



TESI DOCTORAL

Títol METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE CONCORDANCIA PARA LA
ESTRATIFICACIÓN DE VARIABLES CUANTITATIVAS:
APLICACIÓN A LA ASIGNATURA DE MEDIDAS ELECTRÓNICAS

Realitzada per David Badia Folguera

en el Centre Enginyeria i Arquitectura La Salle

i en el Departament Comunicacions i Teoria del Senyal

Dirigida per Guillem Bou Bauzá

**METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE
CONCORDANCIA PARA LA
ESTRATIFICACIÓN DE VARIABLES
CUANTITATIVAS:
APLICACIÓN A LA ASIGNATURA DE
MEDIDAS ELECTRÓNICAS**

Septiembre de 2012

Doctorando: David Badia Folguera (david@salle.url.edu)

Director de la tesis: Guillem Bou Bauzà

*A la família i als amics,
hi ha res més important?*

Resumen

Se desarrolla una metodología que combina algoritmos exploratorios e iterativos que toma como base el concepto de concordancia del coeficiente de correlación W de Kendall. A partir de conjuntos complejos de ítems y sus puntuaciones (actividades de evaluación, problemas, prácticas, indicadores de rendimiento, mediciones y, en general, cualquier variable cuantitativa) se consiguen identificar conjuntos concordantes, es decir, estructuras explicativas de la dificultad del conjunto de ítems. La lectura de estos conjuntos puede hacerse de dos maneras gracias a la información que proporcionan los algoritmos creados:

- a) Transversal, de manera que los conjuntos concordantes forman el “esqueleto de dificultad” del problema y son, por tanto, referencias para estudiar el resto de puntuaciones en otros ítems.
- b) Longitudinal, mediante el estudio de lo que denominamos Mapas de Concordancia, los cuales muestran la evolución de los conjuntos concordantes al ir incorporando ítems en cada iteración, y detectando por tanto los ítems discordantes respecto a conjuntos estables dados.

La aplicación de dicha metodología es muy amplia, siendo susceptible de ser puesta en práctica en cualquier campo de las ciencias donde se realicen mediciones y se quiera observar las variaciones cruzadas entre individuos. En la presente investigación se aplica a la asignatura de Laboratorio de medidas electrónicas. Los resultados arrojan luz sobre la manera de mejorar las prácticas existentes y de construir otras nuevas en el futuro.

Resum

Es desenvolupa una metodologia que combina algorismes exploratoris i iteratius que pren com a base el concepte de concordança del coeficient de correlació W de Kendall. A partir de conjunts complexos d'ítems i les seves puntuacions (activitats d'avaluació, problemes, pràctiques, indicadors de rendiment, mesuraments i, en general, qualsevol variable quantitativa) s'aconsegueixen identificar conjunts concordants, és a dir, estructures explicatives de la dificultat del conjunt de ítems. La lectura d'aquests conjunts es pot fer de dues maneres gràcies a la informació que proporcionen els algorismes creats:

- a) Transversal, de manera que els conjunts concordants formen el "esquelet de dificultat" del problema i són, per tant, referències per estudiar la resta de puntuacions en altres ítems.
- b) Longitudinal, mitjançant l'estudi del que anomenem Mapes de Concordança, els quals mostren l'evolució dels conjunts concordants en anar incorporant elements en cada iteració, i detectant per tant els ítems discordants respecte a conjunts estables donats.

L'aplicació d'aquesta metodologia és molt àmplia, i és susceptible de ser posada en pràctica en qualsevol camp de les ciències on es realitzin mesures i es vulgui observar les variacions creuades entre individus. En aquesta investigació s'aplica a l'assignatura de Laboratori de mesures electròniques. Els resultats aporten llum a la manera de millorar les pràctiques existents i de construir-ne de noves en el futur.

Abstract

We have developed a new methodology that combines both exploratory and iterative algorithms which is based on the concept of concordance of the correlation coefficient W of Kendall. Starting from complex sets of items and their scores (assessment activities, problems, practices, performance indicators, measurements and, in general, any quantitative variable) it is possible to identify consistent sets, i.e., structures that explain the difficulty of the set of items. Reading these sets can be done in two different ways thanks to the information provided by the algorithms created:

- a) Transversal, so that the concordant sets form the "backbone difficulty" of the problem and, therefore, they become references to study the remaining scores on other items.
- b) Longitudinal, by studying what we call concordance maps, which show the evolution of the consistent sets when new items are incorporated after each iteration and thus detecting the discordant items with regard to given stable sets.

The application of this methodology is very broad, being useful in any field of science where measurements are carried out and you may want to see cross-variations among individuals. In this research it has been applied to the subject Electronic Measurements Laboratory. The results point to different ways to improve the existing practices and create new ones in the future.

Índice

Introducción

Contenido

Introducción a la presente investigación	2
--	---

Figuras

Figura 1 Esquema de desarrollo de la tesis.....	3
---	---

Capítulo 1

Contenido

1. La asignatura de medidas electrónicas en el currículum de las titulaciones de ingeniería de telecomunicaciones.....	6
1.1. Contexto de la investigación: la asignatura de Medidas Electrónicas	6
1.1.1. Antecedentes	6
1.1.2. Objetivos de la asignatura:.....	8
1.1.3. Competencias a evaluar	9
1.1.4. Actividades de evaluación	9
1.1.5. Evaluación de cada actividad	10
1.1.6. Evaluación de las competencias.....	12
1.1.7. Metodología docente básica hasta el curso 2007-2008	15
1.1.8. Sistema de evaluación continuada a partir del curso 2008-2009	15
1.1.9. El guion o memoria de prácticas	18
1.2. Enfoque de la presente investigación: Las mesas o prácticas de medidas	19
1.2.1. Elección de temas o contenidos.....	19
1.2.2. Condicionantes que ha de cumplir una práctica del Laboratorio de Medidas.	20
Los equipos y componentes	20
Las memorias.....	21
1.2.3. Descripción de cada una de las prácticas.....	23
1.2.4. Calendario de renovación de prácticas	39
1.3. Aproximación al problema de investigación: pasado y presente	44

Figuras

Figura 1 Bolómetro de microondas.....	7
Figura 2 Puente de Wheatstone	7
Figura 3 Galvanómetro balístico	7
Figura 4 Analizador de espectro B.F.....	7
Figura 5 Q-Metro Marconi	7
Figura 6 Distorsímetro.....	7
Figura 7 Laboratorio de Medidas Electrónicas en el antiguo edificio "San Josep".....	8
Figura 8 Notas 1r Parcial de 2003 a 2012.....	16

Figura 9 Condicionantes para el diseño de una práctica de medidas electrónicas	22
Figura 10. Copias de documentación de una investigación sobre tiempos de comprensión en la UAB (1990). A partir del conjunto original de ítems y sus medias y desviaciones, se llega a conjuntos depurados con una W de Kendall más elevada.....	46

Tablas

Tabla 1 Rúbrica de evaluación de examen oral.....	13
Tabla 2 Rúbrica para la evaluación de la participación en el fórum y la Wikipedia.....	14
Tabla 3 Rúbrica complementaria para la evaluación del monitor de práctica.	14
Tabla 4 Descripción de las características principales de las prácticas de medidas.	38
Tabla 5 Calendario de renovaciones de las prácticas de medidas desde el año 2005 al 2012...	43

Capítulo 2

Contenido

2. El coeficiente W de Kendall: panorama precedente y problema actual de investigación.....	48
2.1. Introducción: sobre la presencia del coeficiente de Kendall en las ciencias sociales	48
2.2. El coeficiente de Kendall – Babington de 1939	49
2.3. Generalizaciones matemáticas del coeficiente W de Kendall.....	50
2.3.1. Por qué es importante el coeficiente W de Kendall.....	51
2.4. Aplicaciones de la prueba de Kendall: Una propuesta de clasificación	53
2.4.1. Estudio ilustrativo de clasificación sobre una muestra de investigaciones	54
2.5. Diseños de investigación iterativos: comentarios sobre la presente investigación.....	68
2.6. Formulación del problema de investigación	72
2.6.1. Valoración del problema	73
2.6.2. Cuestiones deontológicas del problema de investigación	74

Figuras

Figura 1. Modelo de prueba de jueces simple.	52
Figura 2 Esquema del método DELPHI. Tomado de (Nevo, 2003).	69
Figura 3 Esquema recursivo de investigación.	70

Tablas

Tabla 1 Avances en la investigación sobre la W de Kendall.	50
Tabla 2 Enfoques alternativos a la W de Kendall	51
Tabla 3 Compendio y clasificación de artículos que utilizan el coeficiente de correlación W de Kendall.	68

Capítulo 3

Contenido

3.	Metodología 1: Decisiones metodológicas y tratamiento inicial de los datos.....	80
3.1.	Panorama de los archivos de datos fuente de la investigación	80
3.2.	Dificultades de la programación de software para la adecuación del formato de datos con Visual Basic 6	84
	Distribuir las notas en prácticas por alumno.....	85
	Preparar el archivo Excel para el cálculo de las medias	85
	Rellenar los blancos con las medias	85
	Observaciones sobre el software con Visual Basic 6.....	86
3.3.	Decisiones metodológico-técnicas para la presente investigación.....	86
3.3.1.	Validación de supuestos de la investigación	87
3.3.2.	Datos missing para las mesas de prácticas no evaluadas	88
3.3.3.	Elección del coeficiente de concordancia W de Kendall	90
	El Coeficiente W de Kendall frente al estadístico de Friedman χ^2	90
	El cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall y la cuestión de la influencia de las ligas en el resultado.	91
3.4.	Requerimientos del software para la presente investigación.....	95

Figuras

Figura 1	Ejemplo de puntuaciones medias y rangos de un conjunto concordante de 5 prácticas.	97
Figura 2	Ejemplo de mapa de concordancia.	98

Tablas

Tabla 1	Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación continua 1r semestre.	82
Tabla 2	Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen del 1r semestre	82
Tabla 3	Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación continua 2º semestre.....	82
Tabla 4	Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen del 2º semestre	82
Tabla 5	Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen de recuperación del 1r semestre	83
Tabla 6	Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen de setiembre	83
Tabla 7	Ejemplo de fichero generado con los datos seleccionados. Cada fila corresponde a un alumno.	83
Tabla 8	Fichero con las celdas vacías rellenas con la nota promedio.	83
Tabla 9	Correlación entre el nº de mesa (práctica) y la nota obtenida por los alumnos.....	87
Tabla 10	Correlación entre la nota de práctica y la nota de teoría.....	88
Tabla 11	Media aritmética, desviación típica y coeficiente de variación de Pearson, de las notas de cada práctica para los cursos 2008-2009 y 2009-2010.	90
Tabla 12	Datos para ejemplo de cálculo de la W de Kendall sin empates.....	93
Tabla 13	Datos para ejemplo de cálculo de la W de Kendall con empates.	94

Capítulo 4

Contenido

4.	Metodología 2: Cálculo del coeficiente de concordancia W de Kendall en esquemas iterativos de investigación	100
4.1.	Aproximación al problema estadístico-iterativo vía SPSS	100
4.1.1.	Enfoque clásico SPSS + Código propio: La instrucción básica de iteración	101
4.2.	Primera aproximación al problema de la programación de la W de Kendall: el problema del tiempo de ejecución.....	103
4.2.1.	Método exhaustivo. Estimación del tiempo de ejecución para un mayor número de prácticas	103
	Tiempo total de ejecución en función del Nº de combinaciones	105
4.2.2.	Tiempo total de ejecución en función del número de alumnos	107
4.2.3.	Conclusión	109
4.3.	Discusión sobre las soluciones algorítmicas al problema del coste computacional	110
4.3.1.	Recapitulación	110
4.3.2.	Análisis del caso de agrupaciones de ternas de ítems	111
	Método mixto en el caso de ternas de ítems.....	111
	Método iterativo con extracción aplicado a ternas de ítems	117
	Conclusiones.....	121
4.3.3.	Análisis del caso de agrupaciones de 4 prácticas.....	121
	Método mixto.....	121
	Método iterativo con extracción de grupos de 4.....	124
	Conclusiones.....	128
4.4.	A modo de conclusión: consideraciones decisorias sobre el método mixto	128
4.4.1.	Por qué es eficiente el método mixto: una idea orientativa.....	128
4.4.2.	Dónde empieza el método mixto: el conjunto base	129
4.5.	Análisis funcional del software.....	130
4.6.	Resumen del capítulo 4: Metodología 2	138

Figuras

Figura 1	Algoritmo de “Iteración Inversa” para la detección de conjuntos concordantes.	100
Figura 2	Ejemplo de instrucción básica de entrada en SPSS para un cálculo de W.	101
Figura 3	Órdenes de iteración para una extracción de 19 ítems a 18.	102
Figura 4	Órdenes de iteración para una extracción de 4 ítems a 3.	102
Figura 5	Número de combinaciones en función de agrupaciones de prácticas.	105
Figura 6	Gráfica de regresión con polinomio de orden 2 con el que se obtuvo el mejor ajuste.	106
Figura 7	Gráfica de regresión lineal que muestra la tendencia para un nº mayor de alumnos.	108
Figura 8	Gráfica de regresión polinómica de orden 2 que muestra la tendencia para un nº mayor de alumnos.....	108
Figura 9	Gráfica de regresión exponencial que muestra la tendencia para un nº mayor de alumnos.	108
Figura 10	Mapa conceptual explicativo de método mixto (caso de ternas).	112
Figura 11	Mapa conceptual ilustrativo del método iterativo con extracción (caso de ternas).	118

Figura 12 Conjuntos relevantes del método mixto.....	129
Figura 13 Procedimiento general del software “Cálculos Kendall”.....	131
Figura 14 Cálculo de W y Wc.....	132
Figura 15 Cálculo por agrupaciones.....	132
Figura 16 Cálculo por iteración inversa.....	133
Figura 17 Cálculo por iteración inversa seleccionada.....	134

Tablas

Tabla 1 Tiempos de ejecución medidos para el cálculo de coeficientes de correlación de Kendall.....	104
Tabla 2 Estimaciones de tiempos de ejecución para un número mayor de actividades de evaluación.....	106
Tabla 3 Medida de tiempos de ejecución en función del número de alumnos.....	107
Tabla 4 Estimaciones de tiempos de ejecución para un número mayor de alumnos.....	109
Tabla 5 Máximos absolutos calculados por el método exhaustivo.....	111
Tabla 6 Resultados del método mixto para grupo TOT (ternas).....	113
Tabla 7 Resultados del método mixto para grupo ST (ternas).....	114
Tabla 8 Resultados del método mixto para grupo SE (ternas).....	115
Tabla 9 Resultados del método mixto para grupo TL (ternas).....	116
Tabla 10 Grupo TOT. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.....	117
Tabla 11 Grupo TOT. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.....	117
Tabla 12 Grupo TOT. Extracción de las tres prácticas que forman la terna.....	119
Tabla 13 Grupo ST. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.....	119
Tabla 14 Grupo ST. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.....	119
Tabla 15 Grupo ST. Extracción de tres de las prácticas que forman la terna.....	119
Tabla 16 Grupo SE. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.....	120
Tabla 17 Grupo SE. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.....	120
Tabla 18 Grupo SE. Extracción de las tres prácticas que forman la terna.....	120
Tabla 19 Grupo TL. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.....	120
Tabla 20 Grupo TL. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.....	121
Tabla 21 Grupo TL. Extracción de las tres prácticas que forman la terna.....	121
Tabla 22 Máximos absolutos calculados por el método exhaustivo (conjuntos concordantes de 4 prácticas).....	121
Tabla 23 Grupo TOT. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).....	122
Tabla 24 Grupo ST. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).....	123
Tabla 25 Grupo SE. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).....	123
Tabla 26 Grupo TL. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).....	124
Tabla 27 Grupo TOT. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.....	125
Tabla 28 Grupo TOT. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.....	125
Tabla 29 Grupo TOT. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.....	125
Tabla 30 Grupo ST. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.....	125
Tabla 31 Grupo ST. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4... 126	126
Tabla 32 Grupo ST. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.....	126
Tabla 33 Grupo SE. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.....	126
Tabla 34 Grupo SE. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.....	127

Tabla 35 Grupo SE. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.....	127
Tabla 36 Grupo TL. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.	127
Tabla 37 Grupo TL. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.	128
Tabla 38 Grupo TL. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.....	128
Tabla 39. Ejemplo datos de salida para cálculo por agrupaciones.	135
Tabla 40. Ejemplo datos de salida para cálculo por iteración inversa.	136
Tabla 41. Ejemplo datos de salida para cálculo por iteración inversa seleccionada	137

Capítulo 5

Contenido

5.	Análisis de resultados: los mapas de concordancia	142
5.1.	Núcleo conceptual: Clasificación de las asignaturas basada en los conjuntos concordantes	142
5.1.1.	Recapitulación: situación de partida	142
5.1.2.	Definición de conjunto concordante	143
5.1.3.	Consecuencias para el software realizado	144
5.1.4.	El mapa de concordancia	144
5.1.5.	Método de cálculo directo para la realización de un mapa de concordancia. Caso de tiempo de ejecución asequible.....	146
5.1.6.	Método mixto de cálculo iterativo para la realización de un mapa de concordancia. Caso de tiempo de ejecución no asequible.	147
5.1.7.	Problemática de la no regularidad de los conjuntos concordantes.....	150
5.1.8.	Interpretación de los mapas de concordancia	151
5.1.9.	El problema de la contaminación asintótica en la metodología expuesta	155
a)	Naturaleza de la prueba y azar en la realidad	155
b)	Circunstancias del objeto de estudio	156
5.2.	Núcleo de resultados: los mapas de concordancia para la asignatura de medidas electrónicas.....	157
5.2.1.	Análisis de los mapas de concordancia del curso 2008-2009	157
	Comparación de grupos concordantes del mismo orden. Caso de ternas.	159
	Interpretación del mapa de concordancia de la titulación de ST del curso 2008-2009.....	163
	Otros gráficos útiles para el análisis	166
5.2.2.	Análisis de los mapas de concordancia del curso 2009-2010	167
	Comparación de grupos concordantes del mismo orden. Caso de ternas.	169
	Interpretación del mapa de concordancia de la titulación de ST 2009-2010	173
5.2.3.	Observaciones del conjunto de los dos cursos	175
5.3.	Consideraciones sobre la denominación “Mapa de concordancia”	177

Figuras

Figura 1 Mapa conceptual de la titulación ST del curso 2008-2009	145
Figura 2 Diagrama de flujo para la realización de un mapa de concordancia por método directo.....	148
Figura 3 Diagrama de flujo para la realización de un mapa de concordancia por	

método mixto	149
Figura 4 Dos conjuntos concordantes de orden 3 donde el de máximo W no genera el siguiente conjunto concordante de orden 4 más fuerte.....	150
Figura 5 Mapa de concordancia de la titulación ST del curso 2009-2010.....	152
Figura 6 Mapa de concordancia parcial de ST curso 2009-2010.....	153
Figura 7 Mapa conceptual parcial de la titulación SE del curso 2008-2009.....	154
Figura 8 Gráficos de barras de las notas medias de las prácticas para cada titulación, ordenadas de menor a mayor nota, del curso 2008-2009.....	158
Figura 9 Notas promedio y rangos de las prácticas que forman la terna dominante del curso 2008-2009 para cada titulación.	160
Figura 10 Mapa de concordancia de la titulación ST del curso 2008-2009.	164
Figura 11 Camino de mayor acuerdo. Mapa de concordancia parcial de la titulación ST curso 2008-2009.	165
Figura 12 Identificación de práctica disruptiva. Mapa de concordancia parcial de la titulación ST curso 2008-2009	165
Figura 13 Notas de los alumnos de TL por cada práctica. Curso 2008-2009.	166
Figura 14 Comparativa de gráficas entre notas de prácticas que pertenecen al conjunto concordante más fuerte (izquierda) y el más débil (derecha). Los dos de orden 11 de la titulación ST y curso 2008-2009.....	167
Figura 15 Gráficos de barras de las notas medias de las prácticas para cada titulación, ordenadas de menor a mayor nota, del curso 2009-2010.....	168
Figura 16 Notas promedio y rangos de las prácticas que forman la terna dominante del curso 2009-2010 para cada titulación.	170
Figura 17 Mapa de concordancia de la titulación ST del curso 2009-2010.	174
Figura 18 Camino de estrato más elevado. Mapa de concordancia parcial de la titulación ST curso 2009-2010.	174
Figura 19 Camino con alternativa abrupta pero que llega igualmente al grupo concordante más fuerte de orden 4. Titulación ST curso 2009-2010.....	175
Figura 20 Identificación de práctica disruptiva que produce un cambio de estrato. Mapa de concordancia parcial de la titulación ST curso 2009-2010.....	175

Tablas

Tabla 1 Parámetros básicos de los mapas conceptuales de cada titulación del curso 2008-2009.....	157
Tabla 2 Rangos obtenidos por cada práctica para cada titulación del curso 2008-2009.....	158
Tabla 3 Comparativa de rangos para grupos concordantes de orden 3 de las distintas titulaciones del curso 2008-2009	159
Tabla 4 Descripción de las prácticas que forman la terna dominante (2-1-9) del curso 2008-2009.....	162
Tabla 5 Parámetros básicos de los mapas conceptuales de cada titulación del curso 2009-2010.....	167
Tabla 6 Rangos obtenidos por cada práctica para cada titulación del curso 2009-2010.....	168
Tabla 7 Comparativa de rangos para grupos concordantes de orden 3 de las distintas titulaciones del curso 2009-2010.	169
Tabla 8 Descripción de las prácticas que forman la terna dominante (16-2-1) del curso 2009-2010.....	172
Tabla 9 Comparativa de las ternas más fuertes de los dos cursos estudiados.	177

Capítulo 6

Contenido

6.	Conclusiones y líneas de investigación futuras	182
6.1.	Conclusiones de tipo metodológico. Recomendaciones para la aplicación a diferentes campos.	183
6.1.1.	Ejemplo de aplicación a un proyecto de telecomunicaciones	184
6.2.	Observaciones para la docencia en la asignatura de medidas electrónicas.	187
6.3.	Líneas de investigación futuras y desarrollos de la presente investigación.....	188
6.3.1.	Problema matemático de la convergencia o no del método mixto a los valores máximos absolutos.....	189
6.3.2.	Problema estadístico-metodológico del criterio asintótico para la construcción de esqueletos de concordancia	190
6.3.3.	Diseño e implementación de un nuevo software que permita la variación dinámica de parámetros.	190

Figuras

Figura 1	Disponibilidad del canal ionosférico en función de la hora y la frecuencia (izquierda). Ejemplo de Sondeo recibido (derecha). Extraído de (Ads, Bergadà, Vilella, Regué, & Pijoan, n.d.)	185
----------	--	-----

Tablas

Tabla 1	Posible aspecto de los datos de entrada para el caso del sondeo del canal ionosférico con la Antártida.	186
---------	--	-----

ANNEXOS

ANEXO A:	Mapas de concordancia de todas las titulaciones estudiadas. Cursos 2008-2009 y 2009-2010.....	195
ANEXO B:	Ejemplo de salida de resultados: Iteración Inversa	207
ANEXO C:	Ejemplo de salida de resultados: Cálculos Kendall por agrupaciones y ordenados de mayor a menor W_c	211

BIBLIOGRAFIA

Capítulo 1	219
Capítulo 2	220
Capítulo 3	223
Capítulo 4	223
Capítulo 5	224
Capítulo 6	225

Introducción a la presente investigación

Introducción a la presente investigación

La innovación docente ha sido, durante la última década, una línea de investigación desarrollada intensamente en la ETSSEEI (*Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Electrònica i Informàtica*) La Salle. Diversas etapas de experimentación docente, con sus correspondientes inversiones, han proporcionado un prestigio de considerable proyección tanto en los planes de estudio de grados como masters. Cabe citar como muestras destacadas el desarrollo de los primeros campus virtuales (que se suministraron a otros centros de la URL), el diseño e implementación del sistema de teleformación *LaSalleOnline* (usado tanto a nivel estatal como internacional), la implantación de la *formación basada en escenarios* en diferentes asignaturas de titulaciones tecnológicas y, en una última etapa, la convergencia de la mayoría de ellas como aportación significativa a una nueva universidad abierta: la UOLS (*Universitat Oberta La Salle*) de Andorra.

Los resultados visibles de estas innovaciones no deben obviar la existencia de investigaciones y grupos de investigación que, dentro de las prioridades del día a día, han creado espacios de reflexión y experimentación sobre la innovación docente. En uno de estos grupos se enmarca la presente investigación que, como otras similares, se caracteriza por una aplicación directa a asignaturas de los planes de estudio y, además, realiza una aportación metodológica original para la investigación social o experimental.

Hay que señalar que, curiosamente, si bien esta investigación buscaba la mejora a corto plazo de la asignatura de *Medidas electrónicas*, el desarrollo de la misma mostró la potencia de aplicación de la nueva metodología desarrollada. Ello causó que el protagonismo inicial de la asignatura se convirtiera, en realidad, en el campo de pruebas de la metodología y que la investigación no diera tanto como un giro copernicano pero sí una variación considerable de su enfoque.

En tal situación, se hubiera podido optar por un desarrollo estricto de la metodología, pero se ha mantenido el esquema original por las siguientes razones:

- a) En cuanto a la producción científica, diversas organizaciones (en particular *IEEE - Education*) marcan una línea clara de aplicación en la mejora de la docencia en las titulaciones de ingeniería. Por este motivo, por tanto, el esquema original nos permite realizar aportaciones en el marco de unos encuentros y publicaciones científicas que son tradicionales en nuestro centro.
 - b) En cuanto a la mejora docente, si bien la aportación principal se enmarca en el campo metodológico, hay que señalar que se realiza una aportación significativa para el diseño futuro de las prácticas, ya que se dispondrá de una herramienta de clasificación de las dificultades de las mismas.
 - c) Y, finalmente, como motivación personal del doctorando, dado que ha impartido la docencia en dicha asignatura durante más de dos décadas, ha sido gratificante experimentar/reflexionar sobre la propia práctica profesional; ahora bien, queremos pensar que el buen conocimiento de la materia a investigar, ha revertido en la calidad tanto de las conclusiones como en el acierto de las decisiones metodológicas que se han tomado durante la investigación.
-

De este modo, la presente tesis se desarrolla según el siguiente esquema:

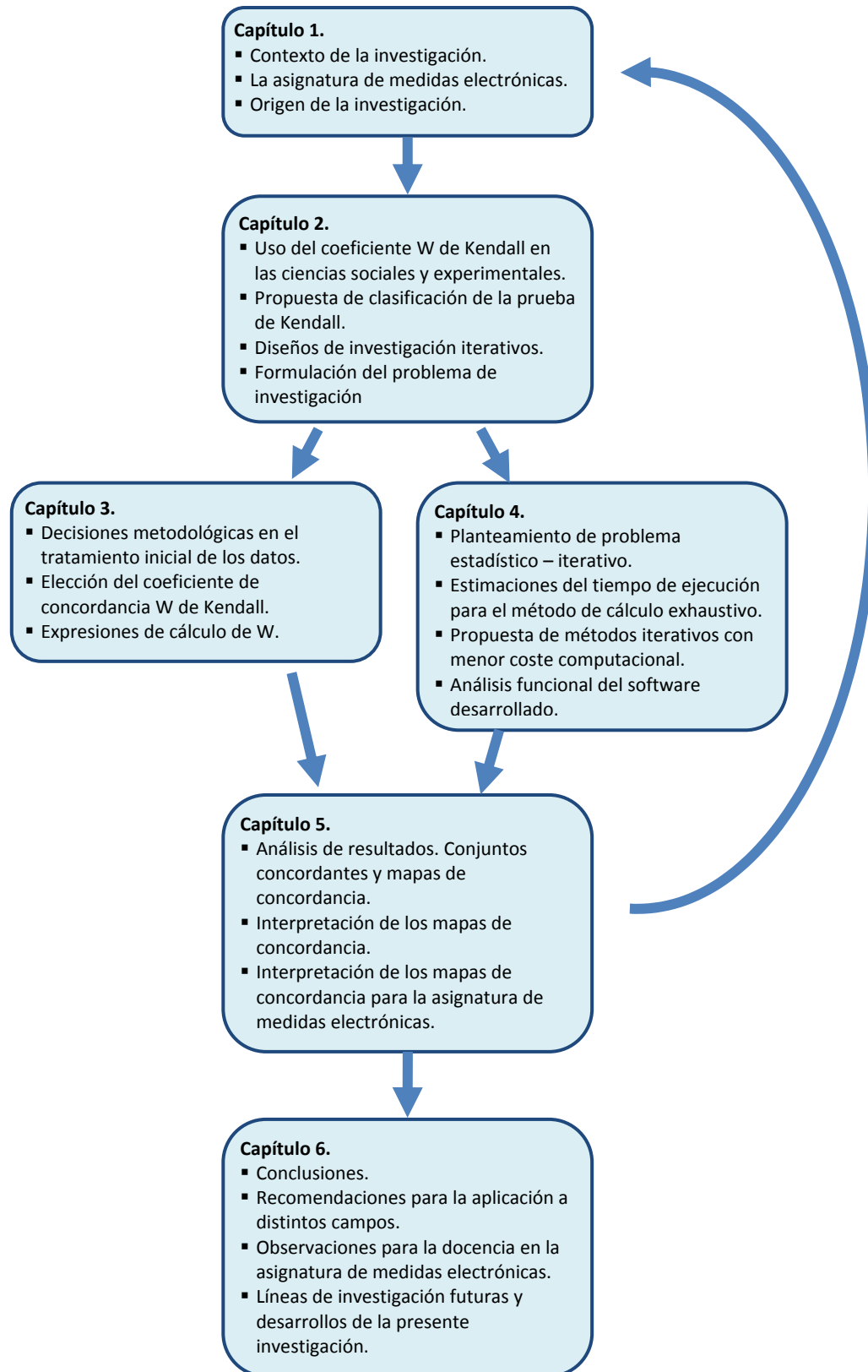


Figura 1 Esquema de desarrollo de la tesis.

Como puede observarse la investigación se aparta del contexto en el capítulo 2 para entrar a fondo en el estudio del coeficiente W de Kendall y su importancia para investigaciones de diversa índole. Solo después de esta incursión en el campo de la estadística aplicada puede entenderse la formulación del problema, dado que su dimensión metodológica ha cobrado mayor protagonismo. Sin embargo se volverá al contexto de investigación en el capítulo 5 cuando, después de desarrollar la metodología, aparecen las aportaciones interesantes (conjuntos concordantes, mapas de concordancia, variación de los valores frontera de los mapas) que nos permiten tratar con una nueva visión el rendimiento de los alumnos en la asignatura de medidas electrónicas.

Sobre el citado capítulo 5 hay que destacar la densidad de información que ofrecen los mapas de concordancia y cómo nos ayudan a discernir la conducta de los diferentes grupos de docencia (Sistemas de telecomunicaciones, Equipos electrónicos, Telemática). También hay que indicar que un desarrollo amplio sobre la variación del valor frontera (W_0) se ha señalado pero no se ha realizado por ser un campo tan vasto que podría dar lugar a otra investigación. En el capítulo de conclusiones hemos indicado ésta y otras ampliaciones posibles de la investigación.

Por lo que se refiere a la aportación metodológica de la tesis, tenemos que indicar que el capítulo 3 es un texto más o menos estándar que se encuentra por lo general en la literatura científica. Es decir, en este capítulo se explica el tratamiento de los datos, las decisiones que se han tomado sobre las variables y el método y, sin obviar la parte de programación informática, se exponen los detalles significativos de los algoritmos seguidos en el tratamiento de datos.

En cambio, el capítulo 4 recoge, en esencia, la parte novedosa de la investigación, puesto que en él encontramos la exposición de los algoritmos iterativos, las técnicas de ensayo y error, los cálculos de tiempo de ejecución y sus recomendaciones en la elección de algoritmo, el análisis funcional del software y el análisis de de las agrupaciones obtenidas con los diferentes métodos de búsqueda de ítems concordantes.

La estructura seguida finalmente en este trabajo creemos que, volviendo a lo señalado en el principio de la introducción, destaca la aportación metodológica de la investigación pero, a su vez, no omite su componente de mejora de la docencia.

Como nota final, indiquemos que a efectos de fluidez del texto se han separado los mapas de concordancia en un anexo final (Anexo A) y se han omitido los códigos fuente de las aplicaciones informáticas (por motivos de tradición académica en ingeniería) y también los voluminosos archivos de datos y resultados (que, sin embargo, están disponibles digitalmente en nuestro centro).

Capítulo 1.

La asignatura de medidas electrónicas en el currículum de las titulaciones de ingeniería de telecomunicaciones.

1. La asignatura de medidas electrónicas en el currículum de las titulaciones de ingeniería de telecomunicaciones.

1.1. Contexto de la investigación: la asignatura de Medidas Electrónicas

En este apartado se pretende situar la asignatura de medidas electrónicas, objeto de esta tesis, en su contexto actual, dentro de la Escuela de Ingeniería La Salle de la Universidad Ramon Llull, explicando sus orígenes y evolución.

1.1.1. Antecedentes

Ingeniería La Salle inició los estudios de ingeniería técnica de telecomunicaciones, con la especialidad de equipos electrónicos, el año 1965. Anteriormente, desde 1903, ya se impartían estudios de peritaje en electricidad, química y mecánica. El Centro estaba afiliado a las Escuelas de Peritos de Terrassa y de Barcelona.

El primer curso, los exámenes se debían realizar en la Escuela Pública de Terrassa, En segundo curso ya se tenía que ir a examinarse a Madrid, a la Escuela de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, que en ese momento era la única oficial del estado y La Salle el único centro en Catalunya donde se impartían los mencionados estudios.

La visión de futuro de, entre otros, el Hno. Mateo, hizo que se abandonasen las especialidades de química y mecánica. Posteriormente también la de electricidad siguió el mismo camino, para finalmente centrarse en las telecomunicaciones y la electrónica.

En los programas de la especialidad de equipos electrónicos había una asignatura sobre “medidas electrónicas” que era eminentemente práctica. La existencia de esta asignatura era oportuna, dado que en ese momento la electrónica estaba adquiriendo un importante desarrollo de la mano de la radio y la televisión. Se hacían necesarios nuevos instrumentos para medir nuevas magnitudes y con requerimientos de precisión más elevada.

Quizás por los orígenes de maestría y peritaje, por la convicción de los profesores implicados en el proyecto, por la necesidad de preparar la asignatura de “medidas electrónicas”, o por todo ello, los estudios de la Salle siempre se han caracterizado por dar una gran importancia a las prácticas y por un enfoque pragmático, orientado a resolver problemas incluso en las clases teóricas.

Es en esos primeros años, que el Hermano Mateo diseña y pone en marcha la asignatura que hoy nos ocupa. Una asignatura basada exclusivamente en horas de laboratorio, sin una sola clase magistral teórica. En cada mesa había una serie de equipos de medidas electrónicas y sus manuales didácticos con su descripción y ejercicios propuestos a realizar por los alumnos, en grupos de dos, con el asesoramiento y la guía del profesor.

Las primeras mesas del laboratorio tenía equipos como:

- Puente de Wheatstone
-

- Q-metro Marconi
- Galvanómetro balístico
- Fluxómetro
- Voltímetro selectivo
- Analizador de espectro de baja frecuencia
- Banco de microondas (Oscilador Klystron y diodo Gunn)
- Distorsímetro



Figura 1 Bolómetro de microondas



Figura 2 Puente de Wheatstone



Figura 3 Galvanómetro balístico

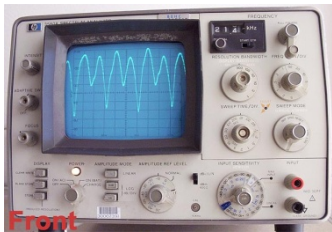


Figura 4 Analizador de espectro B.F.



Figura 5 Q-Metro Marconi



Figura 6 Distorsímetro

Esta metodología de enseñanza es el motivo por el cual, a muchos alumnos les queda el recuerdo de las muchas horas pasadas en los laboratorios de la Escuela, especialmente en el de la asignatura de “medidas electrónicas”.

Des de hace más de 40 años esta asignatura, en sus distintas versiones, ha formado parte de los planes de estudio de ingeniería de Telecomunicaciones de La Salle. Se rige por lo que nosotros llamamos “mesas de prácticas”, un diseño heredado de las clases de prácticas de aquella época y que se ha ido innovando tanto en formato como en metodología, con objeto de dar respuesta a la demanda social de ingenieros con alta capacidad de adaptación al trabajo real de las empresas, con iniciativa y acostumbrados al trabajo en equipo.

Evidentemente los instrumentos de medida se han ido cambiando año a año para adaptarse a las nuevas tecnologías y necesidades de la ingeniería. Las memorias de las prácticas se han hecho más completas y en la medida de lo posible, autoexplicativas y mejor ilustradas. También es cierto que los equipos son cada vez más sofisticados y las prácticas, por tanto, más complejas, lo que ha generado un número de consultas creciente a los profesores dentro y fuera de los horarios del laboratorio.

Inicialmente la asignatura estaba ubicada en segundo curso (actualmente está en tercero). Esto implicaba que los fundamentos teóricos con los que iniciaban el curso los alumnos eran muy básicos. Por lo tanto en la memoria no se podía pretender que se trataran los temas a fondo, y se tenía que recurrir a explicaciones más intuitivas que razonadas y demostradas. El alumno aprendía a hacer sistemáticamente los procedimientos necesarios, relacionar causa-efecto y saber si un resultado era o no satisfactorio, pero quedaba muy floja la justificación teórica. De hecho esta justificación llegaba con los siguientes cursos de la carrera en otras asignaturas. Muchos ex-alumnos, al preguntarlos sobre este hecho, decían que “medidas electrónicas” les había facilitado mucho la comprensión de estas asignaturas posteriores.

Cuando la asignatura pasó a tercer curso, se produjo un cambio significativo. Se ampliaron y profundizaron los fundamentos teóricos. Las prácticas fueron ganando en complejidad. Se intenta que cada mesa sea como una parte del laboratorio que nos podríamos encontrar en una empresa del ramo de las telecomunicaciones o la electrónica, y en el examen al alumno se le exige que defienda el trabajo hecho con buenos resultados y justificaciones bien razonadas.

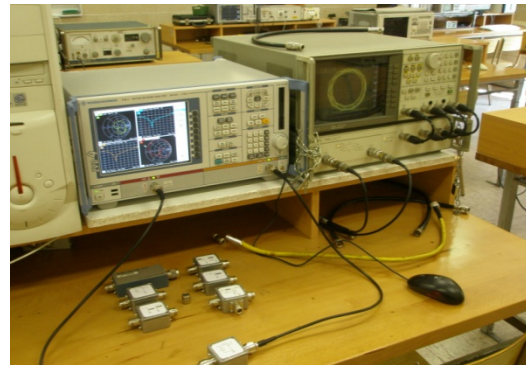


Figura 7 Laboratorio de Medidas Electrónicas en el antiguo edificio “San Josep”.
Foto Izquierda: año 1989. Derecha: año 2009

1.1.2. Objetivos de la asignatura:

Los graduados del programa de medidas electrónicas, adquieren los conocimientos y desarrollan las habilidades que se indican a continuación:

- Tener una visión práctica y pragmática de las diferentes áreas relacionadas con la tecnología electrónica y con los sistemas de comunicaciones.
- Dominio de los conceptos, magnitudes y órdenes de magnitud de los parámetros explicados en las diferentes prácticas.
- Capacidad de análisis de los resultados de medidas realizadas, interpretándolos y justificándolos correctamente.
- Adquirir un buen nivel de experiencia en el uso de la instrumentación.
- El alumno tiene que ser capaz de planificar el trabajo y de mostrar iniciativa para lograr buenos resultados en los problemas que presentan la realización de las prácticas.
- Promover el trabajo en grupo y defender las ideas y conocimientos de forma oral.

1.1.3. Competencias a evaluar

Las competencias a evaluar en la asignatura de Medidas Electrónicas y su definición las indicamos a continuación.

a) Capacidad de análisis y síntesis

- Análisis: Estudio de la información descomponiéndola en unidades más pequeñas aislando los conceptos básicos.
- Síntesis: Combinación de información para construir un todo a partir de pequeñas entidades previamente analizadas.

b) Capacidad de crítica y autocrítica.

Identificación y justificación de los puntos fuertes y débiles de un contenido realizado por uno mismo o por terceros.

c) Conocimientos generales básicos sobre el área de estudio.

Grado de asimilación de los conceptos relacionados con los contenidos de la asignatura.

d) Comunicación oral y escrita en la propia lengua.

Habilidad para exponer, de forma eficaz y correcta, los contenidos que se quieren transmitir, ya sea de forma oral o escrita, usando la lengua considerada como propia.

e) Resolución de problemas.

Una vez se ha analizado el problema se tiene que tener la capacidad de elegir y saber aplicar la metodología adecuada para resolverlo de la mejor manera posible

f) Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.

Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos sobre herramientas de instrumentación o de apoyo para solucionar un problema real.

1.1.4. Actividades de evaluación

a) Exámenes orales. Durante esta actividad se pueden evaluar diferentes competencias:

- Capacidad de análisis y síntesis
 - Capacitado de crítica y autocrítica
 - Conocimientos generales básicos sobre el área de estudio
 - Comunicación oral en la propia lengua
 - Resolución de problemas
 - Capacitado de aplicar los conocimientos a la práctica
-

- b) Informe escrito.** De cada una de las prácticas realizadas, el alumno presenta un breve informe con los conceptos fundamentales, los resultados obtenidos y la correcta interpretación de estos últimos.
- c) Foro por práctica.** Hay abierto un foro por cada práctica desde principio de curso donde los alumnos pueden hacer sus aportaciones, planteando diferentes procedimientos e interpretaciones sobre las medidas y conceptos de las prácticas. El foro está supervisado por el profesor, pero hay un monitor por práctica, que es uno de los alumnos, al que, si el foro funciona bien y es útil para los compañeros, se le incrementa la nota hasta un máximo de un 10%.
- d) Generación de una wikipedia** organizada por temas básicos de la asignatura. También se valorarán las aportaciones de los alumnos (problemas habituales, correcciones de la documentación, ejemplos,...)

La única actividad que ha sido invariante a lo largo de los años es la de los exámenes orales. El informe escrito también ha sido una constante, pero no siempre ha sido obligatorio ni siempre se ha evaluado con una nota individualizada. El foro por práctica, el monitor de práctica y la generación de una wikipedia se implantaron durante algunos cursos, pero el aprovechamiento por parte de los alumnos fue siempre muy bajo. Creemos que el hecho de compartir muchas horas en el laboratorio, facilita las consultas entre los alumnos lo suficiente como para hacer innecesarios otros mecanismos.

1.1.5. Evaluación de cada actividad

Para evitar dispersión de criterios, en cada actividad se han evaluado intentando fijarlos. Para hacerlo utilizamos herramientas como las rúbricas y reuniones de coordinación entre los profesores de la asignatura. El tema de la elaboración de rúbricas está bien tratado en (Burke, 1999).

Como se ha comentado no en todos los cursos se han realizado todas las actividades y por tanto las ponderaciones y criterios se ajustan en cada curso. Se presenta a continuación el ejemplo de un curso donde estuvieron activas todas las actividades.

a) Exámenes orales.

El examen oral se evalúa tomando como referencia la rúbrica de la tabla 1.

El examinador asigna una nota numérica sobre 10 puntos a cada fila (vector de 3 notas):

- MM: < 2
- M: >2 y <5
- R: >=5 y <6
- B: >=6 y <7
- MB: >=7

La ponderación para extraer la nota del examen es:

- Conocimientos y fundamentos teóricos: 50%
-

- Capacidad de aplicar los métodos y procedimientos por la realización de las medidas: 40%
- Expresión oral y capacidad de argumentación: 10%

b) Informe escrito.

El objetivo del informe simplemente es que el alumno haga un esfuerzo de síntesis y plasme, en una sola hoja, lo que es más importante de cada práctica. Por lo tanto no buscamos una presentación cuidadosa ni una redacción con estilo literario. Hace falta que contenga un guion de lo que es esencial (parámetros de configuración, formulario, esquemas), los resultados obtenidos y la interpretación que hace de estos.

En este caso no utilizamos ninguna rúbrica. La primera valoración indirecta del informe se obtiene del mismo examen oral, dado que esta hoja será el único documento que podrá consultar el alumno durante este examen. El profesor, teniendo en cuenta el criterio mencionado, pondrá una nota sobre 10 puntos en el mismo momento en que se realice el examen oral.

c) Foro por práctica

En este caso tenemos 2 objetivos de evaluación: el trabajo del alumno que hace de monitor y que, como ya hemos dicho le podemos valorar hasta un incremento de un 10% sobre la nota final, y la del resto de alumnos que hacen aportaciones al foro.

Los criterios empleados son los de la rúbrica de la tabla 2, y para el monitor de la práctica añadimos el criterio de la rúbrica de la tabla 3.

Obtendremos una nota del 0 al 10 por cada fila (con la misma escala que el caso "a").

Por lo tanto serán dos notas con la siguiente ponderación:

- Calidad de las aportaciones: 70%
- Actividad e interés: 30%

Cómo hemos dicho, la actividad de monitor de práctica se premia con una sobre-puntuación que puede llegar a un 10% sobre la nota final del parcial.

d) Generación de una wikipedia para temas básicos de la asignatura.

Los criterios empleados son también los de la rúbrica de la tabla 2.

Obtendremos una nota del 0 al 10 por cada fila (con la misma escala que el caso "a").

Por lo tanto serán dos notas con la siguiente ponderación:

- Calidad de las aportaciones: 65%
- Actividad e interés: 25%
- Comunicación escrita: 10%

1.1.6. Evaluación de las competencias

La evaluación de las competencias se ha hecho, hasta el día de hoy, como un ejercicio docente y como preparación para una futura implantación. En realidad no ha tenido ninguna repercusión objetiva en las notas de los alumnos en esta asignatura. Si bien no cabe duda de que la adquisición de éstas sean necesarias para superar la asignatura.

Como en el caso anterior las ponderaciones y criterios se ajustan cada curso en función de las actividades de evaluación que se realicen.

Pasamos a concretar cómo, a partir de los datos obtenidos, evaluamos cada competencia:

a) Capacidad de análisis y síntesis + b) Capacidad de crítica y autocrítica.

Para nosotros están ligadas, hacemos una evaluación conjunta de las dos. Relacionamos la capacidad de crítica con la capacidad de interpretación de resultados (bueno, malo, absurdo,...). No se puede hacer una crítica sin hacer previamente un análisis.

La nota se extrae de la obtenida para la actividad de examen oral (80%), el informe escrito (5%) y la participación en los foros (15%).

c) Conocimientos generales básicos sobre el área de estudio.

Se evalúa a partir de la actividad de examen oral (80%), el informe escrito (5%), la participación en los foros (10%) y aportaciones a la wikipedia (5%)

d) Comunicación oral y escrita en la propia lengua.

La comunicación oral y escrita es la ponderación de la 3ª nota de la rúbrica de la tabla 1 para la evaluación del examen oral (50%) y de la 3ª nota de la rúbrica de la tabla 2 para la evaluación de la participación al foro y la Wikipedia (50%).

e) Resolución de problemas.

Hacemos la evaluación a partir de la media aritmética de las 2 primeras notas de la rúbrica de la tabla 1 para la evaluación del examen oral (80%) y de la 1ª nota de la rúbrica de la mesa 2 para la evaluación de la participación al foro y la Wikipedia (20%).

f) Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.

Directamente es la nota obtenida de la actividad examen oral tal como está descrita en el apartado correspondiente.

Rúbrica para evaluar el examen oral:					
	Muy mal (MM)	Mal (M)	Regular (R)	Bien (B)	Muy bien (MB)
Conocimientos y fundamentos teóricos	<p>No entiende o desconoce los conceptos básicos (por ejemplo errores en unidades).</p> <p>No interpreta ni justifica correctamente los resultados</p>	<p>No entiende o desconoce alguno de los conceptos importantes.</p> <p>Interpreta y justifica parcialmente los resultados</p>	<p>Entiende los conceptos pero sin tenerlos afianzados del todo.</p> <p>Interpreta y justifica los resultados más importantes.</p>	<p>Entiende correctamente los conceptos.</p> <p>Interpreta y justifica todos los resultados.</p>	<p>Entiende perfectamente los conceptos..</p>
Capacidad de aplicar los métodos y procedimientos para la realización de las medidas	<p>Errores graves en la configuración de medida.</p> <p>Obtiene resultados absurdos</p>	<p>Errores en la configuración de medida.</p> <p>Obtiene malos resultados.</p>	<p>La configuración de medida es básicamente correcta.</p> <p>Obtiene resultados coherentes</p>	<p>La configuración de medida es correcta.</p> <p>Los resultados obtenidos son los esperados</p>	<p>La configuración de medida es óptima.</p> <p>Los resultados obtenidos son los esperados y están perfectamente detallados.</p>
Expresión oral y capacidad de argumentación	<p>Carece de argumentación coherente.</p> <p>Explicación desordenada.</p> <p>Uso de vocabulario inadecuado.</p>	<p>Argumentación parcialmente incoherente.</p> <p>Explicación poco ordenada.</p> <p>Uso poco acertado del vocabulario.</p>	<p>Argumentación básica pero correcta.</p> <p>Explicación correcta pero no demasiado convincente.</p> <p>Uso correcto del vocabulario</p>	<p>Argumentación correcta.</p> <p>Explicación correcta.</p> <p>Buen uso del vocabulario</p>	<p>Perfectamente argumentado</p> <p>Explicación correcta y convincente.</p> <p>Excelente uso del vocabulario</p>

Tabla 1 Rúbrica de evaluación de examen oral.

Rúbrica para evaluar la participación al fórum y la Wikipedia:					
	<i>Muy mal (MM)</i>	<i>Mal (M)</i>	<i>Regular (R)</i>	<i>Bien (B)</i>	<i>Muy bien (MB)</i>
Calidad de las aportaciones	No son adecuadas o tienen poca o ninguna relación con la práctica	Tiene relación con el tema de la práctica pero el planteamiento o la solución son erróneos	El planteamiento y/o la solución es correcta, pero cuesta de entender	El planteamiento y/o la solución es correcta, y está bien expuesta, las explicaciones se entienden	El planteamiento y/o la solución es óptima, y está muy bien expuesta, las explicaciones se entienden perfectamente
Actividad e interés	No ha hecho ninguna aportación al foro	Las pocas aportaciones hechas carecen de interés o son demasiado evidentes	Participa esporádicamente con aportaciones interesantes	Participa de forma habitual con aportaciones útiles e interesantes.	Participa de forma habitual con aportaciones brillantes.
Comunicación escrita	Frases sin sentido, ausencia de vocabulario técnico adecuado y errores ortográficos y gramaticales graves	Frases que cuesta entender y ligar en el contexto, vocabulario técnico pobre y errores gramaticales y ortográficos	Frases correctas pero sin conseguir transmitir del todo lo que se pretende. Uso suficiente del vocabulario técnico y casi ausencia de errores ortográficos y gramaticales.	Comunicación escrita correcta, empleando el vocabulario técnico suficiente y una ortografía y gramática correcta	Comunicación escrita correcta y eficaz, empleando el vocabulario técnico específico y un buen nivel de corrección ortográfica y gramatical

Tabla 2 Rúbrica para la evaluación de la participación en el fórum y la Wikipedia.

Rúbrica complementaria para evaluar al monitor de práctica:					
	<i>Muy mal (MM)</i>	<i>Mal (M)</i>	<i>Regular (R)</i>	<i>Bien (B)</i>	<i>Muy bien (MB)</i>
Gestión y coordinación del foro	No hace ninguna acción para animar a la participación ni para moderar o mediar cuando es necesario	Las escasas acciones que hace no obtienen resultados, el foro es poco útil y no se centra en los temas de interés	Las acciones hechas consiguen que haya cierta actividad centrada en los temas de interés de la práctica	Consigue un buen nivel de actividad. El foro es una herramienta útil para los alumnos.	Consigue un buen nivel de actividad. El fórum es una herramienta muy útil y apreciada por los alumnos.

Tabla 3 Rúbrica complementaria para la evaluación del monitor de práctica.

1.1.7. Metodología docente básica hasta el curso 2007-2008

Los alumnos tenían que hacer 20 prácticas a lo largo del curso. Cada una de ellas en una mesa diferente con todo el equipamiento necesario para llevarla a cabo. Las prácticas se realizaban en grupos de dos personas con una cadencia de una por semana.

Disponían, desde principio de curso, de un manual didáctico para cada práctica que contenía la explicación de los conceptos teóricos, procedimientos de medida, descripción de la instrumentación y prácticas a realizar.

El estudiante tenía que asimilar los conceptos teóricos y la propuesta de práctica en casa. Después disponía de dos horas en el laboratorio con dos profesores para guiarlos en la realización y la interpretación de resultados de las prácticas.

Posteriormente el Laboratorio se mantenía abierto en un horario muy amplio para poder finalizar la práctica y consolidar los conocimientos y experiencia adquiridos.

Los estudiantes disfrutaban también de una alta disponibilidad de los profesores de la asignatura para poder realizar consultas fuera de las horas de laboratorio.

Al final de las primeras 10 prácticas (finales de enero), se hacía un examen oral individual sobre estas en el mismo laboratorio. El profesor elegía 4 de las prácticas y le proponía al alumno la realización de parte de la práctica y que justificase los procedimientos e interpretara adecuadamente los resultados obtenidos. La nota del examen era la media de las 4 prácticas.

Los exámenes se realizan en tandas de cuatro alumnos, cada uno de ellos en una mesa diferente. El profesor va proponiendo y preguntando a cada alumno a medida que van haciendo los ejercicios propuestos.

En mayo se hacía un segundo examen de las 10 prácticas restantes y la nota de la asignatura era la media de los 2 exámenes siempre que se hubiera aprobado cada uno de ellos por separado. Al final de mayo había la oportunidad de hacer un examen de recuperación del primer parcial y en caso de no superar el 5, quedaba toda la asignatura para septiembre en un examen similar pero sobre las 20 prácticas de la asignatura.

A los profesores de la asignatura de esa época, nos preocupaba el creciente número de suspensos y no presentados, que especialmente presentó los peores resultados el curso 2007-2008, tal y como se puede ver en la Figura 8. Para intentar cambiar esta tendencia, propusimos a la dirección aumentar el tiempo de dedicación de los profesores para poner en marcha un sistema de evaluación continuada.

1.1.8. Sistema de evaluación continuada a partir del curso 2008-2009

Para iniciar la experiencia durante el curso 2008-2009, se eligió un modelo simple y que teóricamente incrementaba el tiempo de dedicación de 2 de los profesores en 2 horas a la semana a cada uno. Se trataba de incorporar el concepto de evaluación continuada.

Cada lunes los alumnos, podían optar voluntariamente a presentarse a un examen oral de la práctica que habían hecho aquella misma semana. Para hacerlo se apuntaban a una lista, pero esto no significaba poder optar al examen automáticamente, dado que las plazas estaban limitadas a 24 alumnos. Este era el número de alumnos que se creyó que se podían examinar con las 2 horas y los dos profesores que se había concedido desde dirección.

Habitualmente el número de inscritos superaba el límite, y por lo tanto se determinaron criterios de preferencia para poder acceder a cada uno de los exámenes: Los que se habían examinado menos veces y en un segundo nivel los que tenían mejores notas en las prácticas que se habían examinado hasta ese momento. En caso necesario, por ejemplo la primera semana, se hizo al azar.

Para evitar que los alumnos se presentaran sin prepararse, solamente “para probar suerte”, si suspendían 2 prácticas, ya no podían seguir optando al sistema de evaluación continuada y tenían que ir al examen parcial de enero o mayo.

Las prácticas que iban aprobando en la evaluación continuada quedaban liberadas y con la nota obtenida se hacía la media aritmética ponderada con la nota del examen parcial, donde se examinaban solamente de las prácticas restantes.

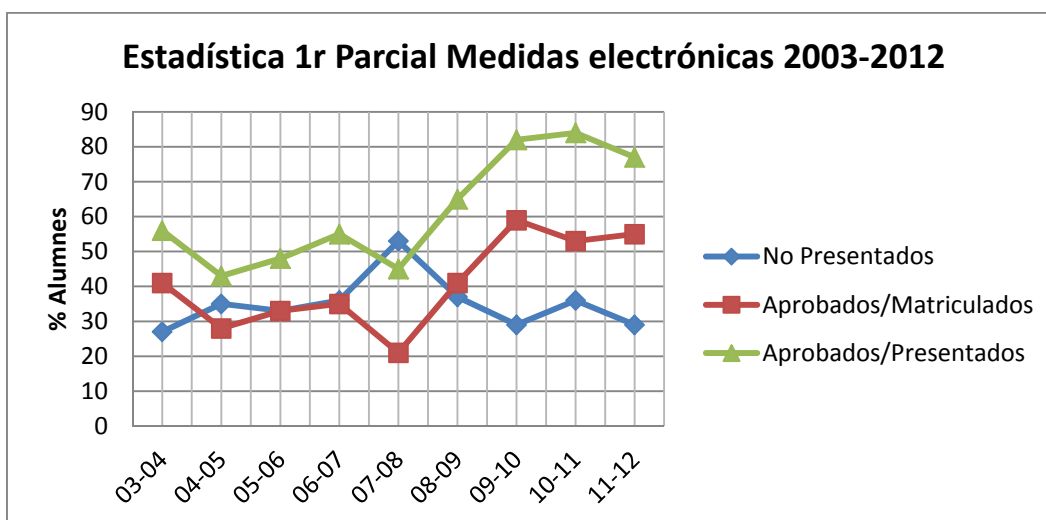


Figura 8 Notas 1r Parcial de 2003 a 2012

Observaciones sobre la experiencia de evaluación continuada:

- El hecho de limitar el número máximo de personas que se pueden examinar nos permite contener el coste de la asignatura dentro de lo razonable para nuestra dirección. También ha hecho que los alumnos mantengan una actitud más activa y atenta, han pensado cuales eran las mejores “estrategias” para conseguir liberar las prácticas más difíciles y largas. Exceptuando las dos primeras semanas en las que comunicamos y establecimos esos criterios, el sistema no ha generado conflictos ni entre alumnos y profesores, ni entre los mismos alumnos.
- Para evitar los conflictos iniciales, hay que comunicar por escrito a los alumnos cómo se hará la evaluación y con qué criterios se hará la selección de los que podrán optar a

examen. Evidentemente también hace falta, como siempre, dejar escrito desde el primer día qué peso tiene cada nota, como se calcula la nota final, posibilidades de recuperaciones, etc. Resumiendo, cuál será la mecánica de la asignatura. Para determinar la idoneidad de los criterios de selección para optar al examen de evaluación continuada, invitamos a participar a la delegación de alumnos, y la verdad es que lo agradecieron y fue extremadamente fácil llegar a un consenso.

- El sistema de evaluación continuada, ha generado un volumen de consultas a los profesores fuera de las horas de laboratorio y a lo largo de todo el curso, bastante más significativo respecto a cursos anteriores (es una valoración subjetiva, no pusimos en marcha ningún sistema de medida) donde las consultas se concentraban especialmente el último mes antes de los exámenes parciales. También es cierto que ese último mes las consultas disminuyeron. Dado que las dos valoraciones son subjetivas, se nos hace difícil determinar hasta qué punto ha supuesto una mayor dedicación a resolver dudas por parte de los profesores, aunque la percepción de los mismos es que supone un aumento significativo.
- La mejora de resultados por parte de los alumnos sí que podemos decir que es significativa. Las mejoras obtenidas respecto el mismo parcial del curso anterior:
 - 16% menos de no presentados
 - 20% más de aprobados sobre matriculados
 - 20% más de aprobados sobre presentados

Si comparamos medias de los cursos anteriores a la evaluación continuada con los posteriores, vemos en las gráficas que la mejora de aprobados sobre matriculados y sobre presentados se consolida (20,4% y 27,7% respectivamente) y recuperamos los porcentajes habituales de no presentados de un examen de primer parcial.

- Creemos poder decir que el seguimiento de la asignatura ha mejorado, los alumnos distribuyen el esfuerzo a lo largo de todo el curso y eso les permite una mayor asimilación y maduración de los conceptos (uno puede tener claros los conceptos y la teoría de que es y cómo se usa un martillo para clavar un clavo, pero probablemente las primeras veces que lo ponga en práctica se pillarán un dedo). La percepción que tenemos los profesores es claramente positiva.
- Los alumnos nos han manifestado que para ellos la evaluación continua es un buen incentivo y globalmente la valoración también es muy positiva.

El autor de esta tesis ha expuesto en algunas jornadas de docencia universitaria y en la guía de la *Agencia de Qualitat Universitaria de Catalunya*, algunas de las consideraciones hechas aquí (Golobardes et al., 2009), (Badia, Rodríguez, Regué, Montero, & Vicent, 2009).

Una buena disertación sobre sistemas de evaluación se puede encontrar en la tesis doctoral de José Antonio Montero (Montero, 2008).

1.1.9. El guion o memoria de prácticas

No existe un patrón de cómo debe hacerse una memoria de prácticas de la asignatura. De hecho son bastante heterogéneas. El diseño de cada mesa y la redacción de la correspondiente memoria la han realizado diferentes profesores y colaboradores que ha tenido la asignatura a lo largo de los años. Las horas de trabajo y el coste asociado a cada mesa son elevados, y esto limita el ritmo de renovación de las mesas.

Aproximadamente se renuevan dos mesas por curso, dado que hay veinte, implica que hay mesas que tienen del orden de diez años. Lo cual no quiere decir que estén obsoletas. Dentro del mundo de las telecomunicaciones hay cosas que cambian a un ritmo muy alto, como por ejemplo las comunicaciones móviles, pero hay otras muchas que no. También hay que diferenciar las mejoras de prestaciones y parámetros de los procedimientos y la instrumentación para medirlos.

Por ejemplo. En una práctica de amplificadores de potencia de audio las medidas a realizar son las mismas ahora que hace diez años (respuesta en frecuencia, ganancia, linealidad, relación señal-ruido, potencia,...) simplemente los amplificadores actuales obtendrán mejores resultados en las medidas y habrán adaptado algunos circuitos de entrada a las nuevas fuentes digitales de audio, pero esto no modifica la memoria, puesto que los alumnos tienen que ser capaces de medir cualquier amplificador. La memoria explica el método de medida y por lo tanto lo tienen que saber aplicar a cualquier caso en particular (cualquier amplificador).

A pesar de lo dicho hasta ahora, la realidad es que casi todas las memorias siguen uno de estos dos patrones en cuanto a la secuencia:

Teoría – Medidas (realizaciones prácticas)

- Introducción: Visión global y objetivos de la práctica.
- Teoría: conceptos básicos que hay que tener claros para entender las realizaciones prácticas a hacer y poder interpretar los resultados correctamente.
- Medidas (realizaciones prácticas): Explicación de la instrumentación disponible para hacer la práctica. Propuesta de las medidas a realizar (tanto puede ser medidas concretas a hacer sobre determinados equipos, como la realización de programas para controlar determinados procesos).

Teoría – Medidas – Teoría – Medidas ...

- Introducción: Visión global y objetivos de la práctica.
 - Teoría: solamente la necesaria para hacer un primer concepto
 - Medidas: solamente las relacionadas con el concepto explicado
 - Teoría: solamente la necesaria para hacer un segundo concepto
 - Medidas: solamente las relacionadas con los conceptos explicados
 -
-

Las prácticas más complejas, intuitivamente diríamos que se adaptan mejor al segundo modelo, puesto que no obliga al alumno a recordar toda la teoría para hacer un primer ejercicio. Permite ir consolidando conceptos progresivamente asimilando su significado y yéndolos relacionando con los anteriores. Por otro lado el alumno (y el profesor que redacta el guion) tiene que hacer el esfuerzo de no perder la visión la global y el objetivo general de la práctica, cosa que es fácil al centrarse mucho en un concepto en concreto cada vez.

Si la práctica no es demasiado compleja el primer modelo permite tener una visión de conjunto antes de empezar a hacer medidas y por lo tanto tener más claras las ideas en todo el proceso de la práctica.

1.2. Enfoque de la presente investigación: Las mesas o prácticas de medidas

Siguiendo con la contextualización, pretendemos en este apartado hacer una descripción de las prácticas de medidas, tanto de su contenido como de los condicionantes, que en ocasiones justifican decisiones tomadas sobre qué y cómo se ha realizado el diseño de las prácticas y de las memorias que guían a los alumnos.

De esta manera, acotaremos el tema de investigación para poder encaminarnos al problema que planteará la presente tesis. Es decir, analizaremos las mesas de prácticas y el rendimiento que tienen los alumnos en ellas, para descubrir directrices de diseño de las mismas a partir de los resultados que arroje el tratamiento estadístico de las notas obtenidas.

1.2.1. Elección de temas o contenidos

Suele haber dos motivaciones clásicas para elegir incorporar una práctica sobre un tema en concreto.

- a) Realizar la parte práctica de las asignaturas del plan de estudios que sean básicamente teóricas (clases magistrales de teoría y problemas pero sin prácticas de laboratorio).
- b) Realizar una introducción a un tema novedoso o que se considere de importancia estratégica para el currículum del alumno, pero que por el motivo que fuese no esté incorporado en el plan de estudios.

Un ejemplo concreto del caso “a” son las prácticas relacionadas con la asignatura de sistemas de transmisión de segundo curso. Ésta es una asignatura teórica sobre las señales y sistemas de transmisión más básicos, se introduce a los alumnos en las representaciones de señales en el dominio temporal y frecuencial, así como en los circuitos y parámetros de equipos transmisores y receptores. En el laboratorio hay dos prácticas concretas destinadas a ese tema:

- Práctica 3: Modulaciones analógicas. El analizador de espectros de radiofrecuencia.
 - Práctica 4: Estudio de transceptores.
-

Para el caso “b” podemos poner de ejemplo la práctica 1 sobre LEDs y colorimetría. Es evidente que los alumnos están familiarizados con el uso de LEDs en su función habitual de señalización e indicación luminosa, incluso como elemento de transmisión de señales ópticas, como por ejemplo los teledandos de infrarrojos, pero existe un mercado emergente muy potente que utiliza el LED para iluminación: luces de vehículos, lámparas de interiores, luminarias para escaparates, incluso iluminación de la vía pública. Esta aplicación de los LEDs es una revolución tecnológica muy importante en este sector y ha movilizó ingenieros y científicos a investigar en todo el mundo, nuevos LEDs de mayor potencia, superando los problemas de disipación térmica y teniendo un buen control sobre el color. En la práctica 1 se da una introducción a los parámetros y conceptos más importantes para estos elementos y se realizan medidas sobre distintos tipos de LEDs utilizando una esfera integradora y un espectrómetro óptico.

1.2.2. Condicionantes que ha de cumplir una práctica del Laboratorio de Medidas.

Podemos contemplar dos aspectos distintos. Lo que hace referencia a los equipos y componentes que hay sobre la mesa por una parte y por la otra la memoria escrita que se facilita a los alumnos para cada una de las prácticas.

Los equipos y componentes

Tienen que ser capaces de soportar el uso diario por parte de distintos alumnos, no todos ellos especialmente cuidadosos.

La filosofía de la asignatura pretende que los alumnos se encuentren sobre la mesa los mismos equipos que se puedan encontrar en un entorno laboral habitual, por tanto hablamos de una gama de equipos profesionales, estos suelen ser robustos y están preparados para un uso intensivo. Esto ayuda a cumplir con lo dicho en el párrafo anterior.

Por el mismo motivo se procura no casarse con una marca concreta de equipos, sino tener un reflejo de lo que ofrece el mercado, aunque en algunos temas específicos predominan tan solo un par de marcas.

Cuando se diseñan circuitos o aparatos accesorios de medida o elementos sobre los que medir, han de cumplir igualmente este requisito, en caso contrario la experiencia nos dice que la práctica estará más tiempo en el taller de mantenimiento reparándose que a disposición de los alumnos, con la consiguiente distorsión de la marcha del curso (los alumnos han de recuperar el retraso, además de mantener la planificación normal del curso de una práctica cada semana).

Una práctica debe tener una vida bastante longeva, de alrededor de 10 años. Por tanto, unos de los criterios que hay que considerar a la hora de comprar o diseñar equipos es la facilidad de mantenimiento que van a tener en ese periodo de tiempo (disponibilidad de recambios y de servicio de reparación, marcas y distribuidores que nos ofrezcan garantías, etc.).

Parece obvio decirlo, pero también hay que diseñar las prácticas de forma que no puedan dañar físicamente a los alumnos. Nos referimos a calambrazos eléctricos, cortes, golpes, etc.

Aunque parezca una contradicción en un entorno universitario, en general priorizamos un equipo con una alta presencia en el mercado, que por ejemplo su facilidad de uso. De nuevo se trata de que los alumnos se familiaricen con la realidad laboral.

Las memorias

La dedicación que se estima que debe tener un alumno medio, para realizar una práctica, la dividimos en tres fases y hacemos una estimación de tiempo para cada una:

- Lectura previa de la memoria para comprender los aspectos más teóricos y un primer contacto con las medidas que van a realizar (1h ½)
- Reserva de 2h de laboratorio para realizar la práctica en sí, en las que tienen dos profesores a disposición para hacer las consultas que les puedan surgir.
- 3h más de laboratorio por cuenta del alumno. Pueden hacer consultas en el despacho de los profesores, pero no en el laboratorio.

Se entiende que no todas las prácticas tienen la misma extensión y complejidad. El tiempo estimado correspondería a un promedio del conjunto de prácticas.

Por tanto la práctica debe de estar redactada con claridad y concreción, con esquemas e ilustraciones que faciliten la comprensión para que sea posible tener claros los conceptos y los objetivos de la práctica en el tiempo estimado. En resumen el alumno debe de saber que hacer en cada momento de la lectura sin perderse en un redactado poco directo o concreto.

Hay que buscar el compromiso entre una memoria que refleje lo que habitualmente se encontrarían en un entorno laboral (manuales del fabricante, información complementaria en internet, hojas de especificaciones, etc) y otra que se parezca a un recetario de cocina donde se guía al alumno paso a paso sin que le sea necesario entender lo que está haciendo para llegar al resultado final. Por eso en los exámenes se da tanta importancia a la interpretación y justificación de los resultados obtenidos, se trata de verificar que los alumnos comprenden los conceptos aplicados y las consecuencias de un determinado resultado como figura de mérito del equipo que se está midiendo.

A modo de resumen se ha realizado un mapa conceptual (Figura 9) donde se pretende plasmar los condicionantes principales para el diseño de una práctica de medidas electrónicas.

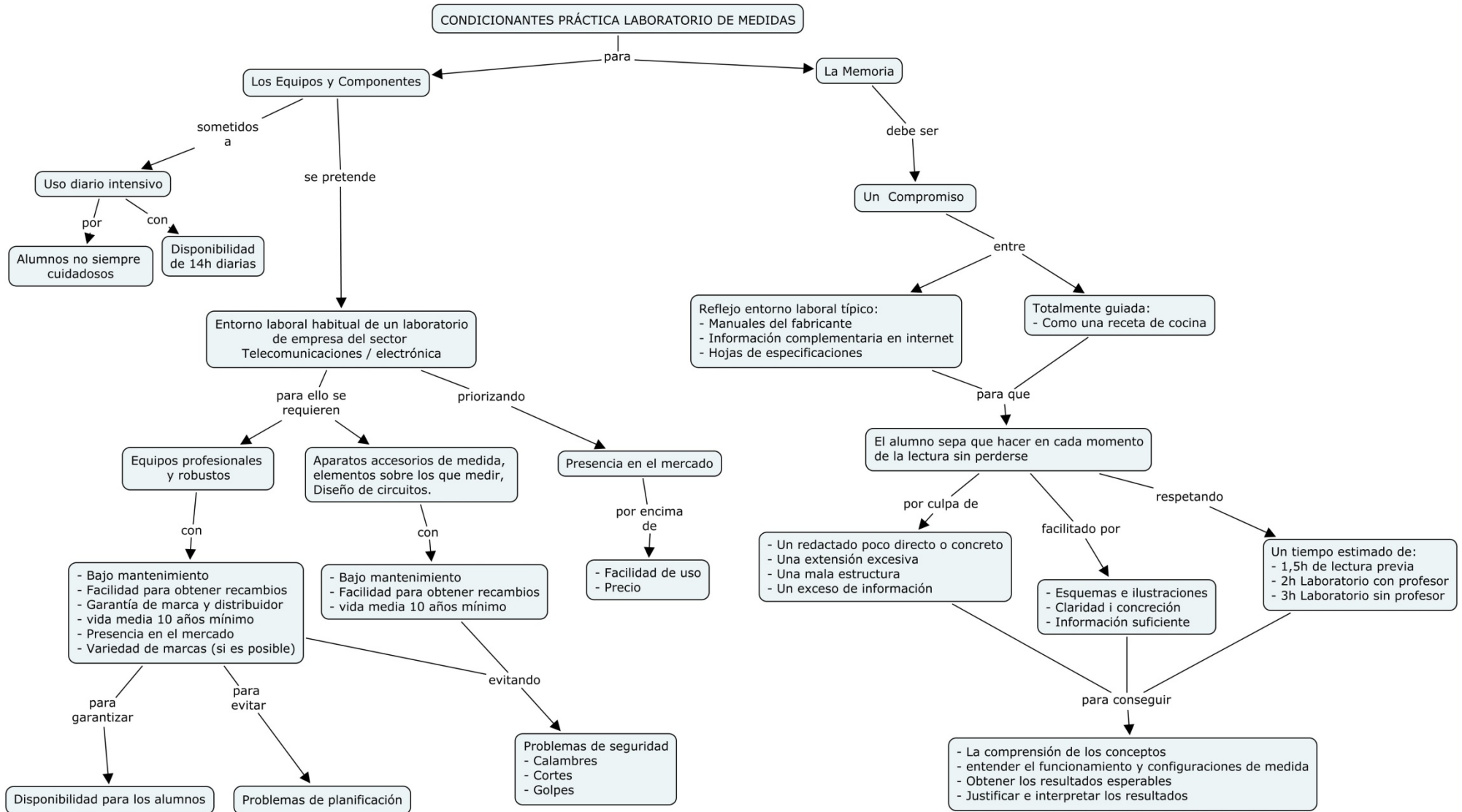


Figura 9 Condicionantes para el diseño de una práctica de medidas electrónicas

1.2.3. Descripción de cada una de las prácticas

La realidad de la asignatura, con una trayectoria tan larga y una vida media de las prácticas de unos diez años, provoca que hayan sido muchos los profesores que ha tenido y también muchos los autores de las distintas memorias y diseños. Por ello el estilo y la estructura de las prácticas es bastante heterogénea. De hecho incluso el idioma en que están escritas varía de una práctica a otra.

Sin entrar en el contenido técnico de cada práctica, se ha hecho una descripción de cada una atendiendo a los siguientes parámetros:

- ✓ **Conceptos teóricos nuevos.** Se trata de identificar si un alumno que accede a la asignatura, habiendo aprobado los cursos anteriores, se enfrenta, para realizar la práctica, a conceptos teóricos nuevos o si ya son conocidos total o parcialmente.
- ✓ **Dificultad de los conceptos teóricos.** Se evalúa la dificultad o complejidad de los conceptos teóricos que se manejan para la realización de la práctica.
- ✓ **Equipos (instrumentación, software, etc) nuevos.** Identificamos los equipos que puedan ser nuevos para el alumno. Entendiendo por equipo la instrumentación, el software o plataforma de programación, equipos sobre los que medir y los elementos auxiliares necesarios.
- ✓ **Dificultad de uso de los equipos.** Se evalúa la complejidad de uso de los equipos necesarios.
- ✓ **Interpretación y justificación de resultados.** Considerando los parámetros anteriores, las medidas propuestas y los resultados esperables, se evalúa la dificultad que pueden tener los alumnos para llegar a interpretaciones y justificaciones correctas de los resultados.
- ✓ **Estructura conceptual.** Se identifica la secuencialidad de la estructura de la práctica. Por ejemplo si primero se introducen todos los conceptos teóricos y después la propuesta de práctica, o bien se van intercalando las dos cosas.
- ✓ **Investigan / Aplican.** Se hace una valoración entre 0 y 100 (opinión subjetiva de profesores de la asignatura) sobre que proporción de la práctica obliga al alumno a investigar (es decir: tienen que decidir, escoger opciones, ...) o aplican procedimientos descritos.
- ✓ **Nº de páginas de la memoria.** Por si solo es un dato poco significativo, pero puede ayudar a detectar problemas de exceso de información, redacción poco clara, etc.

En las siguientes páginas se presenta la mencionada descripción en forma de tablas.

	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3
Título	LED's y Colorimetría	Ondas acústicas de baja frecuencia	Modulaciones analógicas. Analizador de espectros de RF
Conceptos teóricos Nuevos	El elemento bajo estudio son los LEDs, utilizados y conocidos en su función básica de indicador o señalizador luminoso, por todos los alumnos y también como componente de comunicación óptica. Pero la práctica los estudia aplicando las teorías de colorimetría y como elemento para iluminar, y los conceptos utilizados en esta parte sí que son totalmente nuevos para ellos.	Los que empiezan esta práctica a principio de curso, si que la mayoría de conceptos son nuevos, los que lo hacen al final solo algunos. En el mismo curso de 3 ^º hay otras asignaturas como propagación electromagnética, que tratan algunos (pero SE no, ellos lo estudiarán en 4 ^º). Si que es la primera vez para todos que estudian propagación de ondas acústicas en guías y filtrado acústico.	Casi todos los conceptos son conocidos por haber sido tratados en otras asignaturas. En la propuesta de ejercicios prácticos si que se incluyen algún concepto nuevo (ondas estacionarias y intermodulación). Las ondas estacionarias aparecen en varias de las mesas.
Dificultad de los conceptos teóricos	Son conceptos relativamente sencillos de asimilar.	Los conceptos relacionados con la propagación de ondas siempre son difíciles de asimilar para la mayoría de alumnos, es uno de los temas más reiterativo en las consultas de los alumnos. También es cierto que aparece en varias prácticas.	Son de dificultad media la mayoría de ellos. Las ondas estacionarias cuestan más de entender.
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	Las fuentes de alimentación son conocidas, el analizador de espectros óptico y la esfera integradora son nuevos para ellos, se controla con un software que se ejecuta desde un PC.	Hay una parte de la instrumentación (placas de adquisición y de generación de señal) que está gobernada por un software ejecutado en un PC, el LabView. Para la mayoría el entorno LabView es nuevo, pero en esta práctica no deben programar nada, solamente utilizar una aplicación ya hecha. El resto es un "mecano" que hay que montar en función de la parte a realizar. Como concepto genérico de "placas de adquisición y generación de señal" no hay equipos nuevos, aunque estos en concreto no las hayan utilizado antes.	En varias de las prácticas utilizaran analizadores de espectro y generadores de RF. Es el primer curso que trabajaran con este tipo de equipos.
Dificultad uso equipos	Poco, hay que entender los menús del programa y ajustar algunos parámetros. Las configuraciones de medida están fijadas y no tienen dificultad significativa.	La configuración de la medida requiere montajes diferentes para cada parámetro a medir, pero el hecho de que sea un programa específico para ello simplifica bastante las cosas.	Una vez consiguen familiarizarse con ellos presentan pocos problemas, pero inicialmente se pueden catalogar de equipos sofisticados para conseguir una correcta utilización.

	Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3
Interpretación y justificación de resultados	Al ser conceptos nuevos parecería que podría ser dificultoso, pero dado que los conceptos son bastante comprensibles (al menos hasta donde pretende llegar la práctica) los alumnos no tienen mucho problema en interpretar o justificar los resultados que obtienen de las medidas.	Si que tiene cierta dificultad, dado que los resultados de las mediciones acústicas pueden tener diferencias significativas respecto a las electromagnéticas, especialmente con respecto a los filtros. Sin embargo la profundidad de explicación que se exige es bastante razonable.	Parte de las medidas propuestas no tienen demasiados problemas. Algunas otras donde se introduce Bessel para medir parámetros de modulaciones de frecuencia o la intermodulación son más difíciles de comprensión.
Estructura conceptual	Primero se hace una introducción genérica sobre los LEDs y sus principios básicos de funcionamiento. Se concretan y describen los parámetros fundamentales y los tipos. Se introducen las teorías de colorimetría (para ellos nuevas) Se proponen los parámetros a medir. Se hace una descripción de los equipos de medida. Se describen en detalle las medidas a realizar. Paralelamente se hacen las observaciones pertinentes para que puedan interpretar resultados.	Introducción genérica sobre los diferentes conceptos que se tratan y posterior explicación más detallada. Descripción de los componentes (mecano) que forman las diferentes configuraciones a medir y del software. Descripción de las medidas a realizar.	En este caso, al ser la mayoría de conceptos conocidos por los alumnos, se optó una introducción súper breve (2 párrafos) y empezar por lo concreto (lo nuevo): descripción de los equipos a utilizar. Después sigue con la explicación de los conceptos teóricos (modulaciones analógicas). Finalmente propone las prácticas concretas a realizar describiendo el procedimiento para ello e introduciendo en paralelo algunos conceptos nuevos.
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	10	30	25
Nº hojas de la memoria	33	42	48

	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6
Título	Estudio de transeptores	Convertidores A/D y D/A	El Q-metro y el analizador de impedancias
Conceptos teóricos Nuevos	Las modulaciones analógicas y los circuitos transeptores básicos son conocidos des de el curso anterior, pero buena parte de los conceptos y parámetros que medimos en la práctica si que son nuevos.	En tercer curso el tema de la práctica, los convertidores D/A y A/D, son prácticamente nuevos. Se estudian además en otras asignaturas del mismo curso en el caso de los alumnos de la especialidad de sistemas electrónicos. En segundo se hace una breve introducción al tema.	Los componentes electrónicos con los que se trabaja son conocidos, pero por primera vez se les explica en detalle que su comportamiento no es ideal y las limitaciones reales que ello supone, que son muchas y drásticas. La propagación de ondas en cables, aunque compartido con otras prácticas de la asignatura, también es un tema nuevo. Si que es cierto que se introduce algún concepto nuevo, como la velocidad de grupo.
Dificultad de los conceptos teóricos	Les resulta dificultoso relacionar conceptos conocidos con una medida relativamente compleja en la que intervienen varios de esos conceptos. Además que alguno de los nuevos que introducimos en esta práctica tampoco son fáciles de asimilar.	Al nivel que se llega a profundizar aquí sería medio o poco más. Suelen generar dudas unos cálculos matemáticos básicos para hallar los errores (linealidad, ganancia, etc.) en las unidades adecuadas (relativas en % o en % de LSB).	La parte de propagación de ondas en cables, repetitiva en otras prácticas, les cuesta de asimilar, al igual que algunos efectos que producen las resonancias en algunos circuitos. La velocidad de grupo, tal como esta en la memoria la mayoría no consiguen entender-lo, sin embargo cuando se les explica no tiene dificultad.
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	Se utiliza un analizador de transeptores que para los alumnos es totalmente nuevo. Si que es cierto que dicho instrumento en realidad es un equipo compacto compuesto de distintos equipos utilizados en otras prácticas (analizador de espectros, analizador de audio, generador de RF...) y de otros utilizados en cursos anteriores (osciloscopio, polímetro, ...).	La instrumentación como fuente de alimentación, generador de funciones y osciloscopio, son habituales desde primer curso. Solamente un equipo diseñado por nosotros mismos para hacer las medidas se puede considerar nuevo para ellos.	Los dos equipos que se utilizan son nuevos para ellos: el Q-metro y el analizador de impedancias.

	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6
Dificultad uso equipos	El hecho de tener "muchos equipos en uno" es una dificultad añadida, especialmente por la diversidad de menús y funciones. Una vez consiguen familiarizarse con ellos presenta menos problemas, pero se pueden catalogar de equipos sofisticados para conseguir una correcta utilización. La configuración para esta práctica, dado que medimos ruido y señales pequeñas, tiene una dificultad añadida.	No tiene ninguna dificultad en especial.	El q-metro es un equipo antiguo que mantenemos por didáctica, hay que hacer los ajustes sin ninguna ayuda automatizada y eso facilita la comprensión del proceso de medida, sin embargo lo hace más laborioso. El analizador de impedancias tiene variedad de funciones, calibraciones, y configuraciones de medida en función de la práctica a realizar. Diría que tiene una dificultad entre media y alta.
Interpretación y justificación de resultados	Los resultados obtenidos hay que compararlos con la normativa concreta en función del tipo de equipo que se esta midiendo (en la práctica hay 3). Una mala configuración de la instrumentación lleva fácilmente a resultados erróneos. La medida directa puede ser mala y se hace necesario aplicar técnicas de medida específicas para determinados problemas (margen dinámico, saturación,...), en función del comportamiento del equipo que estamos sometiendo a prueba.	Para interpretar y justificar el resultado se requiere tener claros los conceptos teóricos y las definiciones de cada parámetro a medir. Los resultados se comparan con los que facilita el fabricante del circuito integrado en sus hojas de especificaciones para tener una orientación de magnitud.	Algunas son evidentes, pero otras hay que relacionar varios conceptos de teoría de circuitos para llegar a la interpretación y justificación correcta. Si hay errores en la configuración de la medida, los resultados pueden ser muy distintos.

	Mesa 4	Mesa 5	Mesa 6
Estructura conceptual	<p>Empezamos con una breve descripción general sobre modulación y demodulación (se supone conocido). A continuación se sigue con una descripción a nivel de bloques del funcionamiento de un transmisor y de un receptor. Concretando posibles problemas (frecuencia imagen, CAG, ...) y se comparan las prestaciones de las modulaciones de Am y de FM.</p> <p>Seguimos con la descripción de los equipos transceptores sobre los que vamos a realizar las prácticas.</p> <p>Seguimos con la descripción de la instrumentación. Se le dedica una especial atención al analizador de transceptores dada la complejidad del instrumento. Se explica e ilustra las configuraciones de medida. Se van explicando con detalle los parámetros a medir y como hacerlo. Se dan los valores límite establecidos por la normativa a aplicar.</p> <p>Finalmente, a modo de anexo, se explican algunas prestaciones más del analizador, no indispensables para la realización de la práctica.</p>	<p>Se empieza por una introducción general al tema de los conversores. Se relacionan los dominios analógicos y digitales.</p> <p>Se describen con detalle el funcionamiento de los conversores D/A, los tipos más habituales y las características propias de cada uno de ellos. Se definen los errores que se medirán más tarde.</p> <p>Se concreta sobre un par de conversores reales, se describen las configuraciones y los parámetros de medida junto con el circuito electrónico preparado para poder realizarlas.</p> <p>Se proponen distintos ejercicios de medida.</p> <p>Se repite el mismo proceso para los conversores A/D.</p>	<p>Como los componentes que medimos son conocidos, se empieza directamente con la descripción de los instrumentos de medida y los parámetros a medir. En paralelo con las explicaciones del Q-metro, se van proponiendo medidas a realizar con la instrumentación y los diversos componentes y circuitos disponibles. Hay que reconocer que la explicación del funcionamiento del analizador de impedancias hecha en la memoria es bastante farragosa, liada,.... mala.</p> <p>Después de la explicación se proponen i explican las medidas a realizar con él.</p>
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	30	15	25
Nº hojas de la memoria	38	32	37

	Mesa 7	Mesa 8	Mesa 9
Título	Análisis paramétrico de componentes	Medidas electroacústicas analógicas	Medidas sobre amplificadores
Conceptos teóricos Nuevos	<p>Esta práctica es complementaria a la 6. Se realizan medidas parecidas pero con equipos con capacidad para hacerlo hasta frecuencias más altas y con más herramientas de análisis y representación gráfica. Los componentes electrónicos con los que se trabaja son conocidos, pero se les explica en detalle que su comportamiento no es ideal y las limitaciones reales que ello supone, que son muchas y drásticas.</p> <p>La propagación de ondas en cables, aunque compartido con otras prácticas de la asignatura, también es un tema nuevo.</p> <p>Si que es cierto que se introduce algún concepto nuevo, como la velocidad de grupo.</p> <p>Se detallan más las diferencias entre tipos de componentes (por ejemplo tipos de condensadores) y se analiza uno de nuevo como el cristal de cuarzo.</p>	<p>Alrededor de un 50% de los conceptos si que son nuevos, el resto son conocidas de cursos anteriores.</p>	<p>En esta práctica la totalidad de los conceptos teóricos son conocidos de asignaturas anteriores. Si que es cierto que alguno de ellos no se aplicaba a los amplificadores de audio, objeto de esta práctica.</p>
Dificultad de los conceptos teóricos	<p>Similar a la práctica 6.</p>	<p>No son especialmente complejos, las definiciones son razonablemente claras y concretas.</p>	<p>Son claros y de fácil asimilación. El tema con el que más dificultad tienen la mayoría de alumnos son las unidades, y en esta práctica es un tema básico. Se han de expresar los resultados tanto en unidades lineales como logarítmicas. En los exámenes se es bastante exigente con los errores en las unidades (que es un tema común en muchas de las prácticas)</p>

	Mesa 7	Mesa 8	Mesa 9
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	El analizador de impedancias es nuevo para ellos.	El analizador de audio es nuevo, aunque algunas de sus funciones son conocidas. Los equipos sobre los que se mide son todos habituales a excepción de un ecualizador que para la mayoría es un equipo nuevo.	El generador de audio y el osciloscopio es conocido, el analizador de audio i el registrador de gráficas son nuevos, aunque en el caso del analizador buena parte de sus funciones las han realizado anteriormente con otros instrumentos (polímetro u osciloscopio). El distorsímetro realiza un subconjunto de medidas que ya hacía el analizador de audio, pero al ser un equipo más antiguo el proceso es más manual, laborioso y también más didáctico, por eso hemos mantenido el equipo hasta este curso.
Dificultad uso equipos	Este analizador de impedancias tiene muchas posibilidades y por tanto cierta complejidad de uso. El equipo tiene prestaciones de simulación de circuitos que puede comparar con las medidas realizadas. Dificultad entre media y alta.	El analizador de audio es un equipo de diseño complejo, con variedad de menús y una organización poco amigable. Además en algunas ocasiones esporádicas presenta problemas de mal funcionamiento (lo que solemos decir que "se cuelga") y precisa un "reset". Esto complica las cosas a los alumnos que necesitan identificar el resultado absurdo o el mal funcionamiento diferenciándolo de un mal resultado.	No son equipos sofisticados, diría que su dificultad de uso está por debajo de la media a excepción de los ajustes del registrador que requiere claridad de ideas con las unidades que se utilizan y habilidad para calibrar de forma correcta las gráficas. El proceso de calibración es laborioso.
Interpretación y justificación de resultados	Algunas son evidentes, pero otras hay que relacionar varios conceptos de teoría de circuitos para llegar a la interpretación y justificación correcta. Si hay errores en la configuración de la medida, los resultados pueden ser muy distintos. En este caso, para algunos componentes, tienen la posibilidad de comparar la medida con la simulación y si tienen los conceptos teóricos aprendidos ayuda bastante.	Como hemos comentado en el punto anterior, una de las dificultades es el mal funcionamiento esporádico del analizador y sobretodo el diseño poco amigable de sus menús de configuración. En algún caso relacionar el concepto teórico con la configuración de medida les resulta de cierta dificultad. Los resultados se comparan con las normativas siempre que es posible, o se dan valores aceptables como orientación.	Los resultados son valores y gráficas. La interpretación es bastante directa, sin necesidad de razonamientos enrevesados. Quizás hay pocos valores de referencia o normativos en la memoria y esto lleva a justificaciones un tanto subjetivas.

	Mesa 7	Mesa 8	Mesa 9
Estructura conceptual	<p>Empezamos por una introducción teórica al comportamiento de componentes reales. Explicando los diferentes tipos y las características más importantes que los diferencian.</p> <p>Se proponen medidas de los distintos componentes con el objetivo de determinar sus límites de funcionamiento frecuencial.</p> <p>Se describe el analizador de impedancias: funcionamiento, características, menús de configuración, etc.</p> <p>Se realizan propiamente las medidas de componentes utilizando el analizador. Se detallan los pasos a seguir para cada medida.</p> <p>Se añade un apéndice con todos los posibles menús del aparato.</p>	<p>Se empieza por una breve introducción a las medidas de audio sobre equipos analógicos.</p> <p>Se describen los equipos de audio sobre los que se van hacer las medidas: funcionalidad, características y configuración del conexionado.</p> <p>A continuación se describe el analizador de audio: menús de configuración, conectores, etc.</p> <p>Se continúa con las configuraciones de medida entre el analizador y los equipos a medir.</p> <p>A partir de este punto se explica la teoría y definiciones de cada parámetro a medir, la configuración de medida y se da como referencia los límites que establecen las normativas.</p> <p>Como anexo se dan las características del fabricante de los equipos sobre los que se mide.</p>	<p>Se describen directamente el funcionamiento de la instrumentación a utilizar: El distorsímetro y el analizador de audio.</p> <p>A medida que se avanza en la descripción se propone la realización de medidas concretas.</p> <p>Finalmente se describe como obtener gráficas calibradas con el registrador (no es trivial), y se proponen un conjunto de medidas a realizar más completas.</p> <p>Se dejan reflexiones o preguntas abiertas.</p>
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	25	20	25
Nº hojas de la memoria	57	37	18

	Mesa I0	Mesa II	Mesa I2
Título	El analizador de redes	Líneas de transmisión	Microondas
Conceptos teóricos Nuevos	La mayoría de conceptos son nuevos, aunque se mide, en parte, sobre componentes conocidos.	El estudio de líneas de transmisión, tema de la práctica, es nuevo para los alumnos de 3º, aunque los que estudian sistemas de telecomunicaciones lo harán con profundidad en otras asignaturas del mismo curso. Varios conceptos de esta práctica se repiten en otras.	Casi todos los conceptos son nuevos.
Dificultad de los conceptos teóricos	La catalogaría de alta para llegar a un dominio importante del tema, aunque la exigencia en los exámenes no es tan alta. Los parámetros "s" se entienden bastante bien pero la representación sobre carta de Smith genera dificultades.	La clasificaría de media - alta. Es una práctica que les resulta sorprendente por que rompe con determinadas simplificaciones que se hacen de forma habitual en cursos anteriores, especialmente se pone de manifiesto con mucha claridad cuando se hace el estudio por reflectometría. Les suele resultar atractiva, aunque genera bastantes consultas.	La complejidad de bastantes de ellos es alta, aunque no se pretende llegar a mucha profundidad, cosa que si hacen en otras asignaturas del mismo curso los alumnos de sistemas de telecomunicaciones. La teoría de campos electromagnéticos y matemática asociada al tema es dura, pero solamente se exige entender el resultado.
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	El analizador de redes es nuevo para todos los alumnos de tercero, y algunos de los circuitos que utilizamos para medir también.	No hay nada totalmente nuevo: generadores y osciloscopio. Lo único poco habitual es que uno de los generadores es de pulsos en lugar del habitual generador de funciones.	Los instrumentos de medida son nuevos para los alumnos. El banco de microondas sobre el que se realizan las medidas también lo es.
Dificultad uso equipos	El analizador de redes es un equipo sofisticado, con gran variedad de menús de configuración y la necesidad de calibrar escrupulosamente el aparato para obtener medidas correctas. La calibración es un proceso largo y tedioso, por ese motivo la realizamos los profesores y la guardamos en la memoria del mismo analizador. Los alumnos deben recuperar de la memoria la más adecuada para la medida a realizar.	No tiene ninguna dificultad significativa.	Tanto el generador como el vatímetro de microondas son relativamente fáciles de usar. Entender el funcionamiento de algunos de los elementos del banco de medidas tiene cierta dificultad.

	Mesa I0	Mesa II	Mesa I2
Interpretación y justificación de resultados	Debido a elementos parásitos y a las buenas prestaciones del equipo, se hace difícil la interpretación de todos los resultados para cualquier margen de frecuencia. Deben escoger acertadamente el margen de frecuencia a estudiar para que la influencia de elementos parásitos no haga posible una interpretación plausible con los elementos de que disponen. Se pueden hacer una variedad de medidas importante con diversos formatos de representación.	Aquí si que tienen que relacionar bien la teoría y lo que están midiendo para poder llegar a las conclusiones acertadas. Hay que tener cuidado de la configuración de medida para obtener los resultados esperables y aplicar las formulas adecuadas a cada una.	Los resultados obtenidos deben relacionarse con la teoría y justificar las desviaciones con la configuración de medida. El nivel de exigencia en los exámenes está de acorde con el nivel de profundidad de las explicaciones de la memoria.
Estructura conceptual	Se inicia la práctica con una introducción a las líneas de transmisión en régimen permanente, la carta de Smith y los parámetros "s" que son las herramientas básicas que se utilizan en la práctica. Se hace una descripción del analizador de redes: características, funcionamiento a nivel de bloques y utilización del instrumento. Se proponen las prácticas a realizar explicando con detalle y de forma gráfica el procedimiento de medida. Se termina con un par de anexos con una explicación teórica detallada sobre las ondas estacionarias y el acoplador direccional.	Se empieza directamente por la descripción del generador de pulsos, que es el equipo que menos conocen. Se hace el estudio teórico de una línea de transmisión, tanto en régimen permanente como por reflectometría. Primero de la línea ideal y después con pérdidas. Se explican y se miden los parámetros típicos de una línea de transmisión real. Se añade un anexo con un estudio teórico más detallado de una línea sin pérdidas.	Empieza con una amplia y detallada introducción teórica. Continúa con la descripción de la instrumentación y de los componentes del banco de microondas. Explicando funcionamiento y características. A continuación se proponen las distintas configuraciones de medida y se explica cada uno de los parámetros a medir.
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	25	25	15
Nº hojas de la memoria	54	23	43

	Mesa 13	Mesa 14	Mesa 15
Título	Parámetros del transistor	El PLL	Análisis de sistemas digitales. El analizador lógico
Conceptos teóricos Nuevos	Todos los conceptos son conocidos de asignaturas de cursos anteriores, aunque no todos los han medido hasta ahora.	Son conceptos nuevos para un alumno de 3º. En el mismo curso los alumnos de sistemas de telecomunicación y los de telemática si que los trataran en la asignatura de tecnologías de RF.	Los conceptos más básicos son conocidos de asignaturas de primero, los alumnos de sistemas electrónicos tienen un conocimiento más amplio del tema gracias a una de sus asignaturas de segundo curso, el resto solamente si han cogido esa asignatura como optativa o libre configuración.
Dificultad de los conceptos teóricos	Son bastante asequibles, de hecho es una de las prácticas que genera menos consultas.	Tienen una dificultad media los conceptos teóricos de funcionamiento. El análisis de los circuitos es algo más complejo y suele generar bastantes dudas.	Hay una amplia diversidad y algunos tienen cierta complejidad. De hecho es una de las prácticas más largas de realizar.
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	Todos los instrumentos, funcionalmente, los han utilizado en laboratorios de cursos anteriores, estos simplemente tienen mejores prestaciones. Solamente hay un accesorio nuevo, una sonda detectora con la que se hace parte de la práctica.	La instrumentación que se utiliza es habitual desde primer curso. Solamente resulta nuevo el montaje de prueba diseñado por la propia universidad.	El analizador lógico es nuevo para todos los alumnos, al igual que el equipo de prueba diseñado expresamente para la realización de la práctica.
Dificultad uso equipos	Dado que las señales a medir son pequeñas y hay presencia de ruido hay que hacer un buen ajuste de la configuración de los instrumentos que se utilizan, especialmente del osciloscopio, en caso contrario no se obtiene la medida o los valores son erróneos. En todo caso la dificultad está por debajo de la media con claridad.	La única dificultad significativa son los ajustes de la placa de prueba para la realización de las distintas medidas.	El analizador lógico es un equipo complejo, con muchas posibilidades de configuración. Para que de tiempo parte de esta configuración está grabada y solamente tienen que cargarla sobre el equipo.
Interpretación y justificación de resultados	Se comprueban fácilmente los efectos de los elementos parásitos. Para justificar correctamente el resultado hay que aplicar conocimientos básicos de teoría de circuitos. Presenta una dificultad baja.	Saber si el resultado es correcto consiste en comparar los valores calculados con los medidos. La principal dificultad la encuentran en el análisis sobre el funcionamiento de los circuitos.	Cada evento que ejecuta un microprocesador produce una combinación de señales que van variando en el tiempo (timing), se trata de identificar el comportamiento de esas señales en cada caso relacionándolo con el circuito que se está midiendo. Hay una cantidad de casos bastante significativa.

	Mesa 13	Mesa 14	Mesa 15
Estructura conceptual	<p>Se hace una breve introducción teórica a los parámetros a medir (ya son conocidos). Se describe el funcionamiento del único elemento nuevo que se utiliza: la sonda detectora. Se describen uno a uno los parámetros a medir y las configuraciones de medida a emplear, así como gráficas y datos de ejemplo de los resultados esperables.</p>	<p>Se empieza directamente con la descripción del circuito integrado que se usa en la práctica como PLL (sin introducción previa). Explicando los distintos bloques que lo forman y los cálculos para obtener el funcionamiento deseado. Se describen las aplicaciones más habituales de este tipo de circuitos. Se explican con detalle las distintas configuraciones de circuitos a medir proponiendo ejercicios concretos.</p>	<p>Se empieza por una amplia y general introducción al análisis lógico. Se comparan las posibilidades de un osciloscopio con las de un analizador lógico. Se describe con detalle las funcionalidades y características del analizador lógico. Se describe la unidad de pruebas diseñada para la práctica y que es el objeto sobre el que se realizan las medidas. Se hace una amplia explicación del microprocesador que utiliza la unidad de pruebas. A continuación se explican las prácticas a realizar, las configuraciones tanto del analizador como de la unidad de pruebas. Se describe con detalle cada uno de los escenarios a medir. El resultado siempre es un gráfico de timing (conjunto de señales y su evolución temporal). Al final se añaden los esquemas completos de la unidad de pruebas.</p>
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	15	25	25
Nº hojas de la memoria	13	16	71

	Mesa 16	Mesa 17	Mesa 18
Título	Compatibilidad Electromagnética	Osciloscopios analógicos y digitales	Estudio de transitorios
Conceptos teóricos Nuevos	Hay una buena parte de conceptos nuevos. También hay conceptos conocidos, pero hay que relacionarlos y aplicarlos desde un punto de vista distinto al que han hecho en otras asignaturas. Además la cantidad de conceptos a relacionar para interpretar adecuadamente los resultados es importante.	La descripción de señales de video, algunos conceptos de adquisición de señales y el análisis de circuitos digitales que se utilizan como objeto de la medida.	Solamente en parte. Algunos de los circuitos sobre los que se estudian transitorios si que son nuevos.
Dificultad de los conceptos teóricos	Individualmente la mayoría de los conceptos son relativamente sencillos, aunque alguno de ellos sea más complejo. No se exige un nivel de profundidad elevado, más bien una interpretación más descriptiva/intuitiva que matemática. La dificultad la encuentran especialmente en tener que interpretar diferentes elementos para poder llegar a una conclusión.	Dificultad media, tienen especialmente problemas en el análisis de circuitos digitales, que es donde se producen la mayoría de consultas.	Tienen problemas especialmente en el análisis de algunos de los circuitos que se proponen como práctica (como el doblador de tensión). Diría que tiene una dificultad media - baja, aunque la realidad es que genera bastantes consultas.
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	La LISN y el receptor de EMI es un equipo nuevo y exclusivo de esta práctica.	Los osciloscopios son un tipo de instrumentación que usan desde primer curso. Los de esta práctica tienen mayores prestaciones y funcionalidades.	Se trata de osciloscopios, que es un tipo de instrumentación que utilizan desde primer curso, si bien estos tienen mayores prestaciones y funcionalidades.
Dificultad uso equipos	Una vez consiguen familiarizarse con ellos presentan pocos problemas, pero inicialmente se pueden catalogar de equipos sofisticados para conseguir una correcta utilización. La configuración para esta práctica, dado que medimos ruido y señales pequeñas, tiene una dificultad añadida.	Aunque estos osciloscopios tienen una mayor complejidad que los que han utilizado hasta ahora, no se trata de equipos que supongan una dificultad de uso elevada, a pesar de la cantidad de menús de configuración que tienen. La dificultad añadida es que en esta práctica se trabaja con señales de periodos largos de mayor dificultad para sincronizar correctamente que las habituales y con oscilogramas de tensión/tensión en lugar de tensión/tiempo.	Aunque estos osciloscopios tienen una mayor complejidad que los que han utilizado hasta ahora, no se trata de equipos que supongan una dificultad de uso elevada, a pesar de la cantidad de menús de configuración que tienen. La dificultad añadida es que en esta práctica se trabaja con señales transitorias que son más difíciles de capturar que las de régimen permanente a las que están más acostumbrados.

	Mesa 16	Mesa 17	Mesa 18
Interpretación y justificación de resultados	Dada la dificultad de relacionar conceptos y aplicar normativa en función de la configuración y escenario de medida, podemos decir que efectivamente tiene una dificultad un poco más alta que la mayoría de las prácticas.	La mayor dificultad no es la de obtener los resultados correctos de la medida, si no justificarlos. Les cuesta especialmente el análisis de circuitos digitales (funciones de transferencia).	Para la correcta interpretación es necesario entender el comportamiento de bobinas y condensadores y la teoría de circuitos básicos. Algunos resultados son claramente los esperables y otros no, es necesario razonar y analizar en función del circuito que se está midiendo con cierto detenimiento.
Estructura conceptual	Dado que es un tema nuevo, se empieza por una introducción bastante genérica a la EMC y la terminología propia de esta disciplina. Se identifican los objetivos de la práctica y se destaca la importancia de las normativas. Se sigue bajando a nivel de descripción de los equipos a emplear detallando las características más importantes para realizar las medidas. Se hace hincapié en las unidades de medida que se manejan, que en esta práctica son bastantes, tanto lineales como logarítmicas. A partir de este punto se explican cada uno de los conceptos teóricos que intervienen en las medidas, el funcionamiento de los equipos sobre los que vamos a medir y de forma detallada las configuraciones para la realización de cada una de las medidas. En algunos casos se muestran imágenes de los resultados esperables.	Empieza por una introducción al funcionamiento de los osciloscopios (principal objetivo de esta práctica). Explica su funcionamiento en bloques diferenciando los analógicos de los digitales y haciendo una comparativa de ventajas e inconvenientes de cada uno. Seguidamente se proponen medidas sobre determinados circuitos digitales que están explicados en detalle y que deben analizar el resultado justificándolo con la teoría de circuitos. Se propone también el estudio de señales de video compuesto (TV). La memoria describe la señal y hace referencia al manual del osciloscopio para la configuración adecuada. Finalmente se añade un anexo que es el manual del osciloscopio que facilita el fabricante.	Se empieza directamente con la descripción de uno de los osciloscopios. Seguidamente se proponen circuitos sobre los que hay que realizar capturas de señales y medir sobre ellas para sacar las conclusiones adecuadas. Dichas medidas están explicadas teóricamente y a nivel de configuración de los equipos. Se dejan preguntas abiertas para la reflexión y motivar que saquen sus propias conclusiones. Se describe el segundo de los osciloscopios. Se trata de que sean capaces de hacer las medidas con cualquiera de los dos.
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	30	15	20
Nº hojas de la memoria	54	34 (más 135 del anexo del manual del osciloscopio)	25

	Mesa 19
Título	Programación de instrumentación
Conceptos teóricos Nuevos	Se utiliza una plataforma de programación nueva, basada en programación visual (no se trata de líneas de código secuenciales, si no de diagramas de conexionado). El concepto de programación visual si que es nuevo, las estructuras de programación en sí, no. Se mide sobre circuitos y componentes conocidos o derivados de conocidos.
Dificultad de los conceptos teóricos	Está por debajo de la media. A excepción de algún tema de sincronización temporal y generación de funciones con conversores D/A que les cuesta un poco más, pero no parece muy significativo a juzgar por las pocas consultas que genera esta práctica. El hecho de que alumnos de años anteriores (y repetidores) ponen a su disposición programas realizados muy similares, les facilita mucho la comprensión.
Equipos (instrumentación, software,...) nuevos	El sistema de adquisición y generación de datos de National Instruments basado en tarjetas PXI es nuevo para todos los alumnos. El entorno de programación visual LabView que deben utilizar para la realización de los programas que pide la práctica también es nuevo.
Dificultad uso equipos	El entorno de programación exige un tiempo inicial significativo para entender la filosofía de funcionamiento, pero una vez superado este primer escalón no presenta problemas para la realización de los programas propuestos. El hecho de que alumnos de años anteriores (y repetidores) ponen a su disposición programas realizados muy similares, les facilita mucho la comprensión.
Interpretación y justificación de resultados	Dado que los resultados que se espera son conocidos y fácilmente identificables si son o no correctos, este apartado presenta pocos problemas.
Estructura conceptual	Hacemos una amplia introducción a la programación visual y el entorno de trabajo, con ejemplos sencillos que facilitan la comprensión del funcionamiento tanto del entorno como de los instrumentos a utilizar. Se hace una descripción detallada de la instrumentación y de como se programan (Sistema de tarjetas PXI). En función del grupo a que se pertenece (depende de la la práctica por la que se empezó el curso) se asigna una práctica concreta a realizar de las IO que se proponen (el objetivo de obrar así es evitar copias entre los grupos del mismo programa). Cada práctica concreta el ejercicio a realizar, los conceptos teóricos necesarios para el caso, así como las configuraciones de las tarjetas y resultado que se espera.
Investigan /Aplican (valoración sobre 100)	40
Nº hojas de la memoria	83 (cada grupo necesita una media de 55)

Tabla 4 Descripción de las características principales de las prácticas de medidas.

1.2.4. Calendario de renovación de prácticas

Otro factor a considerar para evitar errores en los estudios posteriores, es en que años a las distintas prácticas se les han realizado cambios o modificaciones significativas. En caso de comparar cursos, se debería escoger cursos consecutivos que tengan las mínimas modificaciones significativas.

La tabla de las siguientes páginas (Tabla 5), describe los cambios desde el curso 2005-2006 hasta el 2011-2012.

Teniendo como objetivo dos cursos consecutivos y que no sean demasiado antiguos y teniendo en cuenta que se empezó con el tratamiento de los datos en año 2005, los dos cursos que mejor cumplen estas condiciones son el 2008-2009 y el 2009-2010. Entre ellos no hay ninguna variación de práctica conceptualmente significativa.

- En la práctica 10 se cambia un analizador de espectros de marca Agilent por otro con algunas prestaciones mejoradas de marca R&S y se sustituyen algunos elementos auxiliares como filtros e impedancias sobre las que se realizan las medidas. También se mejoran algunas de las explicaciones de la memoria.
- En la práctica 17 se cambia un osciloscopio digital marca HP por otro que mejora significativamente las prestaciones, marca AGILENT de 4 canales, 500MHz y 2GS/s. Aunque el osciloscopio sea mucho mejor, los conceptos y parámetros a medir son los mismos, por tanto la percepción de dificultad por parte del alumno debería de ser la misma.

La práctica 20 se descartó de este estudio por haber sufrido diversas incidencias que supusieron intervalos de tiempo sin funcionar correctamente a lo largo de los dos cursos. Básicamente fueron debidos a algunas averías combinadas con retrasos en los plazos de entrega del proveedor de alguno de los instrumentos utilizados en la práctica.

Renovaciones de prácticas de medidas de los últimos cursos							
Prác.	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
13	Parámetros del transistor	Parámetros del transistor	Parámetros del transistor	Parámetros del transistor	Parámetros del transistor	Parámetros del transistor	Parámetros del transistor
14	EI PLL	EI PLL	EI PLL	EI PLL	EI PLL	EI PLL	EI PLL
15	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico	Análisis de sistemas digitales. El Analizador lógico
16	EMC	EMC	EMC	EMC	EMC	EMC	EMC
17	Osciloscopios analógicos y digitales	Osciloscopios analógicos y digitales	Osciloscopios analógicos y digitales	Osciloscopios analógicos y digitales	Osciloscopios analógicos y digitales (Cambio del osciloscopio digital por uno de mejores prestaciones. Marca AGILENT de 4 canales y 500MHz, 2GBs/s. No hay cambios significativos de conceptos. Mejora la calidad de las medidas y prestaciones osciloscopio)"	Osciloscopios analógicos y digitales (cambio de la mira de TV por avería, nada significativo).	Osciloscopios analógicos y digitales. (Se elimina el osciloscopio analógico, todas las medidas se realizan con el digital)
18	Estudio de transitorios (Cambio de osciloscopio digital por avería. No comporta cambio significativo).	Estudio de transitorios	Estudio de transitorios	Estudio de transitorios	Estudio de transitorios	Estudio de transitorios	Estudio de transitorios (cambio osciloscopio digital, mejora prestaciones, no es significativo)
19	Programación de instrumentación	Programación de instrumentación	Programación de instrumentación (Cambio de plataforma software, pasamos del VEE a Labview. Cambio de todo el hardware y de los ejercicios a realizar. Se incrementa moderadamente la dificultad, dado que el entorno a programación es más complejo. Conceptualmente los cambios no son importantes)	Programación de instrumentación	Programación de instrumentación	Programación de instrumentación	Programación de instrumentación

Renovaciones de prácticas de medidas de los últimos cursos							
Prác.	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
20	Programación de sistemas de control	Programación de sistemas de control	Programación de sistemas de control (Cambio de plataforma software, pasamos del VEE a Labview. Cambio de todo el hardware y de los ejercicios a realizar. Se incrementa moderadamente la dificultad, dado que el entorno a programación es más complejo. Conceptualmente los cambios son relativamente significativos)"	Programación de sistemas de control	Programación de sistemas de control	Programación de sistemas de control	Programación de sistemas de control

Tabla 5 Calendario de renovaciones de las prácticas de medidas desde el año 2005 al 2012.

1.3. Aproximación al problema de investigación: pasado y presente

Las mesas de prácticas se construyen a partir de contenidos de las titulaciones en que es necesario experimentar. Dado que dichos contenidos son más o menos equivalentes en dificultad, interesa explicar el porqué de las variaciones en los rendimientos. Por fuerza, diversos factores cognitivos, centrados en los estudiantes, tiene que interferir introduciendo tales variaciones.

La presente investigación, pues, realiza un análisis de las variaciones de dificultad que representan las mesas de prácticas para los alumnos de diferentes titulaciones, con el objetivo de elaborar directrices para revisar sus contenidos. En realidad, como veremos a lo largo de esta tesis, se aportará una metodología útil y novedosa, pero solamente se realizará finalmente el análisis puntual de algunas mesas de prácticas. Nos basaremos para dicho análisis en el criterio del grupo de profesores de la asignatura. Un trabajo más completo que explicara las variaciones de rendimiento a partir de los datos aportados por nuestra metodología sería de naturaleza interdisciplinar y, por tanto, su realización correspondería a un equipo investigador.

De la metodología desarrollada en la presente investigación, además de marcar un camino para la mejora de la asignatura de medidas electrónicas, hay que señalar su resultado más relevante, aplicable a muchas otras disciplinas y campos: Los mapas de concordancia. Es por ello que debemos hablar de una doble aportación en esta tesis:

- a) De contenido: sentar las bases para la revisión de los contenidos de las mesas de prácticas con vistas a su mejora en el marco de las titulaciones de ingeniería.
- b) Metodológica: creación de un nuevo método de investigación operativa basado en la aplicación iterativa de pruebas ordinales de correlación.

Esta forma de proceder no es nueva de la presente tesis sino que se enmarca en las denominadas “investigaciones de doble vertiente” en nuestro centro, caracterizadas por una aportación sustancial en el análisis de la realidad académica de la formación superior más el desarrollo de algunos modelos estadísticos que puedan ser aplicados a otros ámbitos y que supongan una innovación metodológica. Como muestra de tales estudios podemos citar a Lluís Vicent (Vicent, 2007), Jordi Margalef (Margalef, 2007), Xavier Senmartí (Senmartí, 2010), o Miquel Àngel Barrabeig (Barrabeig, 2011).

En nuestro caso, como veremos, la aportación metodológica novedosa se basa en una aplicación iterativa del coeficiente de correlación W de Kendall. Esta idea metodológica emana, en origen, de la línea de investigación desarrollada en el Laboratorio de Aplicaciones Informáticas en Educación (Universitat Autònoma de Barcelona) en los años 1990-1998. En tal equipo de investigación, dadas las posibilidades entonces nuevas que ofrecían los ordenadores aplicados a la formación, se elaboraron diversas investigaciones basadas en dos ideas claves:

- a) La tecnología interviene en el proceso formativo
-

- b) Dicha tecnología recoge los datos necesarios para investigaciones posteriores sobre el proceso formativo

Esta línea se denominó en su origen, Investigación Asistida por Ordenador (IAO) como complemento a la entonces denominada Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO). Aunque ambas siglas cayeron en desuso, sí permanecieron y se extendieron sus ideas de base. Es decir, los campus virtuales florecieron en la época posterior (a partir del año 2000, para poner una fecha de referencia) y en ellos se incorporaron módulos de recogida de datos para el posterior análisis estadístico, orientado a la mejora del sistema de formación.

Una de las estrategias puestas en juego en el citado Laboratorio de Aplicaciones Informáticas en Educación fue la detección de conjuntos concordantes mediante la iteración de pruebas W de Kendall. La idea metodológica consistía en usar el coeficiente de Kendall enfocándolo no a la homogeneidad de los jueces sino a detectar subconjuntos de ítems para los cuales los jueces fueran homogéneos (Bou, 1991). Mediante un algoritmo simple iterativo se podía detectar, a partir de un conjunto de ítems dado, un subconjunto para el cual una prueba W de Kendall diera un resultado mayor que una W_0 fijada de antemano. Dicho conjunto se denominaba “concordante” porque alcanzaba el nivel exigido de concordancia entre los jueces. Lo más interesante era su significado cognitivo al ser aplicado en determinados experimentos del Laboratorio. Sirva de muestra el siguiente supuesto:

- a) Tomemos las notas de un grupo de estudiantes en un tema concreto de una asignatura. Esas notas emanan de una prueba en la que se preguntó sobre diferentes temas.
- b) Asumamos que las preguntas de la prueba cubrían exhaustivamente un temario dado, pudiendo asignar de manera biunívoca una pregunta a cada tema.
- c) Aplicando el método iterativo, supongamos que se quedan finalmente en la muestra unas cuantas preguntas de la prueba. Para dichas preguntas, supongamos que $W=0,82$.
- d) Pues bien, en estas condiciones, tenemos un conjunto concordante de preguntas para el que podemos afirmar, no sólo que los estudiantes obtienen diferentes puntuaciones porque cada pregunta corresponde a un nivel de dificultad, sino también que es muy raro en la muestra que aparezcan cruzamientos de calificaciones, es decir, que si una pregunta tiene una media de 7 y otra pregunta de 6, es raro que algún estudiante haya puntuado mayor en la segunda pregunta que en la primera (precisamente porque la $W=0,82$).

Una aplicación llamativa de esta metodología es la que se aplicó a la detección de ítems concordantes en el campo de la enseñanza de la biología en educación secundaria. Se tomó la temática de la clasificación de los seres vivos para demostrar que la comprensión de los órdenes dentro de los mamíferos estaba influida por la familiaridad con las especies pertenecientes a cada orden. Ése y otros resultados similares eran conocidos o sospechados por la psicología cognitiva, pero no se disponía de una clasificación tan precisa como la obtenida por el método iterativo de concordancia de la W de Kendall.

A pesar de que una muestra de estudiantes de secundaria siguió la explicación mediante una aplicación informática y otra muestra en una clase presencial, en ambos casos se obtuvo, por lo que se refiere a los tiempos de comprensión medidos en el experimento, una concordancia absoluta (eso es, $W=1$) para determinadas parejas de órdenes biológicos. Eso significaba que todos los alumnos de la muestra habían tardado más en entender un concepto determinado que otro, y no sólo en tiempo medio, sino también en tiempo absoluto, es decir, que el tiempo máximo del alumno más lento en el tema fácil era menor que el tiempo mínimo del alumno más rápido en el tiempo difícil (condición de “no cruzamiento”, necesaria para que $W=1$).

La existencia de varias parejas de ítems absolutamente concordantes era la que alumbraba la hipótesis de conjuntos mayores de ítems con un W elevado. En la referida investigación se escudriñaban tanto los tiempos de comprensión como de respuesta, puesto que un resultado conocido es que se trataba de destrezas cognitivas diferentes. Para ambos tiempos, se conseguían conjuntos concordantes de un elevado número de ítems (por ejemplo, 11 para tiempo de comprensión con una $W=0,71$), lo que permitía ofrecer al educador un *esqueleto de dificultad* del tema de la clasificación.

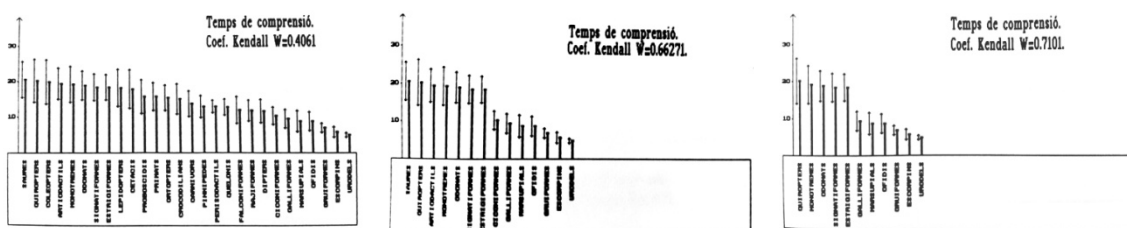


Figura 10. Copias de documentación de una investigación sobre tiempos de comprensión en la UAB (1990). A partir del conjunto original de ítems y sus medias y desviaciones, se llega a conjuntos depurados con una W de Kendall más elevada.

Cabe señalar que en este período, tanto por el poco desarrollo de algunas herramientas informáticas como por el desarrollo necesario de otros campos (como la teleformación), la línea de investigación sobre el método iterativo de la W de Kendall quedó sin respuesta. Es decir, se sabía que para resolver determinadas cuestiones sobre el método iterativo (convergencia a la solución de mayor W o bien coste operacional del método) se debían tratar operaciones matemáticas en las que la complejidad operacional se hacía demasiado grande.

Ahora bien, unos años después, con el desarrollo de ordenadores de 2 o 3GHz de velocidad de operación frente a los 66 MHz de un PC con una CPU Intel - Pentium de los años noventa, se puede atacar el problema computacionalmente. Por otra parte, el desarrollo del paquete estadístico SPSS, haciéndolo más operativo y más abierto para intercambiar datos con otros paquetes de software, permite un salto adelante.

Éste va a ser precisamente el *core* metodológico de nuestra investigación y, por tanto, del problema de investigación. Lo expondremos en el capítulo siguiente después de enmarcarlo en los diseños de investigación que toman las aportaciones del coeficiente W de Kendall. Como veremos en el capítulo de conclusiones, la aportación metodológica de la presente tesis abre muchas posibilidades diversas disciplinas, dado que ofrece unas técnicas de obtención de esquemas clasificatorios a partir de conjuntos heterogéneos de ítems de evaluación.

Capítulo 2.

El coeficiente W de Kendall: panorama precedente y problema actual de investigación

2. El coeficiente W de Kendall: panorama precedente y problema actual de investigación.

Este capítulo se iniciará con una exposición del uso del coeficiente de W de Kendall en las ciencias sociales y experimentales, junto con sus generalizaciones matemáticas y su amplio abanico de aplicación a diseños de investigación.

En una segunda parte del capítulo (a partir del apartado 2.5) orientaremos el discurso a nuestra investigación, haciendo hincapié en primer lugar en los diseños de investigación iterativos y, para terminar, abordaremos el planteamiento del problema de investigación.

2.1. Introducción: sobre la presencia del coeficiente de Kendall en las ciencias sociales

En la investigación en ciencias sociales abundan las aplicaciones de determinadas pruebas estadísticas. Sin duda, dos de las más usadas son las clásicas pruebas de comparaciones de medias (t de Student, contraste z) y las pruebas correlacionales básicas (r de Pearson, coeficiente ordinal de Spearman). Ahora bien, en estudios especializados (tesis doctorales, artículos de investigación) llama poderosamente la atención la frecuencia con que aparece una prueba concreta: el coeficiente de correlación W de Kendall.

Históricamente, el coeficiente W de Kendall se publica en el año 1939 y coincide en el tiempo con el auge de la psicología social moderna, si bien ésta se desarrolla al otro lado del Atlántico, teniendo como principal impulsor a Kurt Lewin. Lewin es un investigador polaco, huido de Alemania en 1933 debido a la persecución nazi, y nacionalizado estadounidense en 1940. Le fascina el poder de seducción de las dictaduras en el siglo XX y realiza varios experimentos y publicaciones desde 1935 hasta 1951 destinadas a obtener teorías explicativas de tal seducción. Sus investigaciones le llevan a inmiscuirse en los misterios del liderazgo en los grupos humanos y, de hecho, el uso por primera vez de la expresión “dinámica de grupos” se le atribuye a él (Arnaiz & Isus, 1995).

Después de la victoria aliada, las investigaciones sobre liderazgo y dirección de grupos se llevan a la dirección empresarial y es en este contexto donde cobran importancia las técnicas de acuerdo. No parece que Kendall sea consciente de la importancia que va a tener su coeficiente y su vida de perfil administrativo (O'Connor & Robertson, 2003) nos indica más una inclinación por la matemática pura como estadístico en el Ministerio de Agricultura que no como hombre de campo al estilo de Kurt Lewin.

En realidad, Kendall no se orienta demasiado a las direcciones de grupos de Lewin, sino que parece más interesado en simplemente encontrar una herramienta de medición. Llama la atención que en su artículo de 1939 (Kendall & Babington, 1939) los ejemplos que trate versen sobre barajar juegos de cartas y sobre una clasificación de fotografías hechas por estudiantes. Sin duda, Lewin hubiera usado otros ejemplos, para ilustrar el uso de un coeficiente que midiera la concordancia de opiniones en un grupo.

A esta fuente de demanda del coeficiente de Kendall hay que añadirle la necesidad de la validación de instrumentos de medición procedente de las ciencias sociales, aunque en su vertiente más teórica y no tan cercana a la realidad como los estudios de Lewin. Para la medición del acuerdo es muy común recurrir a técnicas Delphi en contextos organizativos (de hecho, la técnica Delphi tiene por objetivo facilitar el acuerdo); ahora bien, en contextos científicos (publicación de literatura científica) es más común que nos encontremos con la faceta experimental de la prueba W de Kendall.

En este capítulo nos familiarizaremos con el coeficiente W de Kendall de la siguiente manera:

- a) Realizaremos una breve exposición del artículo original
- b) Expondremos su evolución matemática y los casos de generalizaciones metodológicas
- c) Aplicaremos un criterio de clasificación de las generalizaciones en los usos de la W de Kendall
- d) Y, finalmente, comentaremos el tipo de uso de la W de Kendall que se realizará en la siguiente investigación y clasificaremos la metodología creada según los criterios de las corrientes metodológicas iterativas o recursivas

2.2. El coeficiente de Kendall – Babington de 1939

Kendall y Babington publicaron su artículo sobre un nuevo coeficiente de correlación en 1939 (Kendall & Babington, 1939).

El artículo está estructurado en siete apartados.

En el 1º, Kendall y Babinton hacen una introducción general y plantean el problema de que, si n objetos son clasificados por m personas (jueces): ¿se puede establecer si hay un juicio común entre los m jueces? Y, ¿cuál es el grado de ese acuerdo?

Nos hacen notar que no podemos operar, sin más, números ordinales como si fueran cardinales, y lo justifica en este caso.

A través de un ejemplo, nos hacen ver que si hay unanimidad, la varianza entre la suma de rangos de cada objeto será muy alta (las sumas serán muy distintas entre ellas), en cambio, en el caso de un gran desacuerdo en la clasificación, obtendríamos sumas de valores similares y por tanto con una varianza pequeña.

Para ello se plantea la obtención de un coeficiente de correlación (W) y su correspondiente procedimiento de cálculo.

W, surge inspirado a partir de otros coeficientes de correlación, en el artículo de repasa la relación entre ellos y W:

- a) Coeficientes de correlación de rango de Spearman.
 - b) Prueba de Friedman.
-

c) Distribución de la varianza en un array de Welch y Pitman.

En los apartados de 2º al 5º nos muestran lo significativo o relevante que puede ser W haciendo consideraciones sobre la distribución de W o de S para distintos valores de m y n (m personas que juzgan y n objetos que son clasificados).

Los apartados 6º y 7º son dos ejemplos ilustrativos. En el primero trata de averiguar, usando W, si la acción de barajar un juego de cartas, efectivamente consigue su cometido. El segundo busca si hay un juicio común en la clasificación de fotografías de sujetos, por parte de un grupo de estudiantes, en relación con su inteligencia.

2.3. Generalizaciones matemáticas del coeficiente W de Kendall

El coeficiente W de Kendall, lejos de ser una cuestión resuelta por completo en el mundo matemático, es objeto de estudio en el que abundan los matices y las correcciones según el caso de aplicación que ocupe al investigador.

Una revisión extensa de las investigaciones estadísticas sobre el coeficiente de correlación Kendall puede encontrarse en el artículo de Miroslav Verbic y Franc Kuzmin (Verbic & Kuzmin, 2009). A modo de esquema, elaboramos la tabla siguiente para reflejar los avances en la investigación sobre la W de Kendall:

Año	Autor	Aportación
1951	Durbin	Versiones de la fórmula para calcular el coeficiente de concordancia de Kendall junto con una tabla de valores críticos para la prueba estadística asumiendo una distribución beta.
1955	Willerman	
1973	William R. Schucany William H. Frawley	Diseñan una prueba estadística para probar la hipótesis de acuerdo de varias variables sobre la clasificación de elementos dentro de cada uno de los dos grupos y entre los dos grupos, que pueden ser de distinto tamaño. También proporcionaron una generalización del coeficiente de concordancia.
1975	Loretta Li R. Schucany	Siguen avanzando con la prueba diseñada por William R. Schucany y William H. Frawley.
1978	Myles Hollander Jayaram Sethuraman	Ilustraron que la prueba de acuerdo entre los grupos tiene que ser usada con cuidado si la hipótesis relevante puede tomarse como hipótesis nula. Ellos adaptaron un procedimiento, propuesto por Abraham Wald y Jacob Wolfowitz (1944) en un contexto un poco distinto, para proporcionar una nueva prueba para el acuerdo entre dos grupos de variables.
1979	James Beckett William R. Schucany	Analizaron el acuerdo entre, y dentro, de más de dos grupos de variables en forma de una tabla de análisis de concordancia.
1981	Helena C. Kraemer	Propuso un coeficiente de concordancia intergrupos, que es coherente con el concepto de concordancia intragrupo medido por el coeficiente de concordancia de Kendall (Kendall y Smith, 1939). Este método reconcilia los enfoques de Schucany y Frawley (1973), y Hollander y Sethuraman (1978), al problema de la concordancia de dos grupos. El coeficiente, también conocido como la <i>medida incondicional de concordancia</i> , se calcula como el cociente entre el coeficiente de concordancia de Kendall utilizando todos los encuestados, y el promedio de los coeficientes de concordancia de Kendall calculados por separado para cada grupo y ponderados por los tamaños de las muestras. Los procedimientos de prueba y estimación para la población se basan en procedimientos jackknife. Se hace notar la ampliación del problema de la concordancia entre múltiples grupos, cuando estos tienen una estructura factorial.

Tabla 1 Avances en la investigación sobre la W de Kendall.

Además, se introducen también enfoques alternativos. Vamos a mencionar brevemente algunos de ellos:

Año	Autor	Aportación
1979	Lawrence J. Hubert	Propuso una medida de concordancia basada en un procedimiento no paramétrico simple por comparación de matrices de proximidad, lo cual es apropiado si se dispone de matrices de proximidad independientes.
1986	Paul D. Feigin Alvo Mayer	Motivados por el marco de análisis de la diversidad de Calyampudi R. Rao(1982), proponen un método general para comparar poblaciones de clasificaciones, desarrollando pruebas de hipótesis relativas a la igualdad de características.
2001	le-Bin Lian Wen-Chin Young	Proponen dos estadísticos basados sobre una componente principal restringida y una correlación canónica restringida para medir la concordancia intergrupo y intragrupo de variables.
2006	Przemysław Grzegorzewski	Propone una generalización del coeficiente de concordancia de Kendall que se puede usar en situaciones de falta de información o resultados no comparables.

Tabla 2 Enfoques alternativos a la W de Kendall

2.3.1. Por qué es importante el coeficiente W de Kendall

Gran parte de la popularidad del coeficiente W de Kendall en todo tipo de investigaciones emana de su condición de ser una de las pocas herramientas simples para la medición del acuerdo entre expertos. Dicho acuerdo no sólo se aplica a investigaciones sobre sondeos de opinión experta sino, de manera sistemática, en la validación de instrumentos de medición en las Ciencias Sociales. Esta segunda fuente de interés, la validación de instrumentos, es la que genera más “demanda” del coeficiente W de Kendall y es la que expondremos en este apartado.

La aplicación sistemática del coeficiente W de Kendall a que nos hemos referido emana del concepto de *validez* en el campo de la medición en Ciencias Sociales. Por ser un concepto del cual disponemos de muchas definiciones procedentes de autores de diferentes disciplinas (como la psicología, pedagogía, sociología o, en general, la metodología de investigación y la psicometría) tomaremos la definición general del Diccionario de términos clave de ELE, del Centro Virtual Cervantes (Cervantes, 2012):

“La validez es una de las dos cualidades básicas que debe poseer un examen o, en general, todo instrumento de medida (...). Se dice que un examen es válido cuando evalúa efectivamente aquello que pretende evaluar (por ejemplo, la motivación de un individuo o su competencia comunicativa en una lengua). La validez, por tanto, consiste en el grado de adecuación de una prueba -o de una de sus partes- a lo que se considera que mide.”

La frase genérica que se enuncia en las investigaciones del ámbito social es aquella de “*un instrumento es válido cuando mide lo que se quiere medir*” pero, a lo que podría parecer una perogrullada, le sigue el glosario de pruebas a los que debe someterse un instrumento de medición para que sea aceptado según los cánones de la comunidad científica.

De este modo, se habla de *tipos de validez* para referirse a los diferentes enfoques que puede tomar un investigador que haya creado un instrumento y quiera someterlo a las pruebas que lo hagan aceptable para investigar.

Dentro de estos tipos de validez existe la validez de contenido que es la que establece si las preguntas elegidas en un cuestionario son una buena muestra del conjunto teórico de todas las preguntas posibles que podrían hacerse sobre el tema del que versa el cuestionario. Llegados a este punto, es cuando uno de los caminos que puede tomar el investigador para validar su instrumento de medida es lo que se llama una *prueba de jueces*.

La prueba de jueces consiste en una encuesta a expertos en la materia en que deben pronunciarse sobre los ítems que han sido seleccionados para el cuestionario. Se pide a los expertos que se pronuncien, para cada ítem, sobre la oportunidad o no de incluirlo en el cuestionario. De hecho, la prueba de jueces más simple posible se refleja en la siguiente figura:

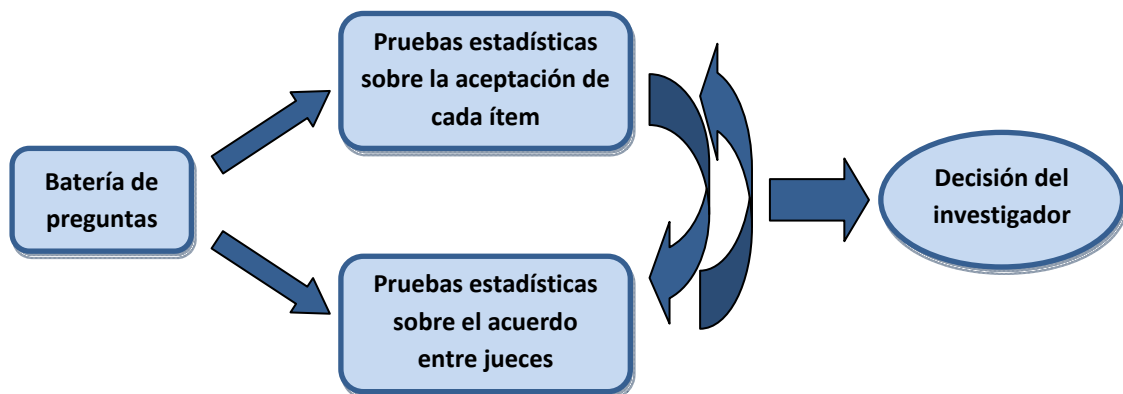


Figura 1. Modelo de prueba de jueces simple.

Ahora bien, es habitual que se pregunte a los expertos sobre características concretas de los ítems, siendo la terna de parámetros Pertinencia/Relevancia/Claridad una de las más usadas. Por *Pertinencia* se entiende que los jueces deben pronunciarse sobre si es pertinente o no formular aquella pregunta, es decir, si procede o no para la investigación a la que se refiere el cuestionario¹. Por *Relevancia* se pide a los jueces que juzguen si el tema del que trata el ítem es importante dentro del campo que se quiere sondear. Y, finalmente, la pregunta sobre *Claridad* (o alguna característica similar) se refiere a la formulación y busca eliminar fuentes de error.

En pruebas de jueces más complejas, se pueden añadir atributos como *concreción* (el ítem se refiere a una cuestión concreta, sin posibilidad de equívoco, y delimita bien la respuesta) o incluso atributos que se refieren a la conducta hipotética del encuestado ante el ítem, como *sinceridad* (¿será sincero el individuo ante esta pregunta?). También es frecuente preguntar

¹ Nótese que el término *pertinencia* no está exento en su significado de cierto matiz de *oportunidad*.

por la *discriminación*, es decir, si el ítem en cuestión ayuda a separar los diferentes tipos de individuos que participan en el cuestionario².

Es consecuente pensar que, para cada característica (o parámetro de la prueba de jueces) se pueda adjuntar una escala del 1 al 5 o del 0 al 10 para facilitar la puntuación que deben dar los jueces. Una vez recogidas las puntuaciones, se pueden calcular las medias para saber de la conveniencia o no de incluir cada ítem en el cuestionario final. Llegados a este punto, es donde aparece la necesidad de la W de Kendall, ya que tenemos dos tipos de pruebas estadísticas:

- a) Las que nos informen sobre aspectos relativos a la puntuación de cada pregunta (medias por ítem, desviaciones para detectar ítems polémicos, etc.).
- b) Las que nos informen del grado de acuerdo entre los jueces.

¿Por qué es importante la prueba b)? Pues porque si el grado de acuerdo es bajo, el investigador tiene mucha libertad para tomar en consideración los datos estadísticos del apartado a), ahora bien, si es alto, entonces el investigador debe prestar mucha atención a dichos datos puesto que se trata de una temática en la que existe prácticamente unanimidad.

De este modo, la mayoría de las investigaciones sobre instrumentos de medición o aquellas en las que se crea o testea un instrumento de medición, terminan con la prueba W de Kendall al llegar a la parte de validez de contenido.

Con este resultado en la cabeza, se puede entender que una táctica similar haya sido adoptada en otros campos de investigación, no sólo para validar cuestionarios, sino para resolver cuestiones de juicio de diversas investigaciones, de opinión de usuarios o incluso de comportamiento de seres vivos. Abrimos el apartado que sigue para comentar este tipo de aplicaciones.

2.4. Aplicaciones de la prueba de Kendall: Una propuesta de clasificación

La aplicación tradicional en investigación del coeficiente W de Kendall es la medición del grado de acuerdo entre un grupo de jueces (en el sentido más general de la palabra) aplicado a un conjunto de ítems (también en sentido general).

A pesar de que esta concepción parece llevarnos al ámbito exclusivo del “estudio de opinión”, han sido muchos los investigadores que han aplicado la prueba a otros ámbitos de las ciencias sociales e incluso de las ciencias naturales. La idea de fondo es que un “juez” de la W de Kendall es cualquier entidad que pueda suministrar una variable respecto a otros “jueces” una vez fijado un fenómeno determinado. Por ejemplo, un estudiante de un sistema de formación es un “juez” en el sentido que su comportamiento nos puede indicar el rendimiento de dicho sistema, o una planta que crece más que otra es también un juez sobre una técnica de cultivo. La idea de “juez” de Kendall, por tanto, si se asume en su acepción formal, abre la

² Hay que observar que la capacidad de discriminación de los cuestionarios ya dispone de pruebas estadísticas específicas (análisis discriminante), pero muchos investigadores optan por hacer que los jueces se pronuncien sobre una hipotética capacidad de discriminación de los ítems.

puerta a muchas y diversas aplicaciones, las cuales es suficiente que se ajusten a un esquema sencillo (puesto que las condiciones de aplicación del coeficiente lo son).

A modo de orientación, podemos establecer un criterio clasificador de las aplicaciones del coeficiente de Kendall. Podemos basarnos en la autoridad en primer lugar, es decir, en si el “juez” es un experto en una materia o si, por el contrario, es un “cliente/usuario” en sentido general. Y, en el segundo caso, podemos distinguir entre si el “juez” emite una opinión (valoración) o bien si recogemos el valor de una variable de la cual el “juez” no tiene por qué ser consciente.

En el último caso se podría añadir, incluso, la distinción de si el “juez” es humano o no, puesto que para algunos investigadores podría ser motivo obvio de distinción ontológica. Sin embargo, a efectos prácticos, las pruebas en diseños cuasi experimentales³ y experimentales son las mismas. Para fijar ideas: tanto nos da metodológicamente si recogemos la nota de un alumno en una asignatura como la altura de una planta en un tipo de cultivo.

Nuestra idea de clasificación de las investigaciones basadas en la prueba W de Kendall puede resumirse de la siguiente manera:

- a) Investigaciones donde el juez es una *autoridad*
- b) Investigaciones donde el juez es un *cliente* y la toma de datos es *consciente*
- c) Investigaciones donde el juez es un *cliente* y la toma de datos es *inconsciente*

Así pues, son ejemplos de cada caso los siguientes:

- a) Jueces opinando sobre casos judiciales, Médicos opinando sobre expedientes clínicos, Estudiantes opinando sobre sistemas/instituciones educativos, etc.
- b) Estudiantes en un test de destrezas donde saben qué se evalúa.
- c) Estudios ex post facto sobre rendimientos de estudiantes, estudios de rendimiento sobre cualquier tipo de objetos, etc.

2.4.1. Estudio ilustrativo de clasificación sobre una muestra de investigaciones

Una vez propuesta la clasificación anterior, es necesaria una verificación o, cuando menos, ilustrar con varios ejemplos que se ajusta a la realidad. Es decir, hemos elegido una muestra al azar de investigaciones que se realizan utilizando el coeficiente de concordancia de Kendall y hemos comprobado que puede aplicarse nuestra distinción sobre *jueces* y *cosas juzgadas*. En los artículos seleccionados por azar hemos tenido cuidado de observar que abarquen diferentes disciplinas, de manera que puedan considerarse representativos de la variedad de campos de aplicación en los que se utiliza la W de Kendall.

³ En los diseños cuasi experimentales los sujetos no son asignados al azar, sino que los grupos ya estaban formados con anterioridad al experimento.

Presentamos, el resultado en la tabla siguiente. Adjuntamos las referencias y resúmenes de los artículos a efectos de poder contrastar la clasificación.

Autores	Landy A. Esquivel Alcocer, Cecilia A. Rojas Cáceres. (Landy A. Esquivel Alcocer Cecilia A. Rojas Cáceres, 2005) Licenciatura en Educación, Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatan.
Título	"Motivos de estudiantes de nuevo ingreso para estudiar un posgrado en educación" . Universidad Autónoma de Yucatán. Revista Iberoamericana de Educación ISSN: 1681-5653. Número 36/5. 25-Tul-2005
Resumen	Esta investigación tuvo como objetivo indagar los motivos expresados por estudiantes de nuevo ingreso para estudiar un posgrado en educación. La población estuvo conformada por 63 estudiantes inscritos en el ciclo escolar 2004-2005 en tres programas de posgrado en educación (una especialización y dos maestrías) que ofrece la facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán. De acuerdo con los resultados obtenidos, los motivos por los que las personas se inscriben en estos programas fueron los siguientes: nacionalización, conocimiento, seguridad, poder, reconocimiento, afiliación, logro y cambio, lo que indica que los dos motivos más importantes son intrínsecos.
Discusión	Se administraron cuestionarios a alumnos aspirantes para el posgrado en educación. Las respuestas al Cuestionario de Motivación en Alumnos de Nuevo Ingreso a un Posgrado de Educación se analizaron y se hicieron las jerarquías de los motivos utilizando las medidas de tendencia central de media, mediana y moda. A su vez, se utilizó la prueba W de Kendall para jerarquizar los motivos de acuerdo con el grado de concordancia entre los estudiantes
Clasificación	b. La toma de datos es consciente.

Autores	P. Legendre (Legendre, 2005)
Título	"Species Associations: The Kendall Coefficient of Concordance Revisited" American Statistical Association and the International Biometric Society Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 2005, Volume 10, Number 2, Pages 226-245 . DOI: 10.1198/108571105X46642.
Resumen	La búsqueda de asociaciones de especies, es uno de los problemas clásicos en la comunidad ecológica. En este artículo se propone utilizar el coeficiente de concordancia de Kendall (W) para identificar los grupos de especies asociadas significativamente dado por las encuestas de campo. Una prueba global de la independencia de todas las especies es, si la hipótesis nula es rechazada, se buscan grupos de especies correlacionadas y, dentro de cada grupo, las pruebas de la contribución de cada especie a la estadística general, mediante una prueba de permutación...
Discusión	Este artículo propone el uso del coeficiente de concordancia de Kendall (W) para identificar significativamente la asociación de grupos de especies. A partir de una cantidad apropiada de especies en una tabla de datos, la estrategia es: (1) realizar una prueba global de la independencia de todas las especies en el estudio. (2) si la hipótesis nula es rechazada, buscar grupos de especies relacionadas. (3) dentro de cada grupo, prueba de la contribución de cada especie a la estadística general, mediante una prueba de <u>permutación</u> . Los resultados de las simulaciones numéricas se presentarán también para estimar el error de tipo I, el poder de las pruebas clásicas y la permutación W.
Clasificación	c. Los jueces son especies y por tanto la toma de datos es inconsciente.

Autores	J. D. Latner, A. J. Stunkard (Latner & Stunkard, 2003)
Título	"Getting Worse: The Stigmatization of Obese Children" . Journal Obesity. North American Association for the Study of Obesity (NAASO). 2003. SN 1930-7381. http://dx.doi.org/10.1038/oby.2003.61
Resumen	Objetivo: La prevalencia de la obesidad infantil se duplicó con creces en el período comprendido entre 1961 a 2001. En este trabajo se ha reproducido un estudio de 1961 del estigma de la obesidad infantil para ver el efecto que mayor prevalencia ha tenido en este estigma (sociología: como condición, atributo, rasgo o comportamiento que hace que su portador sea incluido en una categoría social hacia los miembros, y genera una respuesta negativa; se les ve como culturalmente inaceptables o inferiores). Método de investigación y procedimiento: los participantes incluyeron 458 niños de quinto y sexto grado

	que asisten a escuelas públicas de USA, con ingresos en categorías media- alta y media-baja. Los niños puntuaron seis dibujos de niños del mismo sexo con obesidad, diversas discapacidades o sin discapacidad ("sanos"), según como les gustaba a cada niño.
Discusión	Cada participante puntúa según su preferencia del 1 al 6 (más alta o más baja puntuación para el dibujo). Kruskal Wallis ANOVA se utilizó para examinar las posibles diferencias en la clasificación de media entre la puntuación obtenida en la muestra actual y las obtenidos en 1961. Las diferencias en la clasificación de media entre los niños de diferentes géneros, orígenes étnicos, los grados, y las escuelas también se evaluó utilizando las pruebas de Kruskal-Wallis H. El coeficiente de concordancia de Kendall (W) fue calculado para evaluar si hubo un acuerdo significativo en el orden de preferencia entre los participantes.
Clasificación	b. Los alumnos eran conscientes de que estaban realizando un test y evaluando.

Autores	Z. Yufeng, J. Tianzi, L. Yingli, H. Yong (Zang, Jiang, Lu, He, & Tian, 2004)
Título	"Regional homogeneity approach to fMRI data analysis" . NeuroImage. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.12.030 1 (SN 1053-8119)
Resumen	El coeficiente de Concordancia de Kendall (KCC) puede medir la similitud de un conjunto de series temporales. KCC se ha utilizado para la purificación de un grupo o clúster determinado en la resonancia magnética funcional (fMRI). En este estudio, un nuevo método se desarrolla en base a la homogeneidad regional (ReHo), usando el KCC para medir la similitud de las series de tiempo voxel dado a sus vecinos más cercanos (voxel-wise). Seis sujetos sanos realizan tareas con dedos de la mano izquierda y derecha (Diseño de Experimento); cinco de ellos fueron además escaneados en una condición de reposo. KCC se usó para comparar las tres condiciones del diseño (el movimiento del dedo izquierdo, movimiento del dedo derecho, y el resto de movimientos). Los resultados muestran que la corteza motora primaria bilateral (MI) obtuvo una mayor KCC en los movimiento hacia la izquierda o a la derecha de los dedos, que en condición de reposo...
Discusión	Apoyan el trabajo dado por otros estudios (Baumgartner et al., 1999), quienes emplean el KCC (el coeficiente concordancia de Kendall) para la purificación de grupos o clúster activados. Sobre esos estudios y el método de purificación dado por KCC, los autores proponen un método para la homogeneidad regional en las imágenes magnéticas.
Clasificación	c. Se entiende que no hay un experto analizando si el tiempo es o no correcto. Simplemente se comparan los tiempos y por tanto se puede considerar un expostfacto, el sujeto bajo prueba no juzga, simplemente ejecuta una acción que se mide.

Autores	S. Kostopoulos , D. Cavouras , A. Daskalakis , P. Ravazoula , G. Nikiforidis (Kostopoulos, Cavouras, Daskalakis, & Ravazoula, 2006)
Título	"Image Analysis System For Assessing The Estrogen Receptor's Positive Status In Breast Tissue Carcinomas" . 2006 http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.105.5278
Resumen	El estado del Receptor de Estrógeno (ER) ha demostrado ser un factor importante para la predicción de la respuesta clínica a la terapia hormonal, en pacientes con cáncer de mama. En la práctica clínica, la evaluación del estado positivo ER, se basa en la identificación subjetiva de los núcleos que se presenta en las muestras. El objetivo de este estudio es el desarrollo de un sistema asistido por ordenador de análisis de imagen, empleando un algoritmo de segmentación de supervisión, basado en la transformación de espacio-color. El Coeficiente de Concordancia de Kendall mostró un nivel adecuado de acuerdo (W de Kendall = 0,79) entre la evaluación clínica del médico y la cuantificación objetiva asistida por ordenador.
Discusión	El coeficiente de concordancia de Kendall (KCC) se utilizó para determinar el nivel de acuerdo entre las evaluaciones. KCC va de 0 a 1. Cuanto más alto sea el valor, más fuerte es la asociación entre la clasificación. KCC reveló un nivel adecuado de acuerdo entre el médico y el sistema asistido por ordenador (W = 0,79, p <0,05).

Clasificación	a. Parece que tenemos dos jueces: los médicos y el programa que clasifican imágenes médicas. De hecho en los dos casos son médicos haciendo uso o no de una herramienta que el estudio pretende demostrar que facilita el diagnóstico, por tanto son expertos.
---------------	---

Autores	C. Esquivel, V. Velasco, E. Martínez, E. Barbachano, G. González, C. Castillo (C.-G. Esquivel et al., 2006)
Título	"Coeficiente de correlación intraclase versus correlación de Pearson de la glucemia capilar por reflectometría y glucemia plasmática" . Medicina Interna de México Volumen 22, Num. 3, mayo-junio, 2006. http://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2006/mim063b.pdf
Resumen	<p>Antecedentes: en pacientes con diabetes descontrolada los resultados de la glucemia, con mediciones cuantitativas con reflectómetro, son de alta correlación con r p de 0.97 a 0.98, lo cual da la impresión de que puede ser de gran utilidad clínica. Este ha sido el concepto durante los últimos años; sin embargo, la correlación simple de Pearson, con distribución bivariada, se utiliza habitualmente para evaluar la concordancia entre las variables numéricas continuas, pero no mide el posible sesgo sistemático. Se recomienda el análisis de varianza cuando las variables son numéricas con el coeficiente de correlación intra-clase.</p> <p>Objetivos: evaluar y contrastar, en la medición de glucosa por reflectometría y glucosa plasmática, la correlación de Pearson y el coeficiente de correlación intraclase en dos muestras piloto. Pacientes y método: estudio prospectivo, cegado y transversal contrastado que incluyó dos muestras: una de 18 y otra de 151 pacientes. Se midió la glucemia capilar, por reflectometría y venopunción con auto-analizador, con el método de glucosa oxidasa-peroxidasa. Se utilizó el análisis descriptivo y la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución. El análisis se hizo con correlación de Pearson con IC 95% z r y coeficiente de correlación intraclase con análisis de variancia ANOVA IC 95%. Se utilizó el paquete estadístico SPSS V 8.0, Microsoft Excel 2000.</p>
Discusión	La obtención del mismo resultado entre uno y más observadores se conoce como consistencia externa (grado de acuerdo y concordancia) de una medición en trabajos científicos. La escala en que se encuentre la variable a estudiar es de vital importancia para determinar el estadístico a utilizar. Así, en la consistencia externa para variables nominales con matriz de cuadro de 2 x 2 tenemos el porcentaje de concordancia inter intra-observador, kappa por azar y el coeficiente ϕ^2 . La kappa ponderada y el coeficiente de concordancia Kendall W es el grado de acuerdo para variables ordinales con matriz de un cuadro R x R y su estadístico adecuado. Sin embargo, las variables categóricas cualitativas no ofrecen tanta información objetiva como las numéricas cuantitativas. Para la medición de la concordancia para variables continuas se recomienda el uso del estadístico coeficiente de correlación intra-clase, el cual evaluará el posible sesgo sistemático.
Clasificación	c. Se evalúan dos procedimientos de medida, es un estudio expostfacto.

Autores	S. Morales, Directores: C. Pérez, J. Escámez (Morales, 2007)
Título	"La educación de competencias para la convivencia en una sociedad plural" . Tesis de la Facultat de Filosofia i Ciències de l'Educació Universitat de València. 2007. http://hdl.handle.net/10803/10305_V-1587-2008 . ISBN 9788437067667.
Resumen	La tesis resume la aportación de la educación para la convivencia en las sociedades plurales y la importancia de formar en los alumnos competencias de tolerancia a través de las prácticas educativas cotidianas. Define un concepto de tolerancia aplicable a la práctica educativa y propone cuatro competencias para su consecución: Dialogar, Reconocer al Otro, Aprender las diferencias y Participar. Asimismo, se realiza una propuesta de indicadores y pautas de observación para medir las competencias de tolerancia.
Discusión	Se realizan análisis de validez de la técnica empleada, juicio de expertos, para la valoración del instrumento. Para ello se emplean dos tipos de análisis estadísticos: 1. Análisis no paramétrico de 2 muestras independientes (Test Mann-Whitney U) para establecer si hay diferencia o no entre el juicio de los expertos, en razón de la variable nacionalidad. 2. Análisis no paramétrico de K muestras dependientes (Coeficiente de Kendall W y los Coeficientes de Correlación Intraclase CCI), para establecer si hay o no concordancia en las valoraciones de los jueces.

Clasificación	a. Los jueces son expertos.
Autores	M. J. Prado del Baño, B. Sanchis Noguera, J. L. Alfonso Sánchez. (Prado del Baño, Sanchis, & Alfonso, 1991)
Título	"Criterios de selección hospitalaria" . Revista Española de Salud Pública. Vol. 65, Núm 4/1991. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Valencia. http://granat.boumort.cesca.es/index.php/RESP/article/view/1873
Resumen	En el estudio se realiza una encuesta en 423 personas con la finalidad de determinar cuáles eran los factores más importantes de elección hospitalaria. Los factores considerados de mayor importancia fueron "competencia técnica del profesional", "atención del profesional sanitario al enfermo" y "tratamiento personal rápido". En contrapunto, se obtuvieron como factores menos importantes: "imagen externa e interna". Coeficiente de Concordancia Kendall =0,414. Cabe concluir del estudio que el usuario sabe muy bien lo que quiere, y sabe discernir perfectamente que es lo que espera recibir de un Hospital.
Discusión	El material utilizado fueron unas encuestas, estructuradas en dos partes. La primera incluía una serie de datos personales (variables socio demográficas). La segunda parte fue elaborada mediante la selección de consultas, hechas a un grupo de expertos, con la finalidad de conocer la opinión de distintos representantes sanitarios. El cálculo del tamaño muestral, se realizó para variables cualitativas, medidas como proporción o probabilidad de presentación de determinada cualidad $P = A/N$, siendo A, el número de elementos que posee esa cualidad y N el número de elementos de la población. Como procedimientos estadísticos se utilizaron la prueba χ^2 (chi cuadrado), los coeficientes de Correlación de Spearman y Kendall, y el análisis de los componentes principales.
Clasificación	b. Los encuestados son conscientes de la evaluación. Los expertos son consultados para la realización de las encuestas, pero no participan como jueces.

Autores	A. C. Gaskett ^a , C. Bulman ^b , X. Hea and S. D. Goldsworthy ^a (Gaskett ^a , Bulman ^b , Hea, & Goldsworthy ^a , 2001)
Título	"Diet composition and guild structure of mesopelagic and bathypelagic fishes near Macquarie Island, Australia" . New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. Volume 35, Issue 3, 2001. DOI:10.1080/00288330.2001.9517016
Resumen	Los peces Mesopelágicos (200-1000 m) y batipelágicos (> 1.000 m), cerca de la isla de Macquarie, Australia, son importantes en la dieta de focas, aves marinas, y la merluza negra. También forman importantes vínculos entre la productividad en las profundidades del agua. Se analiza la dieta de 23 especies de peces, de los cuales 13 son de la familia Myctophidae de 254 muestras de estómagos. Crustáceos fueron presas dominantes en 18 especies. Los peces fueron la presa dominante en cinco especies. Un análisis posterior mostró que cinco de los trece peces poseen un bajo nivel de similitud en la composición de la dieta entre los individuos de cada especie, mientras que las restantes especies tenían niveles significativamente más altos de similitud. El análisis de conglomerados y los procedimientos de asignación al azar sugieren la existencia de cinco gremios tróficos entre los Myctophidae.
Discusión	Para cada especie, los niveles de similitud en la composición de la dieta entre los individuos fueron evaluados mediante el coeficiente de concordancia de Kendall (KCC, Zar 1984). En la prueba KCC, la hipótesis nula de que no hay asociación entre la composición de la dieta de los individuos. Es decir, rechazar la hipótesis nula indica que no hay diferencias significativas entre las dietas de los individuos.
Clasificación	c. Estudio expostfacto.

Autores	I. Sugri, S.K. Nutsugah, A. N. Wiredu, P. N. Johnson and D. Aduguba. (Sugri, Nutsugah, Wiredu, Johnson, & Aduguba., 2012)
Título	"Kendall's Concordance Analysis of Sensory Descriptors Influencing Consumer Preference for Sweet Potatoes in Ghana" . <i>American Journal of Food Technology</i> , Vol. 7: 142-150. 2012 DOI: 10.3923/ajft.2012.142.150 URL: http://scialert.net/abstract/?doi=ajft.2012.142.150
Resumen	La batata es un cultivo importante en la región superior de este debido a su capacidad de adaptación en suelos de mala calidad de Ghana. Se trata de una merienda y el almuerzo predominante para los niños durante el período de cosecha, alrededor de octubre-febrero. Este estudio evaluó la influencia de algunos descriptores sensoriales, con énfasis en la influencia emergente de color, de preferencia de los consumidores el sabor. Muestras cocidas y fritas, de 7 cultivares fueron evaluados por 57 panelistas gusto con una puntuación hedónica de cinco puntos para la aceptación de sabor, color, sabor, textura, sensación en la boca y, en general. Se administró un cuestionario a los consumidores de elección de preferencia y las razones de la preferencia. El análisis de concordancia de Kendall se realizó para probar la hipótesis nula de independencia entre las variables.
Discusión	Para el estudio se obtuvieron siete variedades de batata de diversos proveedores: Purupuru, Obare-rojo, blanco Obare, Kuffour, Cinkanse, Cinkanse Abiga y Cinkanse Naabug, en tres mercados locales. Se determinaron datos sobre el peso del tubérculo fresco y seco (g), peso fresco y corteza seca (g), diámetro del tubérculo y la longitud (cm), tiempo de cocción, así como la cáscara visual y el color de la carne. Prueba de significación: La hipótesis nula de no acuerdo ($W = 0$) entre la clasificación se puso a prueba para cada cultivo y el descriptor sensorial mediante la estadística Z. Si la Z calculada es mayor que el crítico Z de Fisher (tabla de distribución Z), la hipótesis nula es rechazada en favor de la hipótesis alternativa.
Clasificación	b. El coeficiente de correlación de Kendall se utiliza solamente para probar la hipótesis nula de la independencia de las variables y no para juzgar los parámetros de la batata.

Autores	A. B. Idrus, J. B. Newman. (Idrus & Newman., 2002)
Título	"Construction related factors influencing the choice of concrete floor systems" . <i>Construction Management and Economics</i> Volume 20, Issue 1 , 2002. DOI: 10.1080/01446190110101218
Resumen	Los diseñadores tienen una amplia gama de sistemas de piso de concreto para sus edificios. Se puede elegir entre tres tipos básicos disponibles: in situ, prefabricado o de construcción híbrida. Se realizó una encuesta en el sector de la construcción del Reino Unido para investigar, en particular, los factores relacionados con la construcción que influyen en la elección de los sistemas de piso de concreto. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de índice de frecuencia y la gravedad, la prueba de Kendall de concordancia y de las pruebas de chi-cuadrado para producir el rango de los 12 factores relacionados con la construcción. Cinco factores fueron identificados como los más importantes, a saber, la adecuación de uso ', costo ', edificabilidad ', velocidad ' y salud y seguridad". Estos cinco factores reflejan el énfasis actual de la industria, y por lo tanto, podría ser adoptado como criterio principal para evaluar y seleccionar sistemas de piso de concreto durante la etapa de diseño. También podrían ser utilizados como criterios de evaluación para el desarrollo de futuros sistemas.
Discusión	Se diseñó un test el cual cubre una gran cantidad de factores a considerar en la elección del tipo de concreto. Para asegurar que la puntuación de los factores obtenidos del test fue en acuerdo por consenso entre los diferentes gustos de cada participante, y también para testar cuan significativo es este acuerdo, se tomaron dos tipos de estadísticas: la prueba de concordancia de Kendall y la prueba de chi-cuadrado. Prueba de concordancia de Kendall se aplicó para investigar, en términos holísticos, el acuerdo entre diferentes grupos dentro de la encuesta, que fueron efectivamente los ingenieros consultores y contratistas.
Clasificación	a. Los encuestados son expertos y conscientes de la evaluación.

Autores	V. K. Hinson, E. Cubo, C. L. Comella, C. G. Goetz, and S. Leurgans. (Hinson, Cubo, Comella, Goetz, & Leurgans, 2005)
Título	"Rating Scale for Psychogenic Movement Disorders: Scale Development and Clinimetric Testing" . Department of Neurosciences, Medical University of South Carolina, Charleston, South Carolina, USA. hinsonvk@musc.edu . Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society. Published online 17 August 2005 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/mds.20650
Resumen	Se desarrollaron y probaron las propiedades de una escala de medición clínica de los trastornos del movimiento psicógenos (PMDS). PMDS son incapacitantes, pero carecen de estrategias de tratamiento generalmente aceptado. No hay escala para evaluar PMDS. La escala PMD desarrollado aquí son de 10 fenómenos (temblor de reposo, temblor de acción, distonía, corea, bradicinesia, mioclonías, tics, atetosis, balismo, falta de coordinación del cerebelo), 2 funciones (marcha, el habla), y 14 regiones del cuerpo. Para el estudio de acuerdo entre observadores, tres neurólogos del trastorno del movimiento calificaron de forma independiente 88 cintas de video de los pacientes PMD. El análisis de los datos se realizó con un coeficiente kappa de acuerdo, el coeficiente de concordancia de Kendall, correlación de Spearman, y los coeficientes de correlación intraclass. La capacidad de respuesta de validez y la escala se probaron también. Todos los fenómenos del habla y disfunción de marcha o movimiento tuvieron lugar en la muestra del paciente.
Discusión	Se examinó la relación entre la escala de PMD y una escala establecida, pero no específica (Impresión Clínica Global escala [CGI]). La CGI es una escala simple de siete puntos, con una puntuación de 1 indica "normal" y una puntuación de 7 "muy enfermo". El CGI es la escala más utilizada de impresión global y se ha aplicado durante décadas en los ensayos farmacológicos. Dos de los tres evaluadores que clasificaron las 88 cintas de video usando la escala de PMD también calificaron las mismas cintas con el CGI. Se calcularon la correlación de Spearman, el coeficiente kappa ponderado de acuerdo, y el coeficiente de concordancia de Kendall.
Clasificación	a. Los evaluadores (jueces) son expertos.

Autores	D. Ibarra, D. Laborde, J. Olivera, E. Van Lier, J. Burgueño. (IBARRA, LABORDE, OLIVERA, VAN LIER, & BURGUEÑO, 1999)
Título	"Comparación de tres pruebas para medir la capacidad de servicio en carneros adultos" . Archivos de medicina veterinaria versión impresa ISSN 0301-732X. Arch. med. vet. v.31 n.2 Valdivia 1999 Doi: 10.4067/S0301-732X1999000200005
Resumen	La necesidad de aumentar las tasas de paridad para la mejora de la fertilidad de los machos, los cuales no son aptos para la reproducción en un alto porcentaje. Para ello, las pruebas de aptitud reproductiva antes del servicio, que incluyen la capacidad de servicio (SC) la evaluación a través de una prueba de lápiz práctico y confiable debe llevarse a cabo. Este estudio se llevó a cabo para comparar las diferentes pruebas de lápiz SC.
Discusión	Se utilizaron 16 carneros adultos con experiencia sexual previa, de diferentes razas (7 Corriedale, 5 Merino y 4 Milchscaff), los que fueron examinados clínicamente, a través de inspección y palpación en su aptitud reproductiva y considerados aptos para la reproducción. La CS en corral de estos animales fue evaluada a través de las 3 pruebas descritas, siendo todos los animales sometidos a la misma prueba en el mismo día. Los intervalos entre cada prueba eran de una semana. El NS en 20 y 40 minutos fue analizado a través de la prueba de concordancia de Kendall para variables no paramétricas. La hipótesis nula formulada fue: las tres pruebas miden la capacidad de servicio de manera diferente (H0: LpKpB).
Clasificación	c. Los jueces son los tres tipos de prueba.

Autores	Miroslav Verbič and Franc Kuzmin. (Verbic & Kuzmin, 2009)
Título	"Coefficient of Structural Concordance and an Example of its Application: Labour Productivity and Wages in Slovenia" . PANOECONOMICUS, 2009, 2, pp. 227-240. UDC 338.312(497.4). DOI: 10.2298/PAN0902227V
Resumen	El artículo presenta los principios subyacentes, derivación y propiedades de una simple medida descriptiva de concordancia entre dos estructuras de rango similar, que llamamos el coeficiente de concordancia estructural. Se basa en la idea del coeficiente de concordancia de Kendall, que se extienden a dos estructuras de rango. Como el coeficiente de concordancia estructural es una pura medida de concordancia entre los grupos, que está diseñado para complementar el coeficiente dentro del grupo de concordancia de Kendall. Aplicamos esta medida descriptiva mediante la exploración de la relación entre salarios y productividad laboral de Eslovenia para el período 1998-2007. Estamos en condiciones de confirmar la hipótesis de la alta concordancia entre los salarios y la productividad laboral, lo que indica un papel de estímulo de los salarios en la producción de mercado de bienes transables y servicios.
Discusión	El coeficiente de concordancia de Kendall para los salarios brutos ascendieron en el período 1998-2007 a 0,9881, mientras que el coeficiente de concordancia de Kendall de valor añadido por empleado en Eslovenia en el mismo periodo fue igual a 0,9395. Ambos valores del coeficiente de los de concordancia de Kendall son estadísticamente muy significativos. El valor de la prueba estadística de la χ^2 -cuadrado, calculada, asciende a 69,17 en el caso del salario bruto y 65,77 en el caso de valor añadido por empleado, mientras que el valor crítico al nivel de significación del 0,01 por ciento y 7 grados de libertad es 20,28. Por tanto, existe un alto nivel de concordancia tanto en la estructura entre la industria de los salarios brutos y la estructura inter-industrial de valor añadido por empleado, lo que significa que las industrias son preservar su posición relativa en el orden de importancia con el tiempo.
Clasificación	c. Es ex post facto.

Autores	D. Chan, A.Chan, P. Lam and J. Wong (Chan, Chan, Lam, & Wong, 2011)
Título	"An empirical survey of the motives and benefits of adopting guaranteed maximum price and target cost contracts in construction" . International Journal of Project Management Volume 29, Issue 5, July 2011, Pages 577-590.
Resumen	A la luz de la creciente complejidad de los proyectos, las restricciones sobre el programa previsto y el limitado presupuesto, existe una fuerte llamada a los cambios de los procedimientos de contratación en la construcción. Ambos el Precio Máximo Garantizado (GMP) y la Contratación Objetivo de Coste (TCC) con los enfoques de un arreglo gain-share/pain-share han sido recomendados para lograr una mejor relación calidad-precio y un rendimiento del proyecto más satisfactorio. Este trabajo pretende revisar las prácticas actuales de GMP / TCC en general, y explorar los motivos y los beneficios de la aplicación de la GMP / plan de TCC en comparación con el clásico del precio global del contrato en particular. Los datos de encuestas de 45 cuestionarios se analizaron mediante la técnica de puntuación de concordancia Kendall, el test de correlación de Spearman y de un solo sentido la prueba de ANOVA.
Discusión	El coeficiente de concordancia de Kendall (W) se aplicó para medir el acuerdo de los encuestados en sus diferentes clasificaciones de los beneficios sobre la base de valores medios dentro de un determinado grupo de estudio. Este análisis estadístico, tiene por objeto determinar si los encuestados dentro de un individual del grupo responden de una manera consistente o no. Los valores de W puede variar de 0 a 1, con 0 indicando desacuerdo perfecto y 1 una exhibición de perfecta armonía (Daniel, 1978). Si el coeficiente de concordancia de Kendall (W) fue estadísticamente significativo a un pre-definido nivel de significación de, digamos, 10% (0,10), y luego un grado razonable de consenso entre los encuestados en el grupo, en el ranking de los beneficios que se indican (Siegel y Castellan, 1988). En otras palabras, un valor alto o considerable de W refleja que las distintas partes son esencialmente la aplicación de la misma norma en el ranking de los beneficios.
Clasificación	b. Los encuestados son conscientes de la evaluación.

Autores	T.M.S. Elhag and A.H. Boussabaine (Elhag & Boussabaine, 1999)
Título	" Evaluation of construction cost and time attributes ". School of Architecture and Building Engineering, The University of Liverpool, Liverpool L69 3BX, UK. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 2, 473-80.
Resumen	Este artículo presenta los resultados de una encuesta, que se encarga de evaluar y clasificar los factores que afectan el costo y la duración de los proyectos de construcción. Un total de 67 variables de eficacia fueron identificadas a través de revisión bibliográfica y entrevistas, estos factores se clasificaron en seis categorías diferentes. El estudio se centra en aparejadores en el Reino Unido. El análisis estadístico se llevó a cabo para establecer una prioridad en la calificación de los factores que influyen. Una discusión detallada de los resultados indica una asociación significativa entre los aparejadores en la clasificación de las variables significativas. Los resultados revelan que la categoría que contiene los parámetros consultor y el diseño se ocupa en primer lugar seguido por las características del cliente. Considerando que, la tercera y las siguientes filas están ocupadas por las características del proyecto y las condiciones externas del mercado, respectivamente. Por otro lado, el quinto grupo de factores incluye los procedimientos de contratación y los métodos de contratación y, finalmente, los atributos contratista ocupan el fondo de la lista.
Discusión	El documento describe análisis estadísticos de la encuesta, que incluyen cálculos de índice de gravedad y prueba de concordancia de Kendall. Los resultados indican que existe un acuerdo firme entre los aparejadores en la clasificación de los gastos principales y las categorías de tiempo. Para llevar a cabo la prueba de concordancia de Kendall las respuestas se han dividido arbitrariamente en tres grupos diferentes. En consecuencia, las seis categorías diferentes de los determinantes de los costos y el tiempo se clasificaron separadamente para cada grupo de la cantidad de las encuestas.
Clasificación	a. Se entiende que los aparejadores encuestados conocían la finalidad de la encuesta y son expertos. En caso contrario sería del tipo c.

Autores	Narcís Gusi y Juan Pedro Fuentes. (Gusi & Fuentes, 1999)
Título	" Análisis de la influencia del ritmo de ejecución en el trabajo de fuerza-resistencia abdominal: encorvadas ". Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura (Cáceres). Apuntes Educación Física y Deportes: Rendimiento y Entrenamiento (1999) (pág. 58-61)
Resumen	El propósito de este estudio es examinar la influencia del ritmo de ejecución de la prueba de encorvadas en adolescentes. Se estudiaron 67 alumnos de secundaria (26 hombres y 41 mujeres) que efectuaron de forma aleatoria dos pruebas de encorvadas para medir su fuerza-resistencia abdominal: a) prueba de ritmo máximo de repeticiones en 30 segundos; b) prueba de ritmo lento estable de 25 repeticiones por minuto durante un máximo de 3 minutos. Resultados: No se detectaron diferencias significativas entre ambos sexos en el número de encorvadas realizadas a ritmo estable. En cambio, los hombres ejecutaron más encorvadas a ritmo rápido en 30 segundos que las mujeres. La relación lineal entre ambas pruebas fue muy baja ($r_{\text{pearson}} = 0,31$; $P < 0,05$).
Discusión	La prueba de concordancia de Kendall detectó diferencias muy significativas ($p < 0,001$) entre el orden de los sujetos en función del resultado obtenido en una prueba y el obtenido en la otra. Conclusiones: 1) La prueba de encorvadas efectuadas a un ritmo lento estable de 25 repeticiones por minuto mide características físicas distintas a la prueba que pretende obtener el número máximo de encorvadas en 30 segundos; 2) En caso de aplicar la prueba de ritmo rápido en 30 segundos en jóvenes, la evaluación comparativa entre sujetos (p.e., percentiles) requeriría valores de referencia diferenciados para los hombres y para las mujeres. En cambio, no se observa dicha necesidad en la prueba a ritmo lento estable; 3) El peso, la altura y el índice de Masa Corporal de los sujetos no se relacionaron significativamente con el resultado obtenido en ninguna de las dos pruebas; 4) El resultado obtenido en una de las pruebas por un individuo no permite predecir el que podría obtener en la otra.
Clasificación	b. Se supone que los alumnos sometidos a prueba conocieran el objetivo de la misma, en caso contrario sería c.

Autores	Manuel Mendoza Carranza (Mendoza, 2003)
Título	"Los hábitos de alimentación del bagre Bagre marinus (Ariidae) en Costa Paraíso, Tabasco" . Depto. de Pesquerías Artesanales. El Colegio de la Frontera Sur, unidad Villahermosa, A.P. 1042, Adm. Correos No. 2, Atasta, Villahermosa, Tabasco, México. Hidrobiológica 2003,13 (2): 119-126.
Resumen	El bagre bandera (Bagre marinus) es una de las especies de mayor importancia pesquera en el Golfo de México, particularmente en la región costera del Estado de Tabasco, donde es capturada en forma abundante durante casi todo el año. A pesar de esto, no existe información biológica o ecológica de esta especie para la región costera de Tabasco. El objetivo de este estudio es describir los hábitos alimenticios del bagre bandera y analizar sus cambios estacionales. Se analizaron los contenidos estomacales de 430 individuos (97 hembras y 68 machos para la estación de secas, 100 hembras y 38 machos para la estación de lluvias y 83 hembras y 44 machos para la estación de nortes); estos individuos fueron obtenidos de desembarques comerciales a lo largo de un año (mayo 1996 a abril de 1997) en dos centros de acopio localizados en el poblado de Chiltepec, Paraíso, Tabasco.
Discusión	Se calcularon los porcentajes numérico (%N) y de peso (%W), y la frecuencia de ocurrencia de cada grupo presa. Estos índices fueron comparados a través del coeficiente de concordancia de Kendall, comprobándose que los tres índices proveían la misma información, siendo usado la %F para el resto de los análisis. Los braquiuros fueron las presas más importantes en la dieta anual de esta especie, alcanzando una frecuencia de ocurrencia máxima durante la estación de secas (74.6 %F para las hembras y 92.7 %F para los machos). Se observaron pocos cambios estacionales, destacándose un progresivo incremento en la frecuencia de ocurrencia de los peces y una disminución de los estomatópodos y camarones peneidos. No se observaron diferencias significativas entre las dietas totales de hembras y machos. La variación de la proporción de estómagos llenos y el índice de repleción estomacal a lo largo del año está relacionado al comportamiento reproductivo de la especie.
Clasificación	c. Es un estudio ex post facto.

Autores	J. Iannacone and A. Gutierrez (Iannacone & Gutierrez, 1999)
Título	"Ecotoxicidad de los agroquímicos Lindano y Clorpirifos sobre el nematodo Panagrellus, la microalga Chlorella y el ensayo con Allium" . (Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima (Perú). Fac. de Ciencias Naturales y Matemáticas). Agricultura Técnica (Abr-Jun 1999) Vol. 59(2) p. 85-95. ISSN 0365-2807.
Resumen	Como parte del desarrollo de pruebas ecotoxicológicas estandarizadas, se evaluó el efecto de dos agroquímicos de suelo, lindano y clorpirifos, y el vehículo de ambos, la pirofilita. Fueron probados en la sobrevivencia, crecimiento y maduración (vigor total: valor promedio ponderado) y en la inhibición de la actividad de la fosfatasa alcalina del nematodo Panagrellus redivivus; en la fotosíntesis neta y bruta y en la respiración de la microalga Chlorella vulgaris y efectos inhibitorios en el crecimiento de la raíz de la cebolla (Allium cepa). Los bioensayos con Panagrellus y con Chlorella fueron más sensibles al clorpirifos. El ensayo con Allium fue más sensible al lindano. El lindano y el clorpirifos tuvieron un efecto en la maduración de Panagrellus. Los ensayos con Panagrellus y Chlorella mostraron resultados comparables para los agroquímicos investigados. Sin embargo, ningún ensayo fue consistentemente el más sensible a todos los compuestos evaluado.
Discusión	El estadístico de concordancia de Kendall, confirma que de los tres bioensayos evaluados, el clorpirifos presenta mayor toxicidad que la pirofilita y el lindano. La matriz de correlación de Pearson muestra que los dos bioensayos con Panagrellus están correlacionados positivamente con el ensayo.
Clasificación	c. Es un estudio ex post facto.

Autores	W. R. Schucany and W. H. Frawley (Schucany & Frawley, 1973)
Título	"A rank test for two group concordance" PSYCHOMETRIKA Volume 38, Number 2, 249-258, 1973 DOI: 10.1007/BF02291117
Resumen	Una prueba estadística la cual permite probar la hipótesis de un acuerdo de varios jueces en el ranquin de artículos dentro de cada uno de los dos grupos y entre los dos grupos. Los grupos de jueces pueden

	ser desiguales en tamaño. Se desarrolla una aproximación normal para la prueba estadística. Se discute la relación con las técnicas existentes dada por Kendall, Friedman, Page, Spearman, y Lyerly. Una generalización del coeficiente de concordancia se presenta y la extensión del método a los problemas multi-grupo que se sugiere.
Discusión	Como una solución al problema de la prueba de acuerdo para m conjuntos puntuados de k objetos, Kendall (1955) propone el coeficiente de concordancia W . Este estadístico está íntimamente relacionado a la Chi-cuadrado de Friedman, para análisis de dos vías de varianza de rango, pero el presente problema es más fácil de entender en el contexto de rangos naturales bien conocido como la concordancia de los jueces. Dado el experimento de cuatro objetos son puntuados por 6 jueces.
Clasificación	a. Los jueces son expertos.

Autores	M. L. Slevin, H. Plant, D. Lynch, J. Drinkwater, and W. M. Gregory. (Slevin, Plant, Lynch, Drinkwater, & Gregory., 1988)
Título	"Who should measure quality of life, the doctor or the patient?" . ICRF Department of Medical Oncology, St Bartholomew's Hospital, London, UK. Br J Cancer. 1988 January; Vol. 57(1): 109-112. PMID: PMC2246701
Resumen	Se ha investigado en una serie de pacientes con cáncer el grado en que un médico o profesional de la salud puede realizar una evaluación válida de la calidad de vida de un paciente, como la ansiedad y la depresión. Los médicos y los pacientes completaron las mismas formas, a saber, el Karnofsky, Spitzer, escalas lineal/analógicas de autoevaluación y una serie de escalas sencillas diseñadas para este estudio, al mismo tiempo. Las correlaciones entre los dos conjuntos dieron resultados pobres, lo que sugiere que los médicos no pudieron determinar con precisión lo que los pacientes sentían. Un estudio posterior el examen de la reproducibilidad de estas escalas ha demostrado una considerable variabilidad en los resultados entre los diferentes médicos. Se concluye que si un método confiable y consistente para medir la calidad de vida en pacientes con cáncer es necesario, debe venir de los propios pacientes y no de sus médicos y enfermeras.
Discusión	La correlación de Kendall (coeficientes de Kendall, 1948). Todos los coeficientes de correlación en los resultados son significativos ($p < 0,01$) y por lo tanto representan las correlaciones que es poco probable que haya ocurrido por oportunidad. Se midieron en las evaluaciones de entre cinco diferentes profesionales, las asociaciones de la calidad de vida, la ansiedad y la depresión durante el test-retest de evaluación y la salud, utilizando la concordancia de Kendall coeficiente (Kendall, 1948). Esto da un número entre cero, de ninguna asociación, y más 1 por pedido idéntico de las puntuaciones obtenidas en cada una de las cinco ocasiones.
Clasificación	a. Se entiende que tanto los médicos como los pacientes se pueden considerar expertos sobre el tema que opinan (la calidad de vida del paciente).

Autores	Franck Courchamp, Elena Angulo, Philippe Rivalan, Richard J. Hall, Laetitia Signoret, Leigh Bull, Yves Meinard (Courchamp et al., 2006)
Título	"Rarity Value and Species Extinction: The Anthropogenic Allee Effect" Ecologie, Systématique, et Evolution, UMR CNRS 8079, Université Paris-Sud, Orsay, France. The Anthropogenic Allee Effect. PLoS Biol 4(12): e415. doi:10.1371/journal.pbio.0040415
Resumen	La teoría económica estándar predice que la explotación por sí sola, es poco probable que resulte en la extinción de especies, debido a la escalada de costes de búsqueda de los últimos individuos de una especie en declive. El artículo sostiene que la predisposición humana a valorar en exagerado, los combustibles, su rareza, explotación desproporcionada de las especies, haciéndolos aún más raro y por lo tanto más deseable, en última instancia, les conduce a un vórtice de extinción. Aquí se presenta un modelo matemático simple y diversos ejemplos empíricos que muestran cómo el valor atribuido a la rareza de algunas actividades humanas, podría precipitar la extinción de especies raras, un concepto que llamamos el efecto Allee antropogénicas.
Discusión	Se tomaron en cuenta la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN: en peligro crítico = 0 puntos; en peligro

	de extinción = 1; vulnerables = 2, mientras que otros = 3), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES: Apéndice I = 0; Apéndice II = 1; Apéndice III = 2, sin apéndice = 3), y la protección local (sí = 0; no = 1). Se añadieron los puntos y la puntuación acumulada se utilizó como un indicador de la escasez percibida de los taxones, menor es la puntuación, más raro es el taxón. Una vez más, nuestros resultados muestran que los precios de la caza de trofeos se correlacionan con la rareza, independientemente de su tamaño (prueba de concordancia Kendall para datos no paramétricos $\tau = -0,34$, $p < 0,0001$): el más raro es el trofeo, el más valioso y caro.
Clasificación	c. Es un estudio expostfacto.

Autores	E. Despland and G. Houle (Despland & Houle, 1997)
Título	"Climate influences on growth and reproduction of <i>Pinus banksiana</i> (Pinaceae) at the limit of the species distribution in eastern North America" . American Journal of Botany, Vol 84, 928, Copyright © 1997 by Botanical Society of America, Inc.
Resumen	La presencia de conflictos en la asignación de recursos entre las diferentes funciones de un organismo, es un postulado fundamental de la ecología moderna. Se supone que la reproducción se produce a un costo, ya que monopoliza los recursos que podrían utilizarse para otras funciones (por ejemplo, el crecimiento). Estos conflictos pueden ser particularmente evidentes en condiciones de estrés, tales como bajo en agua o baja disponibilidad de nutrientes, o en condiciones climáticas extremas. No podemos esperar encontrar una fuerte relación negativa entre el crecimiento de un organismo y la reproducción. Se estudió una población de <i>Pinus banksiana</i> (Pinaceae) en el límite norte de la distribución de las especies, en subártica de Quebec (Canadá), donde <i>Pinus banksiana</i> ocupa pobres en nutrientes, terrazas de arena a lo largo del río Great Whale. Serotinos conos de <i>Pinus banksiana</i> producido entre 1969 y 1992 se tomaron muestras para estimar las variaciones interanuales en varias variables que representan la reproducción, y relacionar estos con el clima y el crecimiento del árbol.
Discusión	Medidas repetidas de análisis de varianza (ANOVA) se realizaron sobre las variables reproductivas (después de la transformación) para determinar la importancia de las fluctuaciones interanuales. En estos análisis, cada uno de los 15 árboles muestreados es un "sujeto" en el que las medidas de una determinada variable (por ejemplo, el número de escamas fértiles por cono) se toman a través del tiempo. La prueba de Kendall de concordancia (Sokal y Rohlf, 1981) se utiliza para determinar el grado de sincronización entre las 15 individuos muestreados, tanto en términos de cultivo de conos como en número de semillas por cono. La prueba de Concordancia Kendall es el equivalente de una correlación no paramétrica entre más de dos variables, en el presente caso, entre 15 cronologías (uno para cada toma de muestras de pino) de la cosecha de cono o semilla de cada cono.
Clasificación	c. Es un estudio expostfacto.

Autores	Raymond T. Bauer (Bauer, 1989)
Título	"Continuous reproduction and episodic recruitment in nine shrimp species inhabiting a tropical seagrass meadow" . Center for Crustacean Research, University of Southwestern Louisiana, Lafayette, U.S.A. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Volume 127, Issue 2, 16 May 1989, Pages 175-187.
Resumen	Patrones de cría y selección fueron analizados y comparados con un grupo de nueve especies de camarones carideos de praderas marinas en un lugar tropical, Puerto Rico. La producción de embriones se llevó a cabo durante todo el año en las poblaciones de todas las especies. No hay un patrón de varias especies en la intensidad de la cría se ha detectado. La mayoría de las especies hembras muestra que los embriones posee cerca de la eclosión poseen un ovario lleno de ovocitos vitelogénico listo para una nueva puesta. Teniendo en cuenta que la producción de larvas fue continua, el patrón de reclutamiento episódico observado indica que el medio ambiente similares (mortalidad) los factores actuaron simultáneamente en cualquiera de las larvas planctónicas o jóvenes recién reclutados de todas las especies.
Discusión	La prueba de concordancia Kendall (Tate & Clelland, 1957) se utilizó para examinar la hipótesis nula,

	hipótesis que no hay variación conjunta entre las especies en los valores mensuales para la cría% (1) (ovígeras) y (2) estimaciones de reclutamiento. En las pruebas por separado, los valores mensuales de (1)% ovígeras y (2) la contratación se clasificaron dentro de cada especie, las filas de todas las especies. Se sumaron para cada mes (la suma mensual observada de filas). El mes previsto suma de filas y se calcula el coeficiente de concordancia W, junto con la hipótesis nula $W = 0$ (no concordancia entre las especies en los valores mensuales) se puso a prueba para significación mediante los procedimientos indicados en Tate & Clelland (1957).
Clasificación	c. Es un estudio ex post facto.

Autores	I. Ivanova, F.J. Arcelus and G. Srinivasan. (Ivanova, Arcelus, & Srinivasan., 1999)
Título	"An Assessment of the Measurement Properties of the Human Development Index" . SOCIAL INDICATORS RESEARCH Volume 46, Number 2, 157-179, 1999 DOI: 10.1023/A:1006839208067
Resumen	Uno de los determinantes más importantes de la competitividad de una nación es la calidad de su capital humano. El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es la medida más ampliamente utilizada del desarrollo humano. Se mide el desarrollo humano para todos los países del mundo, a través de la utilización de tres factores - la longevidad, los conocimientos y el PIB medido en poder adquisitivo. Este documento analiza los aspectos HDI hacia la medición de la calidad de los componentes del capital humano de la competitividad de una nación. Dos temas principales de estudio son las propiedades del IDH de información vis-a-vis sus componentes y sus propiedades como un índice de medición. La conclusión principal del estudio es que el IDH tiene información útil sobre el desarrollo actual de un país, pero no sobre el futuro nivel de desarrollo. Por lo tanto, se necesitan nuevas mejoras en su construcción, así como apoyo adicional teórico como una medida cuantitativa.
Discusión	La igualdad de los tres factores de las naciones puntuadas son analizadas con la prueba de coeficiente de concordancia de Kendall, W, prueba por 3 o mas variables independientes (Siegel y Castellan, 1988). Los resultados demuestran claramente la igualdad de puntuaciones de la proposición.
Clasificación	c. Es un estudio ex post facto.

Autores	Raymond T. Bauer (Bauer, 1985)
Título	"Diel and seasonal variation in species composition and abundance of caridean shrimps (Crustacea, Decapoda) from seagrass meadows on the north coast of Puerto Rico" . Bulletin of Marine Science, Volume 36, Number 1, January 1985 , pp. 150-162(13). University of Miami - Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science
Resumen	Se tomaron muestras durante 13 meses en las praderas submarinas dominadas por <i>Thalassia testudinum</i> cerca de Dorado, en la costa norte de Puerto Rico, por pushnet con una bolsa de malla de 1mm. Diez muestras fueron tomadas al azar mensualmente, tanto de día como de noche en cada uno de dos sitios de replicación. Dieciocho especies de camarón carideos fueron recogidos, pero el 99,9% de la abundancia total (N = 74.816) correspondió a nueve especies: <i>Latreutes fucorum</i> (57,0%), <i>Periclimenes americanus</i> (10,9%), <i>Thor manningi</i> (9,5%), <i>normanni</i> Alfeo (8,3%), <i>Hippolyte curacaoensis</i> (6,0%), <i>Latreutes parvulus</i> (3,1%), <i>Processa bermudensis</i> (2,3%), <i>Processa riveroi</i> (1,4%), y <i>Leandro tenuicornis</i> (1,4%). Las muestras de la noche fueron similares a las muestras de de los días en la composición de especies en general, salvo que en las madriguera <i>processids</i> estaban visiblemente ausentes de las colecciones durante el día. Las observaciones de laboratorio indican claramente que la emergencia nocturna en la superficie de los lechos de algas marinas de las madrigueras durante el día por debajo de las cuentas de los sedimentos de la cobrabilidad noche un aumento de Alfeo <i>normanni</i> y las dos especies <i>Processa</i> . Las observaciones de laboratorio también indican una mayor actividad nocturna (en forma de aumento de la natación) para las otras especies, especialmente <i>Latreutes fucorum</i> y <i>curacaoensis</i> <i>Hippolyte</i> , que los hace más susceptibles a la captación neta de la noche.
Discusión	El coeficiente de concordancia Kendall, W, se calculó para determinar si la abundancia de la población de las 9 especies más abundantes han variado en conjunto, es decir, que la población altas y bajas tienen lugar en la misma época para la mayoría de las especies. La revista mensual de densidad media de la

	noche de cada especie se clasificó para todo el año de muestreo. Para cada mes, las filas de todas las especies se sumaron para determinar si había un acuerdo sustancial entre las abundancias mensuales.
Clasificación	c. Es un estudio expostfacto.

Autores	P. Csendes, P. Paolinelli G, D. Busel M, V. Venturelli A, J. Rodríguez (Csendes, Paolinelli, Busel, Venturelli, & Rodríguez, 2004)
Título	"Hígado graso: Ultrasonido y correlación anatomopatológica" . Revista Chilena de Radiología. Vol. 10 N 2, año 2004; 50-52. ISSN 0717-9308.
Resumen	El hígado graso es una entidad patológica que se caracteriza por acumulación de glóbulos de grasa dentro de los hepatocitos. Es una patología que en ultrasonido se diagnostica cada vez más, sin embargo es necesario usar algunos criterios para su diagnóstico. Nuestro objetivo fue estandarizar criterios ultrasonográficos, correlacionándolos con anatomía patológica, para diagnóstico de esteatosis y su cuantificación en grados de severidad (leve, moderado, severo). Este estudio mostró una concordancia moderada entre el ultrasonido y biopsia.
Discusión	El análisis estadístico incluyó: Valor predictivo positivo para la presencia de esteatosis diagnosticada por ultrasonido en relación a la biopsia. Cálculo del coeficiente de correlación para variables ordinales (leve, moderada, severa) de Spearman con valores de referencia de (-1 a +1). Coeficiente de correlación de Kendall para evaluar concordancia entre observadores. Como resultados el valor predictivo positivo para la presencia de esteatosis hepática fue de un 86%. El coeficiente de correlación de Spearman para evaluar el grado de esteatosis fue de 0,66 (valor de referencia -1 a +1), considerado moderadamente bueno para clasificación de la enfermedad (consenso). Estudio de concordancia entre observadores (coeficiente de Kendall) fue de 0,6 también considerado moderadamente bueno.
Clasificación	a. Se entiende que los observadores que realizan las pruebas son expertos utilizando dos herramientas (método de diagnosis) distintas.

Autores	C. Esquivel, F. Buendía, F. Villa, R. Ontiveros, V. Velasco, J. Martínez (C. Esquivel et al., 2007)
Título	"Ansiedad y depresión en familiares de pacientes hospitalizados" . Medicina Interna de México Volumen 23, Núm. 6, noviembre-diciembre, 2007. Med Int Mex 2007;23(6): 512-16 www.revistasmedicasmexicanas.com.mx
Resumen	Antecedentes: la ansiedad generalizada y depresión mayor ocurre en 66% de los pacientes hospitalizados y sus familiares; estas alteraciones afectan en la toma de decisiones y evolución del paciente. Objetivo: determinar la prevalencia de ansiedad y depresión en los familiares o acompañantes de pacientes hospitalizados. Material y métodos: se encuestaron 197 familiares o acompañantes de pacientes hospitalizados de 24 servicios médico-quirúrgicos. Se obtuvieron los datos sociodemográficos y se realizaron dos encuestas para evaluar el grado de ansiedad y depresión (cuestionario HAADS e inventario de Beck). Para el análisis estadístico se efectuaron medias de tendencia central, frecuencias y proporciones; además de la prueba chi-cuadrado, regresión logística, correlación y concordancia. Resultados: la prevalencia de ansiedad fue de 49.2% y depresión de 35.0% mediante el cuestionario (HAADS). Con el inventario de Beck se obtuvo una prevalencia de ansiedad de 25.9%. La correlación y concordancia con Tb de Kendall resultó con 0.368, Kappa (w) con 0.359 y χ^2 de 26.6 (p = 0.000). Conclusiones: la prevalencia de ansiedad y depresión en pacientes hospitalizados, en salas generales como de áreas críticas, es parecida a la de sus acompañantes; dichas alteraciones afectan en el retraso, evolución de los enfermos y toma de decisiones.
Discusión	El análisis de concordancia entre HAADS y el inventario de Beck, para la depresión, resultaron con un índice Kappa (w) de 0.359, χ^2 de 26.6 (p < 0.001) y correlación Tb de Kendall de 0.368 (p < 0.001).
Clasificación	b. No juzgan expertos, aunque hayan elaborado el test, los estadísticos se aplican sobre los resultados de los test.

Autores	Francisco David Ramirez Betancourt, Clara María Martínez Maienzo, Ariel Romero Fernández (Ramirez, Martínez, & Romero, 2010)
Título	"Procedimiento para la evaluación, del nivel de satisfacción de las guías de estudio del modelo de formación semipresencial". Revista Avanzada Científica. Vol 13, No 1 (2010). ISSN 1029-3450.
Resumen	El presente trabajo, tiene como objetivo determinar el nivel de satisfacción de los estudiantes y profesores con las Guías de Estudio en la formación semipresencial, desde una perspectiva de mejora, proporcionándole a la institución una estrategia para el cambio en uno de los materiales de que disponen los estudiantes para la adquisición de los conocimientos en este caso, la guía de estudio, que constituye un medio fundamental para realizar la autopreparación. Además garantiza la evaluación de las diferentes guías de estudio, así como los principales problemas que influyen en la calidad de la autopreparación de los estudiantes.
Discusión	Se utilizará el método <i>delphi</i> y el coeficiente de concordancia Kendall, para obtener el criterio individual de cada uno de los expertos, sobre los ítems que ellos consideran deben conformar la encuesta. Si $W \leq 0.5$ se repite el estudio, pero esto no indica que los expertos no sean expertos, solamente que hubo dificultades en la explicación y preparación del método, de haber un número de expertos $m \geq 7$ y el estudio no ser válido, entonces se pueden eliminar los que más variación introducen en el estudio, respetando siempre $m \geq 7$.
Clasificación	a. La evaluación la realizan expertos.

Tabla 3 Compendio y clasificación de artículos que utilizan el coeficiente de correlación W de Kendall.

Si bien nuestra clasificación no pretende ser más que orientativa e ilustrativa de los usos de la W de Kendall, podemos comprobar que en todas las ocasiones podemos clasificar el escenario en que se utiliza el coeficiente en una de las categorías propuestas.

2.5. Diseños de investigación iterativos: comentarios sobre la presente investigación

Los diseños de investigación basados en la metodología cuantitativa siguen esquemas experimentales, cuasi experimentales o no experimentales claramente definidos. En contraposición las investigaciones de corte cualitativo obedecen a esquemas abiertos de fases a veces no definidas ya que, tal como defiende dicho enfoque, la investigación avanza en función de sí misma. La discusión sobre la complementariedad, coexistencia o imposibilidad de combinación de paradigmas ha sido arduo reproducida en artículos de investigación, y no es objeto de esta tesis. A efectos de definición y alineamiento del doctorando, sí que es habitual que la tesis (por postura personal del investigador o por necesidades del diseño de investigación) deje constancia de su opción metodológica.

De entrada, podemos decir que la metodología iterativa de los conjuntos concordantes es de corte cuantitativo aunque se enmarque en un esquema en el que, al igual que las investigaciones cualitativas, la investigación avanza en función de si misma. En este sentido, la postura de esta tesis tiene que ser, por tanto, a efectos de definición la referida por (Shulman, 1981) en el sentido de que, al ser todas las metodologías científicas, la combinación de técnicas, enfoques o recursos metodológicos es un "mosaico estimulante" para el investigador. A esta concepción, se le puede añadir la visión pragmática:

“Un investigador puede elegir intencionalmente una mezcla de atributos de ambos paradigmas para atender mejor a las exigencias de la investigación de que se trate” (Schmidt, 1997)

Ahora bien, la presente investigación avanza en función de si misma en el sentido que no se acoge a un diseño predeterminado al estilo de los experimentales y cuasi experimentales (Campbell & Stanley, 1982) sino que toma decisiones en la orientación de la investigación según los resultados obtenidos y siguiendo a veces criterios cuantitativos y a veces al criterio del investigador, no estando exento el método de una fuerte vertiente exploratoria.

Se podría establecer una semejanza de la metodología de los conjuntos concordantes de Kendall con la técnica Delphi aplicada a investigaciones. De hecho, en muchas aplicaciones de la técnica Delphi se complementa el estudio de las medias y las desviaciones con una prueba de Kendall de concordancia (Okoli & Pawlowski, 2004), pues interesa tanto la convergencia o divergencia de opiniones como el grado de acuerdo del conjunto de expertos:

“Second round procedure. In the second round participants are asked to rate the importance of each characteristic on a scale of one to ten, ten being the most important. This round is repeated until consensus is achieved. To verify the consensus of responses (Schmidt, 1997) proposes the use of Kendall’s coefficient of concordance (W). When $W > 0.7$ good consensus exists” (Nevo, 2003)

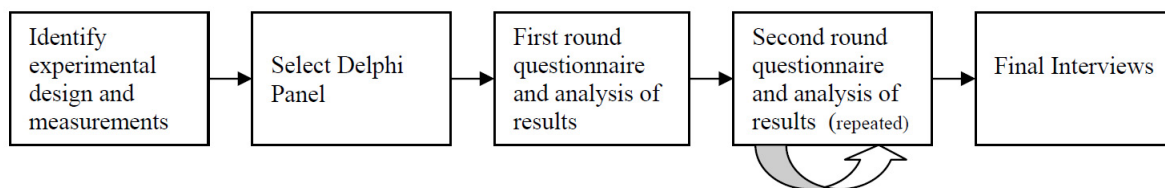


Figura 2 Esquema del método DELPHI. Tomado de (Nevo, 2003).

Ahora bien, como veremos, el despliegue estadístico e informático de los conjuntos concordantes no llega siempre a encontrar el máximo absoluto buscado y no sigue siempre un camino determinado. Aunque necesitamos avanzar resultados en este momento (resultados que se verán más adelante en esta investigación) tenemos que considerar que el método desarrollado en esta tesis se caracteriza por:

- a) En general, encuentra el conjunto concordante por aplicación de la fuerza de programación (cálculo exhaustivo), en una batería estándar de alumnos y de ítems.
- b) Existen casos de complejidad operacional alta en los que el tiempo de ejecución llevaría mucho tiempo. Estos casos se caracterizan por un número elevado de ítems y de individuos.
- c) Para estos casos de complejidad excesiva, el tiempo de ejecución requerido hace inviable el cálculo exhaustivo del primer método y lo razonable es recurrir a un método exploratorio iterativo que no garantiza el máximo absoluto pero sí máximos relativos próximos a él (con elevada probabilidad, salvo casos degenerados).

Con semejante desarrollo, nuestro método entra en el proceder típico del análisis cuantitativo de datos cualitativos, en particular del análisis textual. En la codificación y recodificación de textos se sigue un procedimiento iterativo que termina en un conjunto estable de códigos; dicho conjunto es el que finalmente se usa para la codificación definitiva que dará lugar a los conceptos y frecuencias de aparición, formando los datos que serán procesados estadísticamente. Según Gil Flores (Gil, 1994), la figura general que resume el esquema recursivo de la investigación es la siguiente:

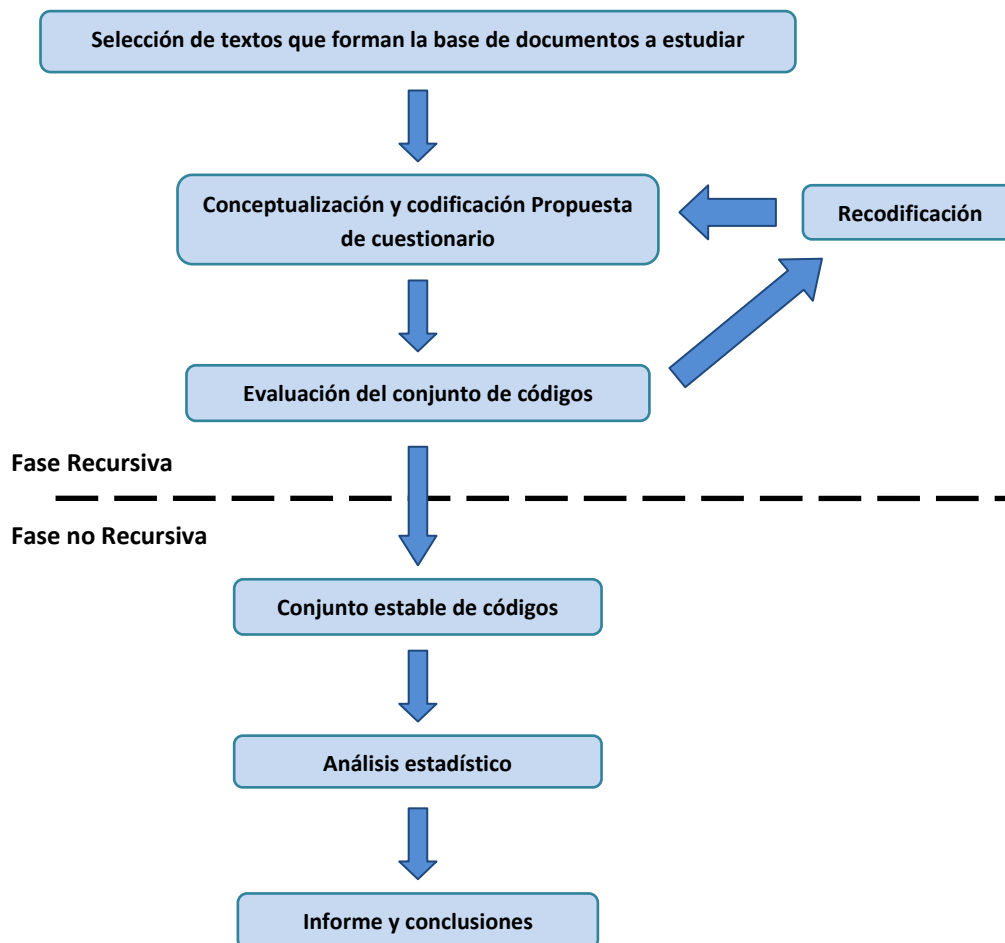


Figura 3 Esquema recursivo de investigación.

El matiz que diferencia la presente investigación del esquema del análisis cuantitativo de datos cualitativos es que en la metodología de los conjuntos concordantes no hay "recodificación". Es decir, no existe esta decisión, subjetiva al fin y al cabo, del investigador en la determinación de los códigos que van a aplicarse a la base de datos textual. Las decisiones que se toman en nuestra metodología los establecen criterios cuantitativos y, de hecho, tal es así que las realiza el software creado en la presente tesis. En todo caso, en las situaciones de complejidad extrema que hemos comentado, donde sí se dispone de un algoritmo exploratorio, hay cierta decisión del investigador, pero se trata de una decisión de "herramienta a aplicar", es decir, de optar por la fuerza del software o por una programación exploratoria, si bien ambas funcionan luego sin intervención de la voluntad del investigador.

Para resolver esta discusión, dado el carácter interdisciplinar de nuestro método, podemos enfocar la clasificación desde el punto de vista de las Ciencias Sociales y también desde la ingeniería del software.

Desde las Ciencias Sociales, dentro de las investigaciones no experimentales o ex post facto, J. Arnal, D. del Rincón y A. Latorre (Arnal, del Rincón, & Latorre, 1992) establecen tres tipos de métodos:

- a) Correlativo-causales
- b) Descriptivas
- c) Correlacionales

Los tres tipos tratan de explicar la realidad sin poder manipular las variables independientes e intervinientes, por lo que es normal que sus métodos tengan una parte de “ajuste” del modelo a la realidad. Eso significa que en este procedimiento de ajuste el investigador tome decisiones a menudo subjetivas pero que son válidas si le llevan a algún resultado. Pensemos, por ejemplo, en un análisis jerárquico de clústeres, donde el investigador puede elegir el número de clústeres a considerar según la etapa iterativa del algoritmo en que se detenga.

Dentro de este marco de investigaciones, dado la técnica empleada, no hay objeción a clasificar nuestra investigación dentro de los métodos correlacionales, si bien presenta un diseño evolucionado y fusionado con la fuerza de la programación informática. En rigor, se trataría de métodos metacorrelacionales, pues lo que hacen es iterar métodos correlacionales en función de los resultados obtenidos. Ahora bien, sin salir del grupo general, los mismos autores señalan que sobre estos métodos, por sus particularidades de tanteo, decisión y vuelta atrás, no hay unanimidad entre los investigadores a la hora de definir una clasificación:

“Para algunos autores el método correlacional no tiene entidad propia, y lo incluyen como una modalidad de la investigación descriptiva (Van Oalen y Meyet., 1983), o bien del método experimental (Mouly, 1978). Sin embargo, muchos autores (Bartolomé, 1978; Borg y Gall, 1983; De la Orden, 1985; García Hoz y Pérez Juste, 1984; Cohen y Manion, 1985, y Keeves, 1988) lo consideran con suficiente entidad propia como para configurar una categoría específica. En esta misma línea, y dado que el método correlacional va más allá de la mera descripción, generando con frecuencia estudios predictivos, parece oportuno considerarlos de forma diferenciada, ya que el método predictivo puede basarse en métodos descriptivos o en la ecuación de regresión. Por otro lado, la complejidad que encierran las técnicas derivadas del método correlacional aconsejan esta opción diferenciada.” (Arnal et al., 1992).

Por tanto, desde las Ciencias Sociales, se podría decir que el método de los conjuntos concordantes de Kendall es iterativo en su ejecución, pero no recursivo en su concepción, puesto que no redefine categorías ni hipótesis, sino que toma decisiones de manera programable.

Por otra parte, desde el punto de vista de la Ingeniería del Software, debemos notar que la recursividad, en realidad, no existe más que de manera formal. Es decir, los lenguajes que admiten recursividad no son más que lenguajes que tienen compiladores suficientemente

desarrollados para ejecutarla, sin dejar de basarse en algoritmos iterativos. Véase (Wirth, 1980).

Resuelta la cuestión de la interactividad, a manera de resumen, podemos decir sobre la presente investigación y su aportación:

- a) Despliega una metodología iterativa porque recoge la idea de aplicación reiterada de W de Kendall
- b) Se enmarca dentro de las investigaciones correlaciones de las metodologías *expostfacto*.
- c) Según los criterios de clasificación de la W de Kendall que hemos expuesto, se encuadra en el tipo “c”: investigaciones donde el juez es un *cliente* y la toma de datos es inconsciente.
- d) Consta de una parte algorítmica desarrollada *ad hoc* para la presente metodología
- e) Cierra las cuestiones abiertas planteadas años atrás en el Laboratorio de Aplicaciones Informáticas en la Educación (LAIE) de la UAB, sobre la metodología de los conjuntos concordantes y sus posibilidades. Amplía la aplicación de la metodología al aplicarla no a diseños experimentales y cuasi experimentales sino a diseños no experimentales.
- f) Abre un vasto campo de investigación aplicada al ofrecer, como veremos, esqueletos de dificultad para cualquier tipo de cuestionarios (pruebas de calificación, procesos de razonamiento, encuestas, estudios de opinión, etc.), es decir, no limitado al campo de la cognición en razonamiento abstracto como se había realizado en el LAIE.

2.6. Formulación del problema de investigación

A la vista de lo anterior sólo nos queda señalar que, tal como indicábamos en el capítulo 1, nuestra investigación es característica del tipo “investigaciones de doble vertiente”. Estas investigaciones, realizadas estos últimos años en nuestro centro, realizan una aportación a un problema académico de la formación superior más una innovación metodológica que pueda ser aplicada a otros campos de conocimiento.

El tema de las mesas de prácticas en que se basan asignaturas como medidas electrónicas o laboratorio de comunicaciones digitales, es de suma importancia para unas titulaciones tecnológicas en un centro como la Escuela Técnica Superior de Arquitectura e Ingeniería La Salle. Ello se debe a que su posicionamiento y su prestigio se basan en gran parte en una conjunción intensa entre teoría y práctica, tanto en las carreras de orientación tecnológica como empresarial o creativa.

Es más, puede decirse que este espíritu de formación altamente especializada y a la vez conectada con la realidad es lo que define al centro, pues como hemos visto, las mesas de prácticas se remontan al año 1965. En realidad, hay que reconocer que la forma de enseñar en la actualidad tiene mucho en común de la forma de enseñar con que se empezó en nuestro centro. Y, por otra parte, la docencia en estas carreras tecnológicas es la que ha guiado la

docencia, con sus correspondientes adaptaciones a las circunstancias, del amplio abanico de titulaciones de la oferta formativa del centro.

Una elaboración de esquemas de dificultad, al servicio de la mejora de las prácticas, junto con una innovación metodológica, van a ser los dos pilares de la presente investigación, aunque como ya se ha dicho, el peso de la metodología desarrollada será bastante superior a la propia aplicación a la asignatura de medidas electrónicas. Como veremos, la metodología que desarrollamos conjuga la potencia de los actuales paquetes de análisis estadístico con la posibilidad de enlazarlos con herramientas de programación informática, lo que supone un salto cualitativo respecto de la programación de lotes de órdenes estadísticas. Por tal motivo, podemos formular el problema de investigación de manera que recoja tanto la aportación para la mejora de la asignatura como la innovación metodológica (estadística + programación informática):

Problema de la investigación:

¿Se puede encontrar un método de combinación de pruebas estadísticas y programación informática que, suponiendo una aplicación extendida de la W de Kendall, identifique características, marque criterios y aporte datos para la mejora de actividades o procesos que pueden ser evaluados cuantitativamente?

¿Tendría aplicación para la modificación y producción futura de mesas de prácticas en la asignatura de medidas electrónicas?

2.6.1. Valoración del problema

Es habitual en la literatura sobre metodología de investigación aplicar los criterios que enumeran Arnal, Del Rincón y Latorre (Arnal et al., 1992) respecto al problema de investigación. Se trata de valorar si el problema de investigación cumple una serie de requisitos para que sea considerado como tal. Aplicando esta *check list* a nuestro caso, tenemos:

a) Real

Se impone que el problema parta de una situación percibida o sentida. En el caso que nos ocupa ya hemos señalado la línea de investigación sobre la docencia superior se inició en el centro hace ya siete años. Las mesas de prácticas son, por tanto, un tema que tarde o temprano iba a entrar en el conjunto de esta revisión docente-investigadora.

b) Factible

Se impone que el problema reúna las condiciones para ser estudiado, haciendo hincapié en el acceso del investigador a las informaciones y datos relevantes sobre el mismo. Precisamente nuestra investigación se beneficia de la esmerada recogida de datos en los exámenes sobre cada una de las mesas de prácticas y de la copiosa documentación de que se dispone sobre las mismas.

c) Relevante

La relevancia del problema, en este caso, se enmarca dentro de unas directrices del centro, por lo que parte de un consenso que ha recogido las inquietudes docentes de un colectivo de profesores y alumnos. Por otra parte, como hemos dicho, la metodología puesta en juego cerrará determinadas lagunas de investigaciones anteriores y, además, es aplicable a otros campos de investigación.

d) Resoluble

La condición de resolubilidad se refiere a la formulación y verificación de la hipótesis tentativa de solución. En nuestro caso el mismo enunciado del problema ya conlleva asociada una metodología que indica el camino a seguir para la verificación de la hipótesis.

e) Generador de conocimiento

Esta condición y la siguiente se refieren al impacto del problema en el devenir de la investigación científica en general. El problema que tratamos completa investigaciones anteriores y, como veremos a lo largo de la presente tesis, generará opciones metodológicas para el análisis estadístico de grandes grupos de ítems temáticos sometidos a revisión.

f) Generador de nuevos problemas

La presente investigación, al desarrollar la metodología iterativa de conjuntos concordantes de Kendall, sentará las bases para nuevos análisis de la docencia en el centro. Del mismo modo, ofrecerá nuevas herramientas aplicables a otras asignaturas y, en general, a otras disciplinas.

2.6.2. Cuestiones deontológicas del problema de investigación

Como curiosidad, hay que señalar que el siglo XX nos dejó grandes e impactantes experimentos sobre el comportamiento humano, sobretodo entre la década de los cuarenta y bien entrada la de los setenta. Pero, por otra parte, ello dio lugar a reflexiones necesarias sobre los límites de la investigación.

Es dudoso, por ejemplo, que el Experimento de la cárcel de Stanford (1971)⁴ y el Experimento de (Milgram, 1963) cumplieran los criterios deontológicos que se impusieron posteriormente a su realización. Dichos experimentos, sin embargo, no eran más que situaciones llevadas un poco más al extremo que otros diseños que les habían precedido en investigaciones psicológicas, donde los individuos eran observados sin saberlo y frecuentemente realizaban ejercicios desconociendo que el objeto de la investigación trataba sobre aspectos totalmente diferentes.

Al respecto la American Psychological Association realiza una labor de delimitación para la investigación con seres humanos. Periódicamente se publican boletines que sirven no sólo de guía para la psicología sino también de orientación para las demás ciencias sociales. En el caso de la investigación educativa, ya sea aplicada a la formación inicial como a la formación superior, se promueve que las investigaciones tengan una repercusión positiva siempre en los sujetos que participan en la investigación o son objeto de investigación. En este sentido, podemos recordar seis condiciones clásicas que se encuentran en (Fox & López, 1981):

- a) Información al sujeto sobre finalidad y uso de la investigación
- b) Conocimiento de la naturaleza de la investigación en el mayor grado que sea posible por parte de los sujetos
- c) Ausencia de efectos graves sobre los participantes
- d) Derecho a la confidencialidad
- e) No existencia de conductas en la investigación que no se obtuvieran en situaciones normales
- f) Máximo provecho por parte de los sujetos participantes de los resultados de la investigación

Por otra parte, la Agencia de Protección de Datos de nuestro país añade a estas normas restrictivas las propias derivadas de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre (BOE, 1999). Se trata de la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal, que recoge una serie de derechos fundamentales de los ciudadanos sobre los archivos que contienen información sobre ellos. Dicha ley, en particular, protege tanto el nombre de la persona como sus calificaciones académicas, puesto que son datos que en conjugación con otros podrían dar lugar a intromisión en la vida privada del individuo.

Si tenemos en cuenta las consideraciones precedentes, cabe preguntarse por el cumplimiento de los límites deontológicos en primer lugar y, en segundo, por los legales derivados del trabajo con archivos de datos personales. Debe tenerse presente que en el caso de nuestra investigación:

⁴ Este fue un famoso experimento de psicología social realizado en agosto de 1971 en California. En él, a un grupo de voluntarios se les atribuyeron aleatoriamente los roles de guardianes y presos en un centro penitenciario, lo que dio lugar a reacciones y conflictos que desembocaron en la conveniencia de abortar la experimentación a los seis días de empezada. Algunas reflexiones interesantes se pueden encontrar en (Zimbardo, Maslach, & Haney, 2000).

- a) Se ha trabajado con archivos de alumnos y notas de los mismos y
- b) Los alumnos objeto de estudio no han sido informados del objeto de la investigación

Por lo que se refiere al trabajo con archivos de notas de los alumnos para extraer conclusiones sobre el rendimiento, dado que es tradicional en la investigación educativa, y dado que no se hace difusión pública, no se incumple ninguna normativa legal. Es más, al respecto hay que señalar el consentimiento que dan los alumnos a la hora de matricularse se entiende en sentido amplio dentro del mundo académico. Para poner un ejemplo, recordemos que la resolución R/002244/2010 de 10 de febrero de 2010 de la Agencia de Protección de Datos autoriza a las universidades a publicar listados de notas de los alumnos en los pasillos de las mismas, sin que eso constituya una vulneración de ningún derecho del estudiante.

Por otra parte, en la investigación educativa y de las ciencias sociales en general, tienen una relevancia especial los diseños *expostfacto*. Tal como su nombre indica, se trata de investigación realizada *fuera* del fenómeno y con *posterioridad* a su aparición. Es obvio que en estos diseños no se puede informar a los sujetos del objeto de la investigación puesto que cuando se recogieron los datos que ahora son objeto de investigación no se tenía constancia ni de la existencia de la futura investigación.

En cuanto al beneficio de los sujetos participantes en la investigación hay que señalar que no es posible dado que son alumnos que, por lo general, ya no están en el centro. Es importante destacar, en cambio, la existencia de un *beneficio genérico*, es decir, de un beneficio inmediato para el tipo de alumno al cual representa la muestra. No hay duda que los futuros alumnos de prácticas se beneficiarán de la presente investigación, cosa habitual en la investigación educativa, donde el perfeccionamiento docente da por sentado que se logra porque se aprende de la experiencia anterior de cada centro.

Quizá se pueda discutir si una gran superficie, por poner un ejemplo, pudiera realizar todo tipo de pruebas con los datos de facturación de que dispone. Esto quiere decir que la gran superficie sabe los gustos de cada cliente, conoce sus tendencias y además le tiene identificado si paga habitualmente con tarjeta (cosa habitual en las familias que realizan compras semanales, pues el importe es elevado y no suele abonarse en efectivo). En consecuencia, es posible saber con mucha precisión el estado económico de una familia determinada estudiando la evolución de sus importes de compra y el detalle de los productos comprados. ¿Progresaría una demanda ante la Agencia de Protección de Datos por considerar que estas anotaciones, en conjunto, suponen una vulneración de derechos individuales? En el caso de las grandes superficies este problema jurídico se resuelve con las tarjetas de fidelización de clientes, puesto que supone una autorización explícita del usuario al uso de sus datos personales.

En todo caso el carácter de beneficio privado frente al de beneficio público distingue por completo este ejemplo del caso de la investigación educativa pero, además, como se ha visto, no es doctrina de la Agencia de Protección de Datos que las notas de rendimiento gocen de la misma calificación que otros datos de carácter personal.

Para terminar debemos señalar que las medidas de deontología de investigación educativa no hacen inviables los experimentos en que el sujeto no sabe el objeto de la investigación. De hecho, muchas investigaciones no podrían hacerse de no ser así. Los diseños consistentes en una aplicación informática oculta que recoge datos sobre los individuos mientras otra aplicación informática es usada por estos mismos individuos permiten el perfeccionamiento de los campus virtuales y de todo tipo de aplicaciones al servicio del ciudadano. En origen, el experimento pionero de Joseph D. Norman (Norman, 1982) consistía en la anotación informática de los errores de los individuos durante el uso de un procesador de textos. Ese registro oculto de errores permitía descubrir partes del programa que estaban mal diseñadas e inducían a los individuos a error. Entre la experiencia de Norman y los mecanismos de recogida de datos de los sistemas informáticos actuales puede decirse que hay un salto considerable, sin embargo la idea fundamental es la misma.

Capítulo 3.
Metodología 1:
Decisiones metodológicas y
tratamiento inicial de los datos

3. Metodología 1: Decisiones metodológicas y tratamiento inicial de los datos

3.1. Panorama de los archivos de datos fuente de la investigación

El fichero original es el empleado por los profesores para poner las notas de todo el curso, tanto de la evaluación continuada como de los exámenes semestrales, recuperación del primer semestre, junio y setiembre. Se han tomado como cursos de estudio el 2008-09 y el 2009-2010, por ser cursos que cumplen las siguientes condiciones:

- a) Datos bastante numerosos, en cursos anteriores había más matriculados y en posteriores menos, pero se trata de no trabajar con datos demasiado antiguos.
- b) Combinaciones de evaluaciones continuada y con exámenes.
- c) Mesas consolidadas, como ya comentamos en el capítulo anterior son dos cursos sin cambios muy significativos de uno al otro.
- d) Mesas realizadas y seleccionadas después de diversas revisiones importantes de su diseño.

Se han excluido las notas correspondientes a la evaluación continuada, dado que en ella cada alumno solamente se examina de la práctica que ha realizado esa misma semana, a diferencia de los demás exámenes en que siempre es de un grupo de prácticas que, en función de los resultados obtenidos en la evaluación continuada y en los exámenes semestrales, estará normalmente entre 6 y 20.

El límite máximo de 20, corresponderá a alumnos que hayan suspendido los dos exámenes parciales y se presenten a la convocatoria extraordinaria de setiembre o de febrero, si son repetidores y les queda un máximo de dos asignaturas para finalizar la carrera. A esta segunda opción se acoge un número de alumnos muy pequeño, en los cursos sometidos a este estudio en el 2008-2009 hubo 3 casos (2,34%) y en el 2009-2010, 4 (3,84%).

El mínimo de 6 es una estimación. Examinarse de menos quiere decir que el alumno en cuestión ha aprobado cinco o más prácticas en la evaluación continuada y por los motivos ya expuestos del funcionamiento de la asignatura es relativamente poco probable. Concretamente durante el curso 2008-2009 hubo en el primer parcial 4 alumnos que consiguieron aprobar 5 prácticas en la evaluación continuada (3,12%) y en el segundo parcial 1 (0,78%). En el curso 2009-2010, en el primer parcial ningún alumno llegó a las 5 prácticas (0%) y en el segundo parcial hubo 6 (5,77%), 4 que aprobaron 5 prácticas (4,8%) y 2 que llegaron a aprobar 6 (1,92%).

Como ya comentamos, La práctica 20 se descartó de este estudio por haber sufrido diversas incidencias, que supusieron intervalos de tiempo de varias semanas sin funcionar correctamente a lo largo de los dos cursos. Básicamente fueron debidos a algunas averías combinadas con retrasos en los plazos de entrega del proveedor de alguno de los instrumentos

utilizados en la práctica. Como resultado de estos problemas sucede que, en comparación con las otras prácticas, el número de alumnos examinados de esta es mucho menor.

Se muestra la estructura del fichero original en las siguientes páginas, desde la Tabla 1 a la Tabla 8.

En el caso del alumno que hemos escogido de ejemplo, las notas que entrarían a formar parte de nuestro estudio serían las obtenidas en cada una de las prácticas del examen del primer semestre y del segundo semestre (Tabla 2 y Tabla 4, notas marcadas en verde). Dado que aprobó los dos exámenes, no necesita presentarse ni en la recuperación del primer parcial ni en la convocatoria de setiembre.

En caso de suspender uno de los semestres y se presentara a la recuperación del primer parcial o la de setiembre, entonces se hubiesen incorporado las notas correspondientes de cada práctica en esos exámenes.

A partir de este fichero generamos otro que contenga exclusivamente la información seleccionada: Título que cursa el alumno (SE, Sistemas Electrónicos; ST, Sistemas de telecomunicaciones; TL, Telemática) y la nota en cada una de las prácticas de que se ha examinado. Cada fila corresponde a los resultados obtenidos por un determinado alumno. Si la celda está en blanco simplemente significa que no se ha examinado de esa práctica. Se muestra en la Tabla 7.

Para algunos de los estudios realizados utilizamos directamente este fichero con el SSPS, por ejemplo para la estadística descriptiva básica y ANOVAS. Para los cálculos de correlaciones basados en Kendall se hace necesario sustituir las celdas vacías por el promedio de las notas que han sacado los alumnos que sí se han presentado a esas prácticas. La asignación de medias en los datos correspondientes a las mesas no evaluadas no provoca cruzamientos extra ni anula los existentes, por lo que no altera el coeficiente de Kendall, sin embargo, esta cuestión se expondrá con más detalle en el apartado de decisiones metodológicas de este mismo capítulo.

MESURES 2008-2009. Avaluació continuada i notes exàmens																													
Avaluació continuada 1r semestre																													
Número de Taula																													
Nom	Cognom 1	Cognom 2	Exp.	Tipus	Títol	1a Taula	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Cops Pres.	Nota AC 1r Par.	Pon. AC 1r Par.
Xxxx	Xxxx	Xxxx	stxx	R	ST	2			7		8	8					7										4	7,3	40,0%

Tabla 1 Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación continua 1r semestre.

Notes examen 1r semestre																			
1a Prac. Examen				2a Prac. Examen				3a Prac. Examen				4a Prac. Examen							
nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	Fac. exp.	Nota Ex 1r Par.	Pon. Ex 1r Par.	Nota 1r Par.
2	5,5	6,5	6	4	7	7	7	8	8	8,5	8,25					6	7,08	60,0%	7,2

Tabla 2 Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen del 1r semestre

Avaluació continuada 2n semestre																						
Número de Taula																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Cops Pres.	Nota AC 2n Par.	Pon. AC 2n Par.
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	-	9		-	-	-	-	-	3	7,8	30,0%

Tabla 3 Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación continua 2º semestre.

1a Prac. Examen				2a Prac. Examen				3a Prac. Examen				4a Prac. Examen							
nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	Fac. exp.	Nota Ex 2n Par.	Pon. Ex 2n Par.	Nota 2n Par.
13	4	6	5	15	2	3	2,5	16	6,5	7	6,75	18	8	9	8,5	8	5,69	70%	6,3
																		100%	NP

Tabla 4 Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen del 2º semestre

Notes Examen Recuperació 1r semestre																		
1a Prac. Examen				2a Prac. Examen				3a Prac. Examen				4a Prac. Examen						
nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	Fac. exp.	Nota R 1r Par.	Nota JUNY
																		6,76

Tabla 5 Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen de recuperación del 1r semestre

Notes examen Setembre																	
1a Prac. Examen				2a Prac. Examen				3a Prac. Examen				4a Prac. Examen					
nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	nºP	Teo.	Pra.	Nota P.	Fac. exp.	Nota Setembre

Tabla 6 Fichero original de datos empleado por los profesores de la asignatura, Parte de la evaluación del examen de setiembre

Títol	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
ST				6,5	7	6												6,5	
SE	9		7				3	9											
ST				4,5	5,5	7,5	1				4,5			9					2,5
ST		2,5	1	2				1		4	3	3	9	4,5	6,5			4,5	

Tabla 7 Ejemplo de fichero generado con los datos seleccionados. Cada fila corresponde a un alumno.

Títol	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
TL	5,5	5,4	5	4,9	6,4	4,5	5,6	6,7	6	6,4	5,4	5,4	6	6,2	5,9	4,9	6	6,5	5,4
SE	9	5,4	7	4,9	6,4	5,3	3	9	6,3	6,4	5,4	5,4	6,2	6,2	5,9	4,9	6	5,4	5,4
ST	5,5	5,4	5	4,9	6,4	5,3	5,6	6,7	6,3	6,4	5,4	5,4	4,5	6,2	5,9	5,5	6	5,4	5,4
ST	5,5	2,5	1	2	6,4	5,3	5,6	1	6,3	4	3	3	9	4,5	6,5	4,9	6	4,5	5,4

Tabla 8 Fichero con las celdas vacías rellenas con la nota promedio.

Ordenamos el fichero resultante por titulaciones, y generamos 4 ficheros:

- Titulación SE
- Titulación ST
- Titulación TL
- Todas las titulaciones juntas (TOT).

Estos ficheros se guardan en dos formatos, uno el propio de Excel y el otro en formato texto UNICODE. Éste último es la entrada del programa que se ha realizado para los cálculos relacionados con el coeficiente de correlación de Kendall.

Inicialmente este acondicionamiento de los datos se realizaba de forma bastante manual utilizando las herramientas básicas del programa Microsoft Excel y también se programaron algunas aplicaciones mediante Visual Basic 6, que permitían atacar desde fuera los ficheros de datos Excel. Después se programaron las funciones necesarias para automatizar el proceso mediante Visual Basic en el entorno de programación Visual Studio 10 y que integraba todo el proceso a partir del fichero de notas del profesor (Tabla 8).

3.2. Dificultades de la programación de software para la adecuación del formato de datos con Visual Basic 6

Para realizar el procedimiento descrito anteriormente se optó inicialmente por atacar desde fuera el archivo Excel mediante Visual Basic 6. Es decir, se programó una aplicación para pasar de los datos tal y como los elaboran los profesores (y que serían difíciles de tratar directamente) a un formato donde pudiera ser aplicado el coeficiente de correlación W de Kendall.

El problema del asalto externo a archivos Excel desde Visual Basic 6 es que, siguiendo la documentación abundante y coincidente en la red, el archivo Excel no se cierra correctamente a menos que se cierre la aplicación que lo asalta. Esta deficiencia, corregida en las siguientes versiones, hizo que para posteriores programaciones de esta investigación se usara la versión 2010 de Visual Studio y se optó por no continuar la programación en Visual Basic 6.

No obstante haremos una breve descripción del software desarrollado con Visual Basic 6 por haber sido de gran utilidad en la primera fase de esta tesis.

Dada la referida limitación de una sola apertura la solución fue encadenar tres aplicaciones que siguieran el siguiente procedimiento:

- a) Distribuir las notas en prácticas por alumno.
- b) Preparar el archivo Excel para el cálculo de las medias (necesarias para las casillas en blanco, como se ha apuntado en el capítulo 2).
- c) Rellenar los blancos con las medias, obteniendo un archivo listo para la explotación con la W de Kendall.

Describimos brevemente cada uno de estos pasos en los tres apartados siguientes.

Distribuir las notas en prácticas por alumno

El archivo Excel de partida tenía el nombre:

[código de especialidad]-2009exp-alumno-práctica-notaNET.xls

Por ejemplo, ST-2009exp-alumno-práctica-notaNET.xls correspondería a alumnos de Sistemas de telecomunicaciones, año 2009, con el expediente académico como identificador, y los datos alumno-práctica-nota en cada línea. La partícula NET indicaba que el archivo había sido limpiado de aquellos alumnos que no se habían presentado a ninguna práctica, es decir, tenían todas sus notas en blanco.

Dado que había alumnos que no se habían presentado a determinadas prácticas, sus casillas en blanco fueron puestas a -1, para distinguir estos “no presentados” de las notas 0. De no haberlo hecho así, el Excel hubiera confundido blancos con ceros. El final de archivo se marcó simplemente con un -2 en la casilla correspondiente a la primera práctica, en la primera fila vacía, es decir, donde ya no había más alumnos.

La aplicación any2knedall.vbp abría este archivo Excel y añadía debajo de los datos una segunda tabla que contenía los alumnos en columna, y en cada fila las notas de las prácticas (de la fila 1 a la fila 19, correspondiendo cada fila a una mesa de prácticas).

Preparar el archivo Excel para el cálculo de las medias

Con el nuevo formato de datos conseguido en el paso anterior, ya se pueden dar los últimos toques a la que será la definitiva tabla de datos en Excel:

- a) Suprimimos los códigos identificativos de alumnos (necesarios sólo para controlar errores en los pasos intermedios). Ahora el archivo Excel contiene tantas columnas como alumnos y 19 filas correspondientes a las mesas de prácticas. Rellenamos con -1 los blancos.
- b) Colocamos un -2 a la casilla A20 para indicar que es la última fila (el software se hizo pensándolo para aplicar a un número indeterminado de mesas de prácticas).
- c) Igualmente marcamos el fin por la derecha (columna del último alumno) con un -2 en la columna siguiente.
- d) Guardamos el archivo con el nombre [código de especialidad]-2009kendallNET.xls (ejemplo: ST-2009kendallNET.xls).

Rellenar los blancos con las medias

La aplicación kendallmitjanes.vb calcula la media de cada mesa de prácticas (fila), su desviación y el número de veces que aparece. Estos resultados se colocan en las columnas de más a la derecha, después de la que marca -2.

Posteriormente se ejecuta la aplicación kendalltreumenys1.vbp que toma todos los -1 del archivo Excel (casillas sin nota) i coloca en ellos la media aritmética correspondiente a cada mesa de prácticas (que se ha guardado en cada fila del archivo).

El resultado se guarda con el mismo nombre que en el paso anterior.

Observaciones sobre el software con Visual Basic 6

Tal como se ha indicado, este procedimiento se tuvo que llevar a cabo debido a las limitaciones de una sola apertura del Visual Basic 6 siguiendo la documentación estándar. Una buena referencia de programación para Excel es el libro “Excel 2010 Programación con VBA” (Walkenbach, 2011). Aunque el libro utilice Visual Basic para Aplicaciones (VBA), sigue siendo muy útil.

Una vez se tuvo los datos en el formato adecuado, se hicieron las primeras tentativas con el paquete estadístico SPSS. Básicamente sirvieron para comprobar que no sería útil para nuestros propósitos y concretar las especificaciones del software que se debería diseñar e implementar. Software que se desarrolló a lo largo de esta tesis y que se describe en el capítulo 4.

Por otra parte, tal como se ha indicado, se rellenaron los datos *missing* de las mesas donde no había sido evaluado un alumno con las medias aritméticas de dichas mesas de prácticas. Esta decisión y otros detalles metodológicos se comentan en el apartado siguiente.

3.3. Decisiones metodológico-técnicas para la presente investigación

En el capítulo 2 hemos explicado la metodología de la presente investigación y su alineamiento con la investigación cualitativa y cuantitativa. Hemos visto que el investigador toma una serie de decisiones en el ámbito epistemológico (al definir su metodología de investigación) y en el ámbito iterativo/recursivo (al orientarla en un sentido u otro según sugieran los resultados parciales).

Además de las anteriores, existen decisiones de tipo metodológico-técnico que hacen referencia a selección de datos, definición de variables, restricciones en el análisis de variables, truncamiento de valores, tratamiento de los datos desconocidos, uso de determinados estadísticos, etc. En la presente tesis se ha obrado de manera estándar dentro de lo que son los diseños cuantitativos de la investigación en Ciencias Sociales, y en este apartado comentaremos las decisiones más relevantes, a saber:

a) Validación de supuestos de la investigación

En los capítulos introductorios se han dado por sentados una serie de supuestos sobre las mesas de prácticas que ahora se someten a validación estadística. Los más importantes son que las prácticas no siguen ningún orden creciente o decreciente de dificultad y que las notas de teoría y práctica son muy semejantes, por lo que podemos realizar los análisis con sólo una de ellas.

b) Datos *missing* para las mesas de prácticas no evaluadas

Tal como se ha indicado, se procede a rellenar los datos en blanco de los individuos con las medias obtenidas por el conjunto de estudiantes en cada mesa de prácticas. Si bien este procedimiento es estándar, se justifica en el contexto de la investigación y se avala la decisión con el cálculo de los coeficientes de variación de Pearson, que resultan ser pequeños.

c) Elección del coeficiente de concordancia W de Kendall

Se expone el porqué de la elección del Coeficiente W de Kendall frente al estadístico de Friedman y también cómo se ha tratado el tema de las ligas (empates en la clasificación) en el cálculo de los coeficientes de correlación.

3.3.1. Validación de supuestos de la investigación

Fuera del procedimiento expuesto anteriormente se realizaron diversas pruebas sobre las mesas de prácticas para confirmar las afirmaciones sobre su estructura realizadas en el capítulo 1.

Las prácticas no se diseñaron unas a partir de las otras complicando la dificultad, como se hace por ejemplo en ejercicios de programación informática o de análisis de circuitos. Se buscó, en cambio, un abanico de situaciones inspirada en la realidad.

A pesar de esta intención manifiesta, al trabajar en ellas diversos profesores realizando actualizaciones, correcciones o memorias totalmente nuevas, hubiera podido suceder que algún miembro del equipo docente interpretara que las mesas debían obedecer a una secuenciación de complejidad creciente (por un fallo de comunicación). Incluso eliminando la posibilidad de un error en el equipo docente debido a su organización, se podría dar el caso de que inconscientemente se hubiera tendido a complicar las mesas de prácticas que se fueran diseñando, o bien que se asociaran en orden a temas de complejidad creciente, con el consiguiente aumento de dificultad de la práctica.

Para estar seguros de que no existen tales patologías, una simple prueba de correlación entre el número de la práctica y la nota obtenida por los alumnos, será reveladora. La hacemos con el grupo de todos los alumnos del curso 2009. Podemos observar que, en consonancia con la exposición del capítulo uno, la correlación resulta cercana a cero:

Correlations

		NTAULA	NOTGLOB
NTAULA	Pearson Correlation	1	-,062
	Sig. (2-tailed)		,313
	N	265	264
NOTGLOB	Pearson Correlation	-,062	1
	Sig. (2-tailed)	,313	
	N	264	264

Tabla 9 Correlación entre el nº de mesa (práctica) y la nota obtenida por los alumnos.

Podemos concluir que hay mesas más fáciles que otras, pero en general no se puede decir que los valores de numeración baja de práctica, correspondan a las más fáciles o introductorias y los altos correspondan a los que profundicen más. La dificultad de las mesas y su orden no correlacionan. Aunque el coeficiente de Pearson mida solamente la posible relación lineal entre las dos variables (NTAULA corresponde al número de mesa, y NOTGLOB a la nota media obtenida por el conjunto de los alumnos para cada mesa), no creemos necesario investigar otras posibles correlaciones.

Por otra parte, dado que de cada mesa de prácticas tenemos una nota de la parte práctica y otra de teoría, y se utilizó la media aritmética de las dos, hacía falta justificar que se optaba por la media y no por la nota de teoría o la de práctica, o incluso un estudio separado para cada una de ellas. Tendríamos ciertas dificultades metodológicas si existiera disparidad entre ambas puntuaciones. Para defender la validez de tal decisión, se calculó la correlación entre ambas notas, resultando ser alta. De nuevo el cálculo se realiza con el grupo "TOT" del curso 2009:

Correlations

		NOTPRAC	NOTTEO
NOTPRAC	Pearson Correlation	1	,879(**)
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	190	190
NOTTEO	Pearson Correlation	,879(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	190	190

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabla 10 Correlación entre la nota de práctica y la nota de teoría.

Por tanto, la alta correlación entre la nota de práctica y la de teoría en las mesas de prácticas, indica que:

- a) La relación entre los contenidos de teoría y práctica que se exigen al alumno en el examen es fuerte (o sabe las dos, o no sabe ninguna).
- b) En algunos alumnos una nota compensa a la otra (una aprobada y otra suspendida) pero eso pasa muy pocas veces, ya que en general las notas casi coinciden.

Concluimos pues, que la decisión de optar por la nota media es acertada.

3.3.2. Datos missing para las mesas de prácticas no evaluadas

El modelo original de iteraciones correlacionales que hemos expuesto se realizó en una muestra de individuos que ejecutaron la totalidad de un conjunto de pruebas. En todo caso, algunos individuos dejaron alguna prueba sin realizar, lo que causó que fueran excluidos del estudio o bien, en alguna ocasión, se asignara la puntuación media de la prueba a los individuos sin puntuación en aquella prueba.

En la asignatura objeto de estudio tenemos el problema de que las mesas de prácticas no son realizadas por todos los individuos. Es decir, a cada individuo se le asigna al azar sólo una parte

de las mesas y se le califica a partir de las notas obtenidas, aunque evidentemente el alumno haya estudiado la totalidad de las mesas a lo largo de la asignatura.

Si se obrara con el criterio de eliminar a un individuo que le faltara una puntuación en una mesa, nos quedaríamos sin datos suficientes. En realidad, cada individuo tiene cierta cantidad de mesas de las que no ha realizado un examen. En una situación de este tipo, el investigador que quiera realizar la metodología de las iteraciones correlaciones, dispone de dos opciones:

- a) Adscribirse a un método matemático diferente en el que las puntuaciones sean una muestra de la población de las mesas y, a partir de él, construir un sistema (justificado) de iteraciones.
- b) Tomar la decisión estadística habitual de asignar la media de puntuaciones. Es decir, en una prueba donde un individuo no tenga puntuación se le asignará la puntuación media del colectivo en aquella prueba.

La opción a) es ciertamente complicada desde el punto de vista matemático, y sería objeto de otro estudio. La opción b), en cambio, puede aplicarse cuando el número de puntuaciones ausentes sea reducido o bien cuando las medias tengan un alto valor representativo de las puntuaciones.

En nuestro caso todo podría indicar la viabilidad de la opción b), puesto que había una práctica unanimidad entre estudiantes y profesores en calificar a unas mesas de prácticas como más difíciles que las otras. Ahora bien, para justificar la decisión metodológica de la asignación de puntuaciones medias se debe realizar el cálculo del Coeficiente de Variación de Pearson de las mismas, a fin de pronunciarse sobre esta opinión general de estudiantes y profesores.

El Coeficiente de Variación de Pearson es el cociente entre la desviación típica de una variable y su media aritmética. A efectos de asignar la media de puntuaciones en las casillas en blanco se asume que el azar compensa la variabilidad. Sin embargo, a la hora de realizar las asignaciones de medias, nunca está de más adjuntar la tabla de coeficientes de variación de Pearson para mostrar que la varianza está controlada. En nuestro caso, como puede verse en este resumen de medias, desviaciones típicas y coeficientes de variación para cada mesa de prácticas, los valores del CV son pequeños o tolerables y tan solo hay dos casos de 19 que pasa de 0,6, uno en cada curso.

Se muestra el resultado para el grupo "TOT" para los dos cursos sometidos a estudio:

Mesa Nº	Curso 2008-2009			Curso 2009-2010		
	Media	Desviación	CV	Media	Desviación	CV
1	5,500	3,141	0,571	8,385	1,456	0,174
2	5,364	3,034	0,566	6,812	2,098	0,308
3	5,000	2,552	0,510	6,228	3,032	0,487
4	4,860	2,493	0,513	5,201	2,539	0,488
5	6,370	2,693	0,423	6,426	2,929	0,456
6	5,310	3,226	0,608	5,581	2,696	0,483

Mesa Nº	Curso 2008-2009			Curso 2009-2010		
	Media	Desviación	CV	Media	Desviación	CV
7	5,575	2,480	0,445	5,816	2,855	0,491
8	6,679	2,925	0,438	6,043	2,710	0,448
9	6,283	2,002	0,319	5,558	3,571	0,642
10	6,420	2,860	0,446	5,717	2,685	0,470
11	5,379	2,887	0,537	6,655	2,040	0,307
12	5,360	2,365	0,441	5,921	2,759	0,466
13	6,162	2,754	0,447	7,078	2,797	0,395
14	6,155	2,436	0,396	6,082	2,197	0,361
15	5,919	2,899	0,490	5,909	2,898	0,490
16	4,907	2,345	0,478	5,110	2,707	0,530
17	6,044	1,884	0,312	6,828	1,976	0,289
18	5,380	2,956	0,549	5,558	2,339	0,421
19	5,412	2,918	0,539	7,328	2,435	0,332

Tabla 11 Media aritmética, desviación típica y coeficiente de variación de Pearson, de las notas de cada práctica para los cursos 2008-2009 y 2009-2010.

Puede afirmarse, por tanto, que la “percepción popular” (estudiantes y profesores) sobre las mesas de prácticas es cierta, dada la poca variabilidad de las puntuaciones para cada mesa. Y, por lo que se refiere a nuestra investigación, es correcto metodológicamente asignar la media de puntuaciones a los estudiantes que tengan mesas de prácticas no realizadas.

3.3.3. Elección del coeficiente de concordancia W de Kendall

Para terminar el apartado de discusiones metodológicas vamos a realizar algunas observaciones sobre el coeficiente W de Kendall que hemos usado como base en nuestra investigación. Son las siguientes:

- a) El Coeficiente W de Kendall frente al estadístico de Friedman
- b) La cuestión de las ligas (empates) en el cálculo de coeficientes correlacionales

El Coeficiente W de Kendall frente al estadístico de Friedman χ_r^2

Puede llamar la atención en esta investigación el uso del coeficiente W de Kendall en vez del estadístico de Friedman, dado que el SPSS presenta el segundo como primera opción a la hora de estudiar mediante pruebas no paramétricas K muestras relacionadas.

En realidad, el estadístico de Friedman es más completo que la W de Kendall porque permite un uso alternativo a la F del análisis de varianza y no exige los supuestos de ese último (Pardo & Ruiz, 2005). Ahora bien, para el caso que nos ocupa, dado que sólo queremos escudriñar la similitud entre ordenaciones, el coeficiente W de Kendall y el estadístico de Friedman son equivalentes:

De hecho, el coeficiente \hat{W} de Kendall y el estadístico χ_r^2 de Friedman son aplicables al mismo tipo de situaciones. Mantener la hipótesis de que las distribuciones poblacionales son idénticas dentro de cada sujeto o bloque utilizando el estadístico de Friedman es exactamente la misma cosa que mantener mediante el coeficiente de concordancia de Kendall la hipótesis de que las sumas de los J rangos asignados a cada sujeto u objeto (los totales R_i) son iguales. Es decir, mantener la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales es exactamente lo mismo que mantener la hipótesis nula de ausencia de concordancia.

(Pardo & Ruiz, 2005)

Autores como (Sheskin, 2007), explican con algo más de detenimiento, que las dos pruebas se basan en el mismo modelo matemático y que se puede establecer una relación de cálculo entre las dos:

$$\chi_r^2 = m(n - 1)W$$

Destacando el hecho que se consideran pruebas equivalentes. Otros simplemente se limitan a constatar la equivalencia mostrando la ecuación que las relaciona (Álvarez, 2007).

Dado que el estudio pionero sobre iteraciones correlacionales usó el coeficiente W de Kendall y, dada su amplia difusión en los programas universitarios de las titulaciones en ciencias sociales, se optó por usarlo en la presente investigación. De hecho, el método de iteraciones correlacionales que aquí se trata puede resolver muchos problemas en el área de ciencias sociales, por lo que se decidió usar un coeficiente de mayor familiaridad y simplicidad conceptual (a la hora de ser explicado) que el estadístico de Friedman.

Téngase en cuenta que en prácticamente todas las titulaciones de Ciencias Sociales se trata el tema de la correlación, por lo que los investigadores de la mayoría de disciplinas están sobradamente familiarizados con el concepto. En cambio, las pruebas estadísticas de análisis de la varianza, u otras comparaciones de medias más complejas, son de uso más restringido. Los diseños de análisis de varianza factoriales (pocos factores y vigilancia extrema de la interacción) son muy típicos, por ejemplo, de la biología y ciencias afines, en cambio, estos diseños también ANOVA pero con muchas variables son más frecuentes, por ejemplo, en psicología. De este modo, el desarrollo conceptual de la W de Kendall a partir de la idea de correlación es fácilmente asumible por la comunidad de investigadores ajenos a un proyecto y, en cambio, tratar el estadístico de Friedman requiere más esfuerzo puesto que nos remite al Análisis de la Varianza.

El cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall y la cuestión de la influencia de las ligas en el resultado.

Una consecuencia de la asignación de medias en las notas ausentes es la aparición de cantidades repetidas en nuestras tablas de datos. Si tenemos en cuenta que un alumno realiza normalmente alrededor de la mitad de las mesas (entre 8 y 10 de un total de 19) vemos que para cada fila de puntuaciones de alumno hay unos 10 datos asignados (es decir, iguales a la media del colectivo para aquella mesa).

Por una parte hemos expuesto que con unos Coeficientes de Variación de Pearson tan bajos eso no supone ningún problema. Además, caso de hacer una estimación de las notas de los alumnos mediante métodos inferenciales, debería tenerse en cuenta que la población son 19 mesas y, por tanto, una muestra de entre 8 y 10 notas supone alrededor del 50% de la población en tamaño. Es decir, la sustitución de la nota ausente por la media es una decisión metodológicamente indiscutible, ahora bien, nos arroja una cuestión que puede preocuparnos a la hora de aplicar la W de Kendall: ¿Habrán un número excesivo de ligas (empates entre puntuaciones) que haga inaplicable dicho coeficiente en nuestro estudio?

Por fortuna, al aplicar el coeficiente W de Kendall, los empates se calculan por filas, es decir, los *jueces* de nuestra prueba son los estudiantes y *la cosa juzgada* las mesas de prácticas. Esto implica, a efectos operativos, que si bien una columna de datos (notas de una práctica) puede tener unas 10 casillas con la misma puntuación (asignación de la media) no aparecerá tal cantidad de ligas al mirar la matriz de datos por filas. Eso nos reduce las ligas a un número pequeño, que no impide la realización de la prueba. Además, como veremos más adelante en este mismo capítulo, utilizaremos la expresión de cálculo que contempla la existencia de empates y aplica una corrección.

Dado que la programación para el cálculo de la W de Kendall se ha hecho en el marco de esta investigación (para poderla incluir como módulo en otra programación más general que realizara las combinaciones e iteraciones) no era un trabajo demasiado arduo incluir las W corregidas para cada caso. De hecho utilizaremos siempre el valor de W con la corrección por empates, para la que utilizaremos la notación de W_c .

Para la programación del cálculo del coeficiente de correlación W de Kendall, con y sin empates o ligas, hemos utilizado la nomenclatura¹ y fórmulas de un conocido libro de consulta de procedimientos estadísticos: David J. Sheskin “Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures” en su cuarta edición (Sheskin, 2007).

Explicamos inicialmente el cálculo del valor de W de Kendall sin considerar los empates.

En nuestro caso los datos quedan organizados en una matriz donde los “jueces” son los alumnos y corresponden a las filas. Al número de alumnos le asignaremos la letra m . Las cosas o elementos juzgados están en columnas y corresponde a las mesas de prácticas. Al número de mesas que utilizemos para un cálculo determinado le denominaremos n .

Para facilitar la comprensión construiremos la fórmula de cálculo a partir de un ejemplo con pocos datos. Si tenemos los datos ya preparados, es decir las notas convertidas en rangos obtendríamos una tabla como la siguiente:

¹ Por comodidad y porqué también es una notación habitual, utilizaremos W y no \tilde{W} como hace el autor referenciado.

Mesas de prácticas							
	Práctica 1	Práctica 2	Práctica 3	Práctica 4	Práctica 5	Práctica 6	Suma Total
Alumno 1	3	2	1	4	6	5	
Alumno 2	3	2	1	6	4	5	
Alumno 3	4	2	1	5	6	3	
Alumno 4	4	3	1	5	6	2	
$\sum R_j$	14	9	4	20	22	15	T= 84
$(\sum R_j)^2$	196	81	16	400	484	225	U= 1402

Tabla 12 Datos para ejemplo de cálculo de la W de Kendall sin empates.

En cada columna obtenemos la suma de los valores de todos los rangos de cada práctica (R_j) y también de su cuadrado.

Denominamos T , a la suma de todos los $\sum R_j$, y U , a la suma de todos los $(\sum R_j)^2$.

Se calculan por tanto mediante las fórmulas:

$$T = \sum_{j=1}^n (\sum R_j) \qquad U = \sum_{j=1}^n (\sum R_j)^2$$

En nuestro ejemplo $T= 84$ y $U = 1402$.

El coeficiente de concordancia de Kendall (W) es el cociente entre la varianza de los valores de la suma de rangos y la máxima varianza de esa suma de rangos para los valores pertinentes de m y n .

Para calcular la varianza (S) de $\sum R_j$, es decir el numerador del mencionado cociente aplicamos la fórmula:

$$S = \frac{nU - (T)^2}{n}$$

En nuestro ejemplo $S=226,0$.

El denominador solamente tendrá el mismo valor que la varianza (numerador) en el caso de que todos los “jueces” coincidan exactamente en sus valoraciones, lo que sería un acuerdo perfecto y supondría que el valor de W sería igual a 1.

La fórmula para calcular la W de Kendall resulta:

$$W = \frac{S}{\frac{m^2 n (n^2 - 1)}{12}}$$

Si no necesitamos conocer el valor de la varianza (S), se puede expresar W con una fórmula que permite un cálculo un poco más rápido, y de hecho es la que hemos utilizado en nuestro programa para el cálculo de W :

$$W = \frac{12U - 3m^2n(n + 1)^2}{m^2n(n^2 - 1)}$$

Para nuestro ejemplo el resultado es de $W=0.807$

Como ya se ha comentado, en caso de que nuestro conjunto de datos presente un número de empates significativo, se aconseja utilizar una ecuación que corrija el efecto que puede introducir este hecho. A menos que sea un caso muy exagerado en que tengamos muchos empates, solamente obtendremos un pequeño incremento en el valor de W .

La expresión del coeficiente de concordancia de Kendall con corrección de empates (W_c) es la siguiente:

$$W_c = \frac{12U - 3m^2n(n + 1)^2}{m^2n(n^2 - 1) - m \sum_{i=1}^m [\sum_{a=1}^s (t_a^3 - t_a)]}$$

Donde:

- s : Número de conjuntos (*sets*) de empates en una fila (valoraciones de un juez para los distintos elementos juzgados, en nuestro caso un alumno y las mesas de prácticas).
- t_a : Número de empates en cada set.

Si cogemos el ejemplo anterior y modificamos los rangos para que haya empates, podemos hacer un nuevo ejemplo que los contemple:

Mesas de prácticas							
	Práctica 1	Práctica 2	Práctica 3	Práctica 4	Práctica 5	Práctica 6	Suma Total
Alumno 1	3	2	1	4	6	5	
Alumno 2	3	2	1	5	5	5	
Alumno 3	4	2	1	5	6	3	
Alumno 4	3,5	3,5	1	5,5	5,5	2	
$\sum R_j$	13,5	9,5	4	19,5	22,5	15	T= 84
$(\sum R_j)^2$	182,25	90,25	16	380,25	506,25	225	U= 1400

Tabla 13 Datos para ejemplo de cálculo de la W de Kendall con empates.

En caso de empates, como ilustra la tabla, el rango que ponemos es la media de los rangos que empatan. Por ejemplo en la segunda fila tendríamos un empate en las posiciones que corresponderían a 4, 5, y 6, por tanto su media es de 5. En la cuarta fila empatan las posiciones 4 y 5, por tanto corresponde un 3,5, y también la 5 y 6 que le corresponderá un 5,5.

Calculamos primero los sumatorios del denominador:

$$\sum_{i=1}^m \left[\sum_{a=1}^s (t_a^3 - t_a) \right] = 0 + (3^3 - 3) + 0 + [(2^3 - 2) + (2^3 - 2)] = 36$$

Como vemos en la primera fila no hay empates, por tanto la corrección es 0. En la segunda fila hay un triple empate y la corrección suma 24, en la tercera es de nuevo 0 y en la cuarta hay un doble empate (dos conjuntos) de 2 elementos, cada uno contribuye con un valor de 6, dando una corrección total para esa fila de 12.

Si aplicamos la formula del coeficiente de concordancia de Kendall con corrección de empates, en nuestro ejemplo nos dará un valor de $W_c = 0,836$. Si este mismo ejemplo lo calculamos mediante la formula sin la corrección de empates nos dará una $W = 0,800$. Como vemos la diferencia es tan solo de 0,036.

Podemos emplear también, para el cálculo de W_c , la expresión que incluye la varianza (S):

$$W_c = \frac{S}{\left(\frac{m^2 n(n^2 - 1) - m \sum_{i=1}^m \left[\sum_{a=1}^s (t_a^3 - t_a) \right] }{12} \right)}$$

El programa implementado realiza siempre el cálculo de W y el de W_c .

3.4. Requerimientos del software para la presente investigación

Como puede verse, los coeficientes W de Kendall resultantes son muy similares tanto si consideramos la corrección por ligas o empates como si no. Si bien en los anexos se dispone de más resultados, como ejemplo presentamos aquí este extracto ilustrativo para el grupo de ingeniería de telecomunicaciones, especialidad de telemática (ST) de 2009.

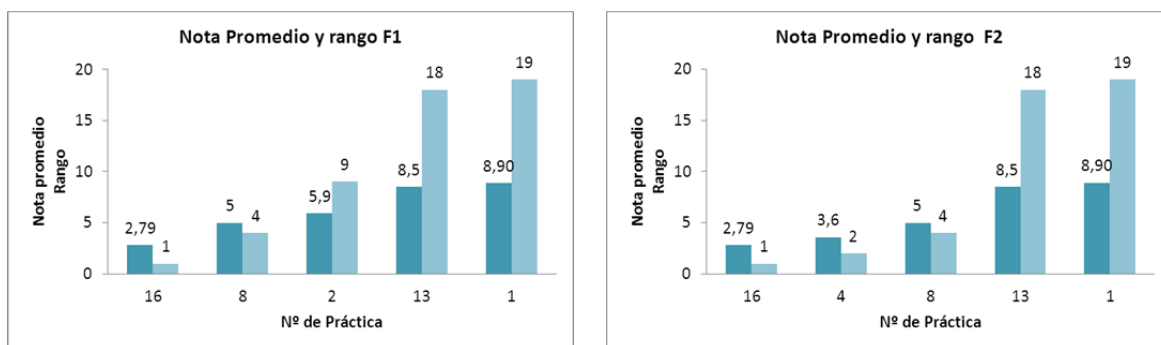
Pràctiques pel càlcul: 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 1 $w_c = 0,636792493411374$ $W = 0,634786412013413$
Pràctiques pel càlcul: 1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 2 $w_c = 0,647408812129928$ $W = 0,64607257103162$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 3 $w_c = 0,669388000894685$ $W = 0,667315592223185$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 4 $w_c = 0,656670146377277$ $W = 0,654565777324197$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 5 $w_c = 0,636518981716425$ $W = 0,634652052977482$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 6 $w_c = 0,631091378929587$ $W = 0,629034701794408$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 7 $w_c = 0,679654436811139$ $W = 0,677624074852276$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 8 $w_c = 0,651758113820019$ $W = 0,649740286842248$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 9 $w_c = 0,621058941288156$ $W = 0,619034959077668$
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 10 $w_c = 0,658425239299622$ $W = 0,656386771066496$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 11 wc= 0,654121411613584 W= 0,652167325597683
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 12 wc= 0,683462128489297 W= 0,681383269155453
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 13 wc= 0,658646206797648 W= 0,656463956044584
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 14 wc= 0,660813616084229 W= 0,658839538147961
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,16,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 15 wc= 0,656909255503226 W= 0,655517725387283
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 16 wc= 0,656468814578515 W= 0,654757310417971
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,
Sobre 19. P. exclosa 17 wc= 0,663749222126312 W= 0,66165821919962
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,
Sobre 19. P. exclosa 18 wc= 0,663883353166354 W= 0,661864045807855
Pràctiques pel càlcul: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,
Sobre 19. P. exclosa 19 wc= 0,651531087451818 W= 0,649903232907101
Màxim Wc per pràctica exclosa 12 amb valor wc= 0,683462128489297

La tabla corresponde a la primera iteración del algoritmo de “iteración inversa” descrito por (Bou, 1991). En esta primera iteración busca el máximo coeficiente de concordancia de 18 prácticas sobre las 19 totales. En este caso se consigue eliminando la práctica 12. La aplicación de este algoritmo, los retos de programación y estadística que se abren, y el procedimiento para cerrar los interrogantes abiertos en la metodología que se puso en marcha en la UAB, se describirán en el próximo capítulo.

En él realizaremos la aproximación al problema de hallar los conjuntos concordantes con algoritmos iterativos mejorados sobre SPSS, pero veremos que se hará inevitable la programación de software que calcule directamente la W de Kendall y aplique los nuevos algoritmos diseñados.

La recompensa a los trabajos de programación van a ser unos gráficos como los mostrados en la Figura 1, que para un conjunto de ítems y un grupo de alumnos nos dan los ítems que configuran el esqueleto del cuestionario, es decir, el conjunto concordante, las puntuaciones medias y rango de las prácticas que lo forman. En este caso corresponden al grupo de equipos electrónicos “SE” del curso 2009 para conjuntos concordantes de 5 prácticas:



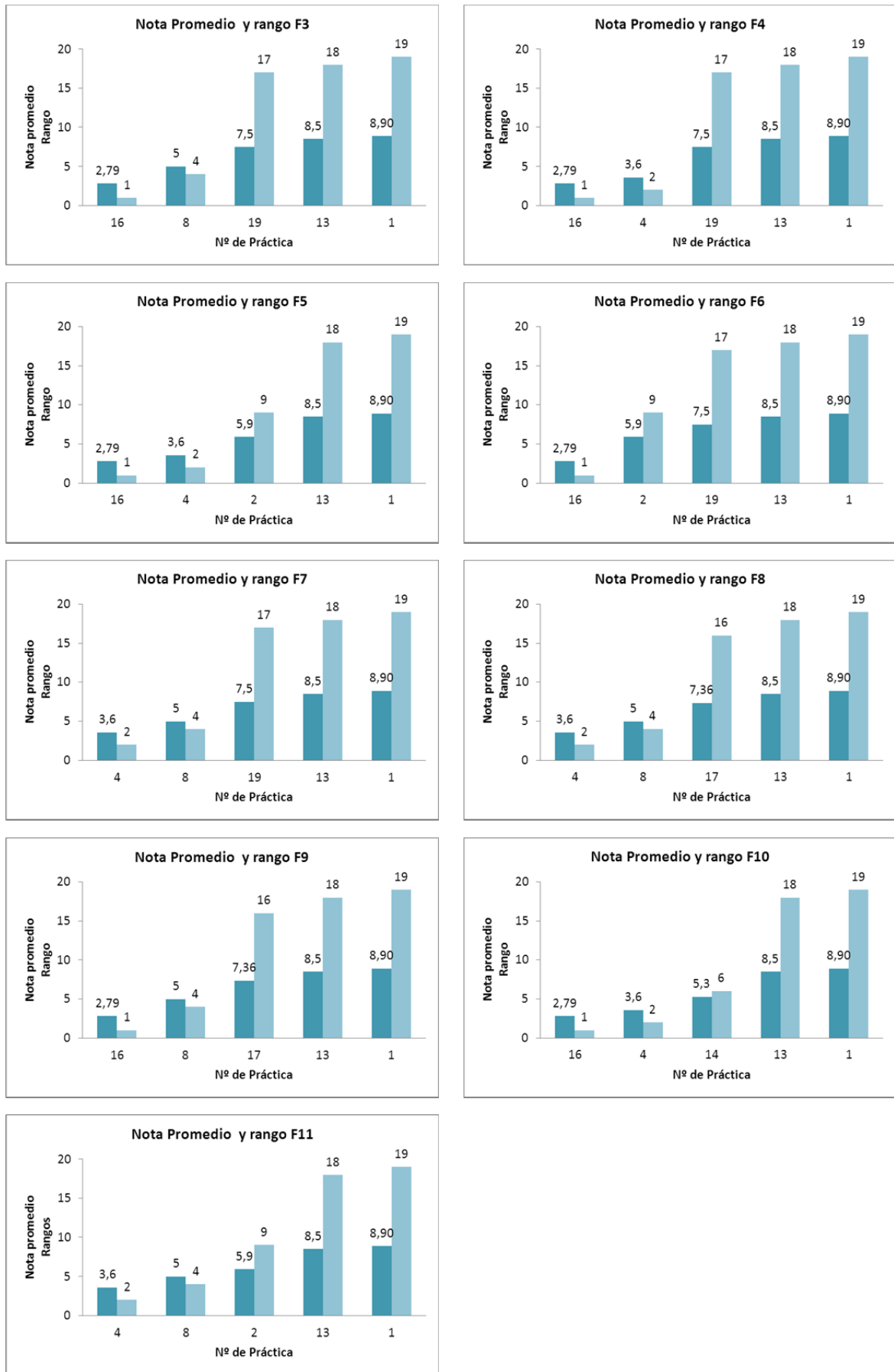


Figura 1 Ejemplo de puntuaciones medias y rangos de un conjunto concordante de 5 prácticas.

Sin entrar, en este capítulo, a analizar las gráficas, podemos identificar que en estos grupos concordantes de orden 5 (agrupaciones de 5 prácticas), hay unanimidad en considerar las prácticas 1 y 13 como las más fáciles, en el sentido que obtienen mejores notas y por tanto los rangos de clasificación mayores.

Relacionando el conjunto de datos resultado de los cálculos del software, obtendremos los gráficos que hemos llamado mapas de concordancia, que como veremos, nos permitirán visualizar la evolución de los grupos concordantes al incrementar el orden, y los estratos de fortaleza de acuerdo que se forman, identificando prácticas, que al añadirlas o quitarlas rompen o mejoran dicho acuerdo. Un ejemplo de mapa concordancia se muestra el la Figura 2.

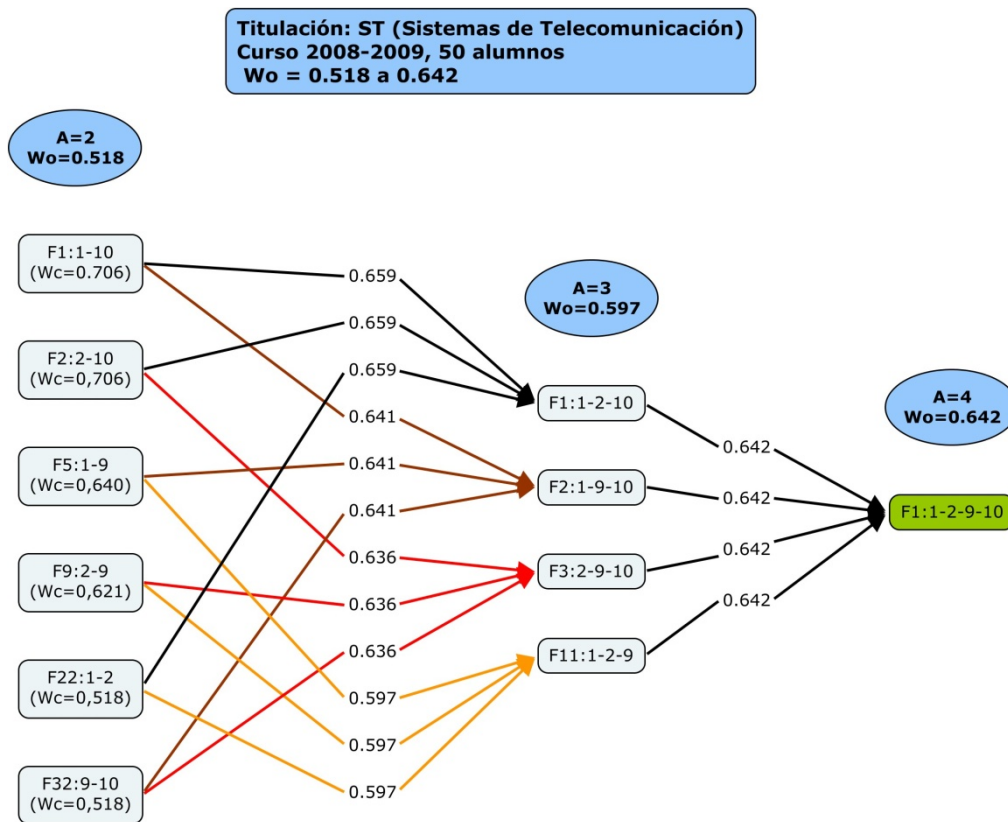


Figura 2 Ejemplo de mapa de concordancia.

Capítulo 4.
Metodología 2:
Cálculo del coeficiente de
concordancia W de Kendall en
esquemas iterativos de
investigación

4. Metodología 2: Cálculo del coeficiente de concordancia W de Kendall en esquemas iterativos de investigación

4.1. Aproximación al problema estadístico-iterativo vía SPSS

En la década de los noventa las aplicaciones informáticas comerciales establecieron el formato de texto desnudo como una de las opciones habituales de intercambio de datos. En este sentido, el paquete estadístico SPSS/PC fue ejemplar puesto que todos sus archivos (tanto datos como instrucciones como resultados) se guardaba en este formato simple.

De este modo se podía leer masivamente un archivo de instrucciones y, programando un pseudo intérprete más o menos inteligente, reprogramar el archivo de SPSS/PC de forma sistemática.

Esta es la estrategia de iteración básica que se siguió en el LAIE¹ de la UAB por lo que se refiere al algoritmo de detección de conjuntos concordantes de la W de Kendall. En este trabajo se le ha llamado "iteración inversa". Puede plasmarse en la siguiente figura:

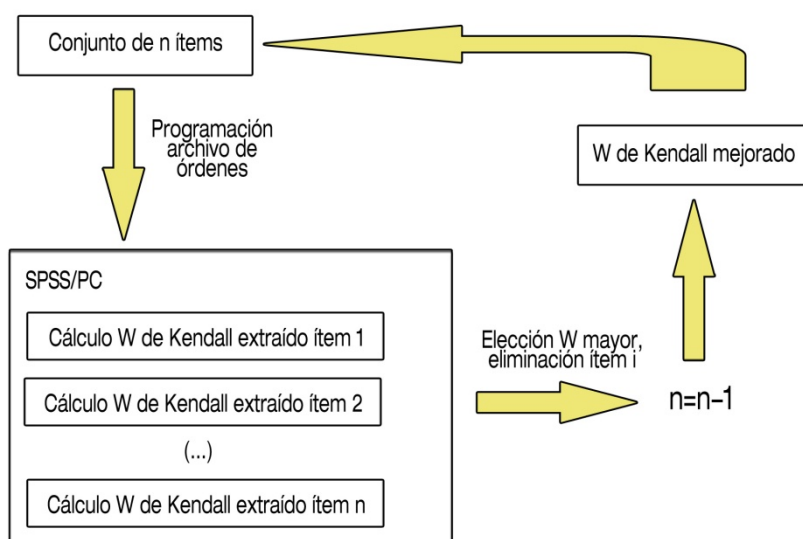


Figura 1 Algoritmo de "Iteración Inversa" para la detección de conjuntos concordantes.

Esta estructura de combinación de código propio con código SPSS/PC se realizaba en máquinas que corrían a 4,7 MHz y 8 MHz, basadas en los procesadores 8086 y 8088. En la actualidad el software de SPSS/PC incluye muchas más funcionalidades tanto de programación como de intercambio de datos (acceso, obviamente, al Clipboard de Windows) y, por otra parte, disponemos de máquinas que ejecutan a una velocidad del orden de los Giga Hertzios.

Este progreso tecnológico es el que ha permitido cerrar el problema conceptual planteado en la década de los noventa (puesto que todo lo relativo a alcance de máximos valores de la W de Kendall con tal algoritmo quedó en conjetura) y cerrar también el problema operativo para

¹ LAIE: Laboratorio de Aplicaciones Informáticas en Educación de la UAB.

conjuntos extensos de jueces e ítems (algoritmo conveniente para cada caso y medida o estimación del tiempo de ejecución).

En este capítulo expondremos estas cuestiones aplicando los primeros cálculos a mesas de prácticas, de grupos de titulaciones del curso 2009-2010, a fin de poder seguir con ejemplos la exposición de los algoritmos puestos en juego.

4.1.1. Enfoque clásico SPSS + Código propio: La instrucción básica de iteración

Tal como hemos indicado, un programa de código propio realizaba las combinaciones con n-1 ítems para cada iteración y luego escribía en un archivo de texto las órdenes que SPSS/PC debía ejecutar. El archivo de entrada para un conjunto de variables nombradas como var001, va002... var0019, pudiera tener la siguiente apariencia:

```
GET
FILE='D:\000-doctoratSALLE\david\dades bones format ok\matriuKendall2009.sav'.
DATASET NAME Conjunto_de_datos1 WINDOW=FRONT.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015
var016 var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
```

Figura 2 Ejemplo de instrucción básica de entrada en SPSS para un cálculo de W.

El archivo de salida, producido por la aplicación de código propio con esta notación, sería la siguiente:

```
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015
var016 var017 var018
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015
var016 var017 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015
var016 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
```

```

/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var007 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var005 var006 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var004 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var003 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL= var002 var003 var004 var005 var006 var007 var008 var009 var010 var011 var012 var013 var014 var015 var016
var017 var018 var019
/MISSING LISTWISE.

```

Figura 3 Órdenes de iteración para una extracción de 19 ítems a 18.

Obviamente, el problema del uso del SPSS para aplicar las técnicas iterativas de detección de agrupaciones de máximos es laborioso al principio y simple al final. Para pasar de 19 a 18 ítems, por ejemplo, se necesita ejecutar las órdenes que se han mostrado en la figura anterior. Sin embargo, al final del método, el paso de 4 a 3 ítems es relativamente simple como vemos en la siguiente figura:

```

NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var004
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var002 var013
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL=var001 var004 var013
/MISSING LISTWISE.
NPAR TESTS
/KENDALL= var002 var004 var013
/MISSING LISTWISE.

```

Figura 4 Órdenes de iteración para una extracción de 4 ítems a 3.

El problema de este algoritmo cuando el número de ítems aumenta, es que cada iteración (cada extracción de un ítem) determina la siguiente según el ítem que se decida extraer. Es decir, tiene que disponerse de un método ágil de evaluación de los W resultantes para

detectar el máximo, y así saber qué ítem se extraerá en la próxima ejecución. En tales condiciones, es una buena opción de investigación programar un nuevo software que interprete de recorrido, un archivo de texto (un output de SPSS) y que descubra los valores máximos de la W de Kendall.

Sin embargo, aún con la programación de nuevo código propio, la solución no encuentra el máximo absoluto de la W de Kendall, puesto que el algoritmo no siempre converge hacia ella. No hay más que imaginar un conjunto de ítems con dos conjuntos concordantes disjuntos de valor diferente para darse cuenta que el algoritmo puede iterar a uno o a otro, pero no necesariamente al que dé el máximo absoluto de la W de Kendall.

Así las cosas, se impuso en esta investigación atacar el problema, prescindiendo del SPSS y diseñando un software propio, que realizara los cálculos de las W de Kendall, y que lo hiciera con la fuerza de la computación, es decir, no iterando sino considerando todas las combinaciones posibles sin repetición de m ítems tomados de un conjunto de n y calculando todas las W posibles.

4.2. Primera aproximación al problema de la programación de la W de Kendall: el problema del tiempo de ejecución

La programación directa del cálculo de la W de Kendall resuelve el problema de la no convergencia hacia el máximo del algoritmo iterativo con SPSS pero los tiempos de ejecución se disparan y hace inviable el método para un determinado número de prácticas.

En este apartado veremos las medidas y estimaciones de los tiempos de cálculo de un código propio que realiza el cálculo exhaustivo. A pesar de la velocidad del procesador, el valor elevado de los números combinatorios cuando n se aproxima a la mitad del valor de m, alarga demasiado los tiempos de respuesta. Si bien para el caso objeto de estudio de esta tesis (n=19 mesas de prácticas) se arrojan tiempos aceptables (espera de minutos) no se puede garantizar que esto sea así para valores mayores de n (imaginemos, por ejemplo, una asignatura que a lo largo del curso tuviera del orden de 50 actividades de evaluación, es decir, notas).

Para los casos en que el tiempo es inaceptable para el cálculo exhaustivo de todas las combinaciones, plantearemos dos métodos alternativos que intenten encontrar las combinaciones de prácticas (conjuntos concordantes) con mayor W_c con tiempos de ejecución aceptables.

4.2.1. Método exhaustivo. Estimación del tiempo de ejecución para un mayor número de prácticas

Después de comprobar que el tiempo que necesitamos para nuestro caso (19 prácticas con 75 alumnos) es abordable, alrededor de 12 minutos para la agrupación más exigente en recursos, nos planteamos hasta cuantas prácticas (o actividades de evaluación en general) o número de alumnos, seguiría siendo viable.

Como se ha dicho, en caso de tiempos exagerados de ejecución, plantearemos métodos alternativos a la realización exhaustiva del cálculo de los coeficientes de correlación de Kendall, para todas las combinaciones posibles sin repetición.

Para tener referencias de tiempo, a partir de las cuales poder hacer las estimaciones pertinentes, realizamos distintas mediciones que mostramos en la siguiente tabla:

TABLA DE TIEMPOS DE EJECUCIÓN PARA EL CÁLCULO DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE KENDALL								
Nombre grupo	Nº Alumnos	Nº Prácticas (Actividades evaluadas)	Agrupaciones	Nº Combinaciones sin repetición	Tiempo total real de ejecución (seg.)	Tiempo total real de ejecución (min.)	Tiempo de ejecución por combinación (s)	Tamaño fichero salida (Kb)
75a-13p	75	13	4	715	3	0,1	4,196E-03	33
75a-13p	75	13	5	1.287	6	0,1	4,662E-03	63
75a-13p	75	13	6	1.716	10	0,2	5,828E-03	89
75a-13p	75	13	7	1.716	10	0,2	5,828E-03	92
75a-15p	75	15	4	1.365	6	0,1	4,396E-03	64
75a-15p	75	15	6	5.005	29	0,5	5,794E-03	261
75a-15p	75	15	7	6.435	41	0,7	6,371E-03	350
75a-15p	75	15	8	6.435	44	0,7	6,838E-03	365
75a-17p	75	17	4	2.380	11	0,2	4,622E-03	112
75a-17p	75	17	5	6.188	32	0,5	5,171E-03	306
75a-17p	75	17	6	12.376	71	1,2	5,737E-03	650
75a-17p	75	17	7	19.448	120	2,0	6,170E-03	1.065
75a-17p	75	17	8	24.310	165	2,8	6,787E-03	1.390
75a-17p	75	17	9	24.310	177	3,0	7,281E-03	1.441
ST	37	19	3	969	2	0,0	2,064E-03	44
ST	37	19	6	27.132	77	1,3	2,838E-03	1.430
ST	37	19	9	92.378	342	5,7	3,702E-03	5.550
ST	37	19	10	92.378	373	6,2	4,038E-03	5.777
TL / SE	19	19	3	969	1	0,0	1,032E-03	44
TL / SE	19	19	6	27.132	41	0,7	1,511E-03	1.430
TL / SE	19	19	9	92.378	176	2,9	1,905E-03	5.550
TL / SE	19	19	10	92.378	188	3,1	2,035E-03	5.777
TOT	75	19	3	969	4	0,1	4,128E-03	44
TOT	75	19	4	3.876	18	0,3	4,644E-03	182
TOT	75	19	5	11.628	62	1,0	5,332E-03	577
TOT	75	19	6	27.132	158	2,6	5,823E-03	1.430
TOT	75	19	7	50.388	315	5,3	6,251E-03	2.776
TOT	75	19	8	75.582	513	8,6	6,787E-03	4.354
TOT	75	19	9	92.378	680	11,3	7,361E-03	5.550
TOT	75	19	10	92.378	727	12,1	7,870E-03	5.777

Tabla 1 Tiempos de ejecución medidos para el cálculo de coeficientes de correlación de Kendall.

El tiempo se ha medido mediante el mismo programa, utilizando las funciones de reloj del sistema operativo, con una resolución de 1 segundo. Son tiempos medidos ejecutando el programa sobre un ordenador con las siguientes características:

- Sistema operativo: Windows XP Profesional, Service Pack 3
- CPU: Dual Intel T2130
- Reloj: 1,86 GHz
- RAM: 2Gb

Tiempo total de ejecución en función del Nº de combinaciones

Buscaremos en primer lugar la función que rige la variación del tiempo total, en función del número de combinaciones, que de hecho queda determinado por el número de prácticas o actividades de evaluación, a calcular para un número fijo de alumnos.

Para ello hacemos una regresión con funciones lineales, exponenciales y polinómicas y nos quedaremos con aquella que nos ofrezca un menor error.

Dado que medimos el tiempo con unidades de segundo enteras, escogeremos para el cálculo un grupo de alumnos que sea suficientemente numeroso para que los tiempos de ejecución medidos sean significativos. Nos quedaremos con el grupo del conjunto total de alumnos: "TOT", de 75 alumnos, con 19 prácticas del curso 2009.

Para las regresiones, escogemos los datos del número de combinaciones sin repetición creciente hasta la mitad de las posibles agrupaciones, dado que si cogemos agrupaciones mayores, el número de combinaciones disminuye, tal y como vemos en la gráfica adjunta:



Figura 5 Número de combinaciones en función de agrupaciones de prácticas.

Una vez realizados los cálculos constatamos que obtenemos el error más pequeño para una función polinómica de orden 2. La representación de los datos utilizados, la gráfica de regresión y el polinomio resultante lo presentamos a continuación:

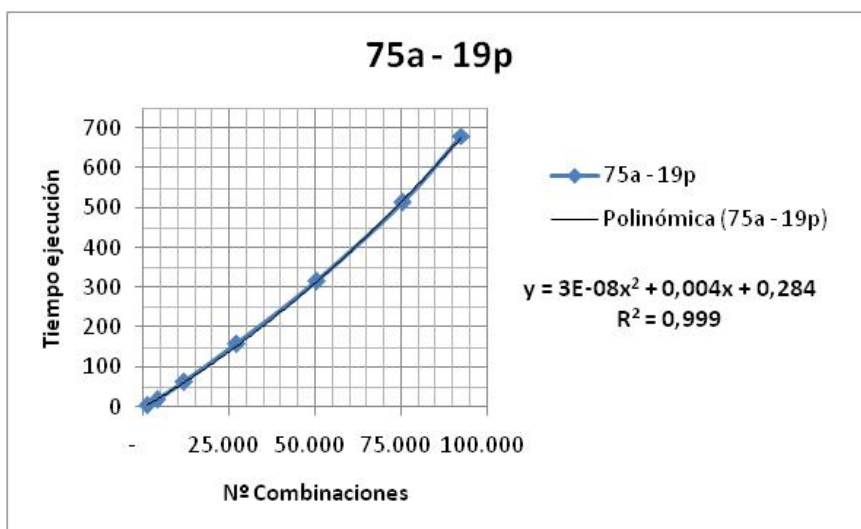


Figura 6 Gráfica de regresión con polinomio de orden 2 con el que se obtuvo el mejor ajuste.

Si a la función obtenida le aplicamos un número mayor de combinaciones, obtendremos una estimación de los tiempos totales de ejecución para dichas combinaciones. Lo resumimos en la tabla siguiente.

Nombre grupo	Nº Alumnos	Nº Prácticas (Actividades evaluadas)	Agrupaciones	Nº Combinaciones sin repetición	Estimación polinómica (valores estimados en seg.)	Estimación polinómica (valores estimados en horas.)	Estimación polinómica (valores estimados en días.)	Estimación polinómica (valores estimados en semanas.)
TOT	75	19	3	9,6900E+02	4,19E+00	0,0	0,0	0,0
TOT	75	19	4	3,8760E+03	1,62E+01	0,0	0,0	0,0
TOT	75	19	5	1,1628E+04	5,09E+01	0,0	0,0	0,0
TOT	75	19	6	2,7132E+04	1,31E+02	0,0	0,0	0,0
TOT	75	19	7	5,0388E+04	2,78E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	75	19	8	7,5582E+04	4,74E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	75	19	9	9,2378E+04	6,26E+02	0,2	0,0	0,0
TOT	75	20	10	1,8476E+05	1,76E+03	0,5	0,0	0,0
TOT	75	22	11	7,0543E+05	1,78E+04	4,9	0,2	0,0
TOT	75	24	12	2,7042E+06	2,30E+05	63,9	2,7	0,4
TOT	75	26	13	1,0401E+07	3,29E+06	913,0	38,0	5,4
TOT	75	28	14	4,0117E+07	4,84E+07	13455,8	560,7	80,1
TOT	75	30	15	1,5512E+08	7,22E+08	200684,4	8361,8	1194,5

Tabla 2 Estimaciones de tiempos de ejecución para un número mayor de actividades de evaluación.

Como puede verse, hasta 20 prácticas no hay problema. Para 24 ya superamos los dos días de tiempo de cálculo por cada agrupación, siendo un tiempo elevado todavía podríamos asumirlo. A partir de 26 prácticas llegamos a los 38 días por agrupación y por tanto podemos afirmar que estaría plenamente justificado encontrar un método alternativo con menor coste computacional.

4.2.2. Tiempo total de ejecución en función del número de alumnos

Hacemos ahora un estudio similar al realizado para el número de prácticas, para estimar la tendencia de crecimiento del tiempo total de ejecución en función del aumento del número de alumnos. Mantendremos constante el número de prácticas y agrupaciones a 19 y 9 respectivamente, y por tanto también se mantendrá constante el número de combinaciones a calcular a 93.378, que es el número máximo de combinaciones, como puede verse en la Figura 5.

Seguimos haciendo el estudio sobre el grupo "TOT" del curso 2009-2010, que contiene a todos los alumnos en un solo grupo de 75. En este caso generaremos unos cuantos grupos auxiliares, a partir de este, eliminando alumnos para poder obtener distintas medidas de tiempo de ejecución.

Nombre grupo	Nº Alumnos	Nº Prácticas (Actividades evaluadas)	Agrupaciones	Nº Combinaciones sin repetición	Tiempo total real de ejecución (seg.)	Tiempo total real de ejecución (min.)	Tiempo de ejecución por combinación (s)	Tamaño fichero salida (Kb)
TOT	5	19	9	92.378	272	4,5	2,944E-03	5.516
TOT	10	19	9	92.378	318	5,3	3,442E-03	5.545
TOT	25	19	9	92.378	450	7,5	4,871E-03	5.254
TOT	35	19	9	92.378	318	5,3	3,442E-03	5.545
TOT	50	19	9	92.378	662	11,0	7,166E-03	5.527
TOT	65	19	9	92.378	580	9,7	6,279E-03	5.550
TOT	75	19	9	92.378	680	11,3	7,361E-03	5.550

Tabla 3 Medida de tiempos de ejecución en función del número de alumnos.

Observado la tabla, podemos ver que los tiempos de ejecución no son monótonos crecientes, si no que hay algunas fluctuaciones. Esto es debido a que en el cálculo intervienen diversos factores que pueden hacer variar el tiempo en función de los valores concretos de las notas obtenidas por los alumnos, por tanto un mismo grupo de alumnos con distintas notas puede tener cierta variabilidad en el tiempos de ejecución, aunque la tendencia será de crecimiento si el número de alumnos también lo hace.

Como ejemplo de variabilidad, realizamos el cálculo sobre varios grupos con las mismas características pero modificando las notas, en alguno forzando que hubiera muchas repeticiones de notas que produjeran empates en el cálculo lo que produce que las iteraciones y condicionantes de algunos algoritmos sean más largas. Obtuvimos tiempos de ejecución desde 313s hasta 650s para el caso forzado artificialmente.

Con los datos medidos hacemos gráficas de regresión, pero buscando la línea de tendencia más que intentar minimizar el error sobre los puntos medidos, de esta manera será más fiable la estimación para valores mayores de alumnos, dada la variabilidad que antes hemos mencionado.

En las gráficas adjuntas, de color azul y trazo más grueso, se muestran los resultados para una regresión lineal, otra polinómica de orden 2 y finalmente una exponencial.

En el lado derecho de cada gráfica se indica la ecuación de regresión que se ha obtenido y la indicación del error.

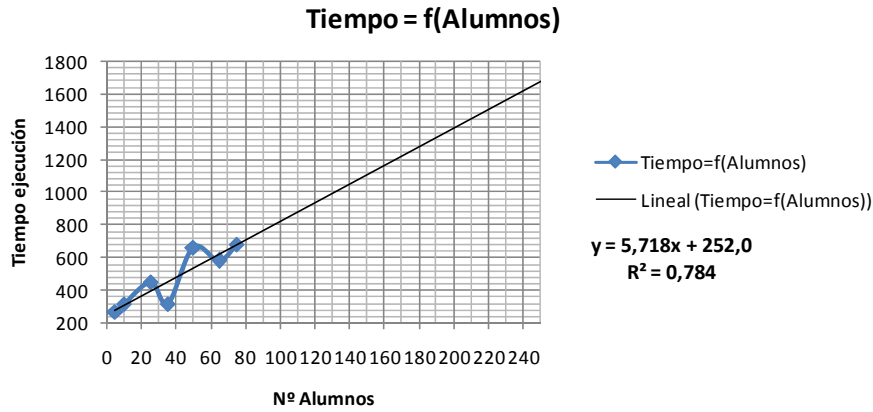


Figura 7 Gráfica de regresión lineal que muestra la tendencia para un nº mayor de alumnos.

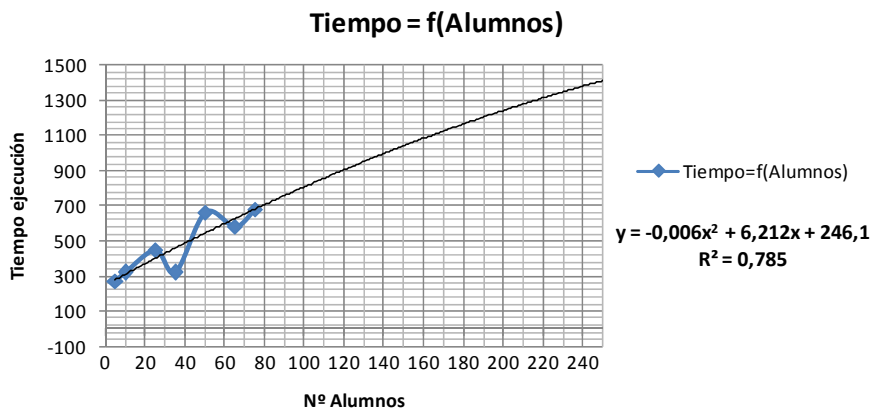


Figura 8 Gráfica de regresión polinómica de orden 2 que muestra la tendencia para un nº mayor de alumnos.

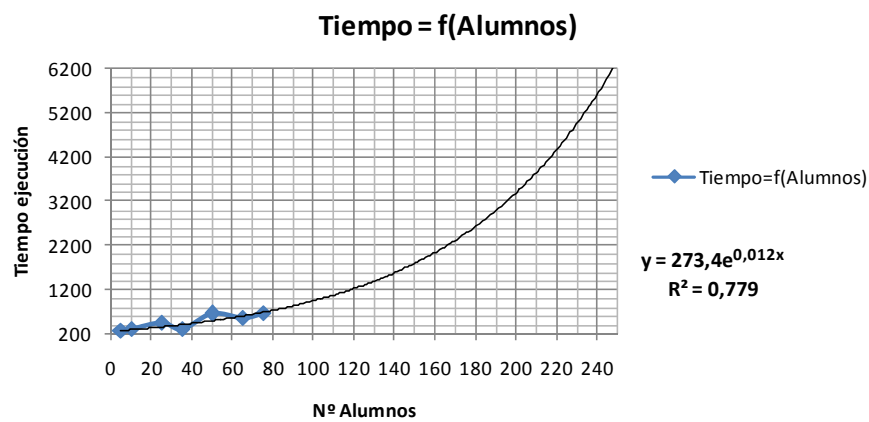


Figura 9 Gráfica de regresión exponencial que muestra la tendencia para un nº mayor de alumnos.

La línea negra más fina es la línea de tendencia obtenida extrapolando para un mayor número de alumnos. Por nuestra experiencia sería absolutamente extraordinario un grupo mayor de 250 alumnos (en la historia de esta asignatura la mayor matriculación fue de unos 220 alumnos matriculados, divididos en 5 grupos de 40 y con 2 alumnos por mesa de prácticas). Por ese motivo utilizamos este número como límite superior.

Aun suponiendo que la línea de tendencia adecuada fuera la exponencial (peor caso), para 250 alumnos, el tiempo estimado total no supera las dos horas de tiempo de ejecución por cada agrupación.

En la tabla siguiente mostramos los resultados concretos de la estimación.

Nombre grupo	Nº Alumnos	Nº Prácticas (Actividades evaluadas)	Agrupaciones	Nº Combinaciones sin repetición	Estimación polinómica (valores estimados en seg.)	Estimación polinómica (valores estimados en horas.)	Estimación polinómica (valores estimados en días.)	Estimación polinómica (valores estimados en semanas.)
TOT	5	19	9	92.378	2,90E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	10	19	9	92.378	3,08E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	25	19	9	92.378	3,69E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	35	19	9	92.378	4,16E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	50	19	9	92.378	4,98E+02	0,1	0,0	0,0
TOT	65	19	9	92.378	5,96E+02	0,2	0,0	0,0
TOT	75	19	9	92.378	6,72E+02	0,2	0,0	0,0
TOT	100	19	9	92.378	9,08E+02	0,3	0,0	0,0
TOT	125	19	9	92.378	1,23E+03	0,3	0,0	0,0
TOT	150	19	9	92.378	1,65E+03	0,5	0,0	0,0
TOT	175	19	9	92.378	2,23E+03	0,6	0,0	0,0
TOT	200	19	9	92.378	3,01E+03	0,8	0,0	0,0
TOT	250	19	9	92.378	5,49E+03	1,5	0,1	0,0

Tabla 4 Estimaciones de tiempos de ejecución para un número mayor de alumnos.

Como se puede ver el volumen de alumnos, hasta valores realistas, no compromete suficientemente el tiempo de cálculo de los coeficientes de correlación de Kendall para agrupaciones, por el método de cálculo exhaustivo de todas las combinaciones sin repetición.

4.2.3. Conclusión

Dado que al aumentar el número de combinaciones el tiempo de ejecución sí que aumenta hasta hacer inoperante el cálculo exhaustivo, se hace necesario, si se quieren utilizar más de 24 - 26 prácticas (o actividades de evaluación), algún método alternativo capaz de encontrar igualmente los valores máximos de los coeficientes de correlación de Kendall para una agrupación dada, consumiendo menos tiempo de cálculo.

4.3. Discusión sobre las soluciones algorítmicas al problema del coste computacional

4.3.1. Recapitulación

Dado que se podrían presentar situaciones de investigación con elevados números de ítems e individuos, es procedente idear algún método de ahorro computacional.

Siguiendo con la filosofía original de (Bou, 1991), la detección de conjuntos de concordancia se realiza mediante la iteración sucesiva aplicada a grupos de ítems, de los cuales se extraen aquellos que provocan un aumento del coeficiente W de Kendall en el próximo cálculo, método que en este trabajo hemos llamado de iteración inversa. Debe tenerse en cuenta, tal como se ha dicho al principio del capítulo, que dicho método se pensó y funcionó con una versión de SPSS de 1990 ejecutándose bajo el sistema MSDOS. Tanto los progresos del paquete estadístico como del sistema operativo desde entonces, más la potencia de cálculo de las máquinas actuales, nos sugieren que quizá es posible el desarrollo de otros algoritmos que podemos denominar intensivo/exhaustivos, en el sentido que aplican una fuerza de programación mayor y, por otra parte, se permiten el lujo de recorrer todas las posibilidades del problema sin tener que acudir a metodologías de ensayo y error².

En el fondo se trata de un problema de optimización, pues buscamos unos conjuntos de ítems que maximizan la W de Kendall. Ahora bien, debemos ser conscientes que los algoritmos iterativos no siempre convergen hacia los máximos absolutos, sino que pueden dirigirse hacia máximos locales.

Para evitar tener que calcular todas las posibles agrupaciones con todas sus correspondientes combinaciones sin repetición, lo que supone una necesidad de cálculo muy importante, para buscar el máximo absoluto de una determinada agrupación, se buscan estrategias eliminando una o más prácticas e iterando de nuevo con las restantes.

La primera estrategia empleada fue la que llamamos “iteración inversa”. Cumple sobradamente el requisito de disminuir el volumen de cálculo necesario, pero no siempre encuentra el máximo absoluto.

A partir de los resultados obtenidos por iteración inversa en los cálculos de W_c , se busca la posibilidad de que existan otros posibles máximos locales y que estos sean superiores a los obtenidos por el algoritmo inicial de iteración inversa, el cual, parte del conjunto completo y va eliminando en cada iteración la práctica que menos haya contribuido a maximizar el valor de W_c .

² En inteligencia artificial o algoritmos de programación recursiva diríamos de avance y retroceso, o bien de recursividad y vuelta atrás (backtracking). Para una revisión de esta temática, véase el libro clásico de Wirth (Wirth, 1980).

4.3.2. Análisis del caso de agrupaciones de ternas de ítems

Realizamos este estudio para los datos del curso 2009-2010.

En el caso de ternas ya tenemos todos los datos, dado que el programa realizado nos permite hacer el cálculo de la totalidad de las combinaciones sin repetición sobre las 19 prácticas cogidas de 3 en 3 (opción de cálculo del programa “per agrupacions: 3”) y por tanto sabemos que las ternas que nos dan los valores máximos son:

Grupo	Terna máx. Wc	Wc
Todo	1,2,16	0,702
ST	1,10,18	0,795
SE	13,16,19	0,924
TL	1,6,14 y 1,9,14	0,950

Tabla 5 Máximos absolutos calculados por el método exhaustivo.

Veamos a continuación qué posibilidades iterativas tenemos para aproximarnos a estos valores. Planteamos dos métodos:

- a) Método mixto
- b) Método iterativo con extracción de ternas

Método mixto en el caso de ternas de ítems

En este caso aplicamos el método de iteración inversa y nos fijamos en el momento en que nos quedan 6 prácticas, y repetimos el algoritmo inicial con todas las prácticas menos con una de estas 6 (con 18). Realizaremos la misma operación eliminando cada vez una de las 6 prácticas, buscando en cada ocasión si se produce una terna de prácticas que obtenga un valor superior de Wc que el que había obtenido la terna de máximo valor de WC partiendo con la totalidad de prácticas.

Para una mayor claridad del proceso se ha realizado el mapa conceptual que puede verse en la Figura 10.

Realizaremos el cálculo para el conjunto de los alumnos de la asignatura y también para cada una de las especialidades: ST, SE y TL.

Para el conjunto completo de alumnos

El resultado del programa en el momento que quedan 6 prácticas es el siguiente:

Pràctiques pel càlcul: 4, 9, 13, 16, 19,
Sobre 6. P. exclosa 1 wc= 0,500254521098459 W= 0,49792

Pràctiques pel càlcul: 1, 9, 13, 16, 19,
Sobre 6. P. exclosa 4 wc= 0,593529937444147 W= 0,5903644444444444

Pràctiques pel càlcul: 1, 4, 13, 16, 19,
Sobre 6. P. exclosa 9 wc= 0,597068811438785 W= 0,5938844444444444

Pràctiques pel càlcul: 1, 4, 9, 16, 19,
Sobre 6. P. exclosa 13 wc= 0,576635430611334 W= 0,574328888888889

Pràctiques pel càlcul: 1,4,9,13,19,
Sobre 6. P. exclosa 16 $w_c = 0,592735385988398$ $W = 0,5903644444444444$

Pràctiques pel càlcul: 1,4,9,13,16,
Sobre 6. P. exclosa 19 $w_c = 0,550331331999111$ $W = 0,5499644444444444$

Màxim W_c per pràctica exclosa 9 amb valor $w_c = 0,597068811438785$

Observando, tal como se han marcado en verde, las 6 prácticas a considerar son: 1, 4, 9, 13, 16 y 19.

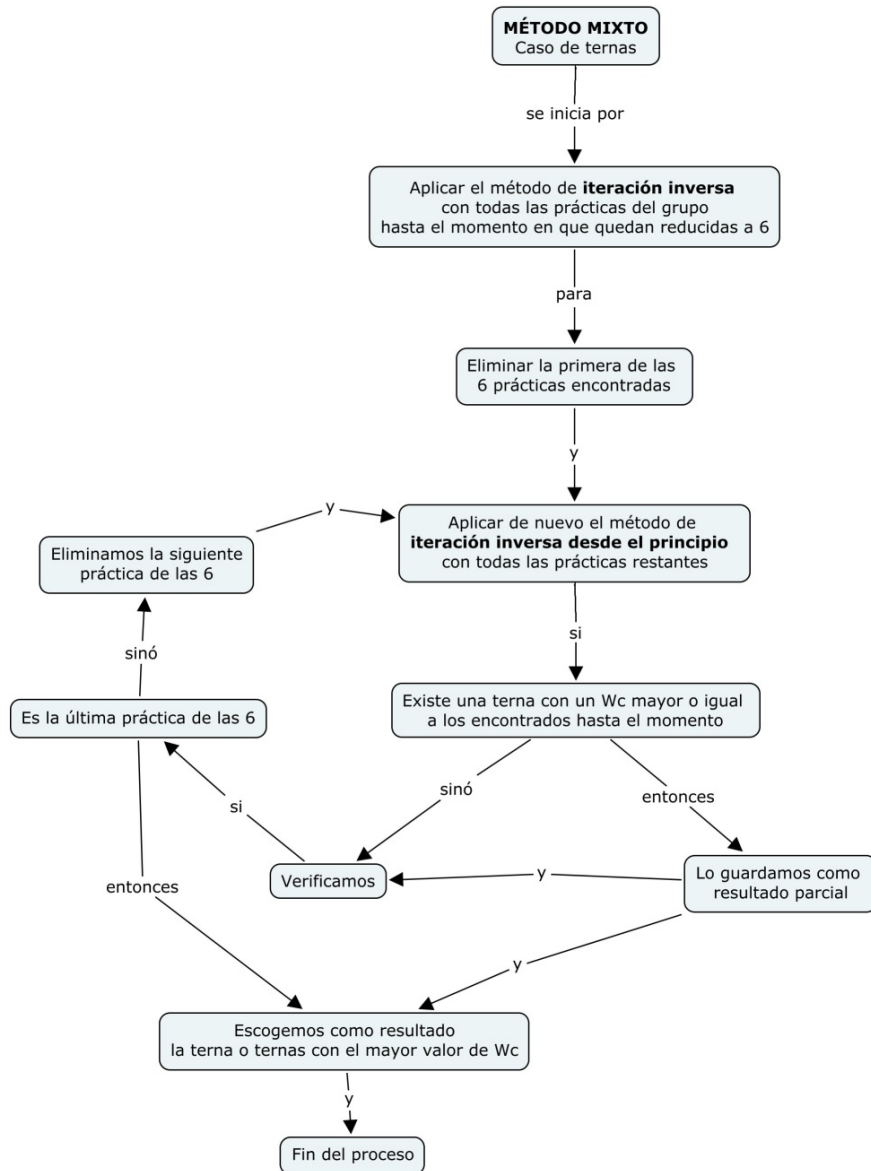


Figura 10 Mapa conceptual explicativo de método mixto (caso de ternas).

Si consultamos de nuevo el resultado del programa para buscar la terna con valor máximo de Wc:

Pràctiques pel càlcul: 4,16,19,
Sobre 4. P. exclosa 1 wc= 0,555720720720721 W= 0,5483111111111111

Pràctiques pel càlcul: 1,16,19,
Sobre 4. P. exclosa 4 wc= 0,668153153153153 W= 0,6592444444444444

Pràctiques pel càlcul: 1,4,19,
Sobre 4. P. exclosa 16 wc= 0,663668903803132 W= 0,6592444444444444

Pràctiques pel càlcul: 1,4,16,
Sobre 4. P. exclosa 19 wc= 0,5655111111111111 W= 0,5655111111111111

Màxim Wc per pràctica exclosa 4 amb valor wc= 0,668153153153153

Vemos que corresponde a la terna 1, 16 y 19 con un a Wc = 0,668

Ejecutamos de nuevo el programa eliminando cada vez una de las 6 prácticas indicadas y comprobamos si obtenemos una terna con un máximo de Wc superior a 0,668. Se muestra el resultado en la siguiente tabla:

Práctica eliminada	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1	4,16,19	0,556	No supera
4	1,16,9	0,668	Misma terna
9	1,16,9	0,668	Misma terna
13	1,2,16 y 1,2,9	0,702 y 0,683	Supera en 2 casos
16	1,4,19	0,664	No supera
19	1,2,16	0,702	Supera

Tabla 6 Resultados del método mixto para grupo TOT (ternas).

Podemos concluir que en este caso, efectivamente existen otras ternas que presentan máximos locales y que somos capaces de encontrar la terna máxima de la serie: 1, 2, 16 con Wc=0,702.

Para la especialidad de Sistemas de Telecomunicaciones (ST)

Aplicamos la misma metodología anterior a los datos solamente del grupo de ST.

El resultado del programa en el momento que quedan 6 prácticas es el siguiente:

Pràctiques pel càlcul: 2,5,8,18,19,
Sobre 6. P. exclosa 1 wc= 0,573238088224464 W= 0,568590211833455

Pràctiques pel càlcul: 1,5,8,18,19,
Sobre 6. P. exclosa 2 wc= 0,663114333846041 W= 0,661322132943755

Pràctiques pel càlcul: 1,2,8,18,19,
Sobre 6. P. exclosa 5 wc= 0,679499908071337 W= 0,67490869247626

Pràctiques pel càlcul: 1,2,5,18,19,
Sobre 6. P. exclosa 8 wc= 0,6592532587083 W= 0,65390796201607

Pràctiques pel càlcul: 1,2,5,8,19,
Sobre 6. P. exclosa 18 wc= 0,638833955907127 W= 0,637107377647918

Pràctiques pel càlcul: 1,2,5,8,18,

Sobre 6. P. exclosa 19 wc= 0,67651798139603 W= 0,674689554419284

Màxim Wc per pràctica exclosa 5 amb valor wc= 0,679499908071337

Observando, tal como se han marcado en verde, las 6 prácticas a considerar son: 1, 2, 5, 8, 18, y 19.

Si consultamos de nuevo el resultado del programa para buscar la terna con valor máximo de Wc:

Pràctiques pel càlcul: 2,8,18,

Sobre 4. P. exclosa 1 wc= 0,524177238462953 W= 0,52063550036523

Pràctiques pel càlcul: 1,8,18,

Sobre 4. P. exclosa 2 wc= 0,756756756756757 W= 0,756756756756757

Pràctiques pel càlcul: 1,2,18,

Sobre 4. P. exclosa 8 wc= 0,790034932892076 W= 0,784696859021183

Pràctiques pel càlcul: 1,2,8,

Sobre 4. P. exclosa 18 wc= 0,725346968590212 W= 0,725346968590212

Màxim Wc per pràctica exclosa 8 amb valor wc= 0,790034932892076

Vemos que corresponde a la terna 1, 2 y 18 con un a Wc = 0,790

Ejecutamos de nuevo el programa eliminando cada vez una de las 6 prácticas indicadas y comprobamos si obtenemos una terna con un máximo de Wc superior a 0,790. Se muestra el resultado en la siguiente tabla:

Práctica eliminada	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1	2,5,18	0,602	No supera
2	1,10,18	0,794	Supera
5	1,2,18	0,790	La misma
8	1,2,18	0,790	La misma
18	1,2,8	0,725	No supera
19	1,2,18	0,790	La misma

Tabla 7 Resultados del método mixto para grupo ST (ternas).

Vemos que de nuevo encontramos la terna con el máximo superior a la iteración inversa y que además es el máximo absoluto de la serie.

Para la especialidad de Sistemas Electrónicos (SE)

De nuevo aplicamos la misma metodología anterior pero a los datos solamente del grupo de SE.

El resultado del programa en el momento que quedan 6 prácticas es el siguiente:

Pràctiques pel càlcul: 4,8,13,16,19,

Sobre 6. P. exclosa 1 wc= 0,858395989974937 W= 0,85387811634349

Pràctiques pel càlcul: 1,8,13,16,19,

Sobre 6. P. exclosa 4 wc= 0,882730699427614 W= 0,875761772853186

Pràctiques pel càlcul: 1,4,13,16,19,

Sobre 6. P. exclosa 8 wc= 0,874633533435711 W= 0,867728531855956

Pràctiques pel càlcul: 1,4,8,16,19,
Sobre 6. P. exclosa 13 wc= 0,851131787251771 W= 0,848891966759003

Pràctiques pel càlcul: 1,4,8,13,19,
Sobre 6. P. exclosa 16 wc= 0,870091896407686 W= 0,865512465373961

Pràctiques pel càlcul: 1,4,8,13,16,
Sobre 6. P. exclosa 19 wc= 0,889182058047493 W= 0,886842105263158

Màxim Wc per pràctica exclosa 19 amb valor wc= 0,889182058047493

Observando, tal como se han marcado en verde, las 6 prácticas a considerar son: 1, 4, 8, 13, 16, y 19.

Si consultamos de nuevo el resultado del programa para buscar la terna con valor máximo de Wc:

Pràctiques pel càlcul: 8,13,16,
Sobre 4. P. exclosa 1 wc= 0,905817174515235 W= 0,905817174515235

Pràctiques pel càlcul: 1,13,16,
Sobre 4. P. exclosa 8 wc= 0,861052631578947 W= 0,849722991689751

Pràctiques pel càlcul: 1,8,16,
Sobre 4. P. exclosa 13 wc= 0,905817174515235 W= 0,905817174515235

Pràctiques pel càlcul: 1,8,13,
Sobre 4. P. exclosa 16 wc= 0,861052631578947 W= 0,849722991689751

Màxim Wc per pràctica exclosa 1 amb valor wc= 0,905817174515235

Vemos que corresponde a la terna 8, 13 y 16 con un a Wc = 0,906

Ejecutamos de nuevo el programa eliminando cada vez una de las 6 prácticas indicadas y comprobamos si obtenemos una terna con un máximo de Wc superior a 0,906. Se muestra el resultado en la siguiente tabla:

Práctica eliminada	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1	13,16,19	0,924	Supera
4	8,13,16	0,906	Iguala
8	4,13,16 y 1,4,16	0,867	No supera
13	1,8,16	0,906	Iguala
16	4,8,13 y 1,4,8	0,906	Iguala
19	8,13,16	0,906	Iguala

Tabla 8 Resultados del método mixto para grupo SE (ternas).

También encontramos la terna con un máximo superior, y que además de nuevo corresponde al máximo absoluto de la serie para el conjunto de datos SE.

Para la especialidad de Telemática (TL)

Esta vez solamente del grupo de TL.

El resultado del programa en el momento que quedan 6 prácticas es el siguiente:

Pràctiques pel càlcul: 2,5,6,9,11,

Sobre 6. P. exclosa 1 $w_c = 0,893348146090821$ $W = 0,890997229916898$

Pràctiques pel càlcul: 1,5,6,9,11,

Sobre 6. P. exclosa 2 $w_c = 0,890848493264824$ $W = 0,888504155124654$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,6,9,11,

Sobre 6. P. exclosa 5 $w_c = 0,901402582974587$ $W = 0,899030470914127$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,5,9,11,

Sobre 6. P. exclosa 6 $w_c = 0,876914508493456$ $W = 0,872299168975069$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,5,6,11,

Sobre 6. P. exclosa 9 $w_c = 0,876914508493456$ $W = 0,872299168975069$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,5,6,9,

Sobre 6. P. exclosa 11 $w_c = 0,881683099569504$ $W = 0,879362880886427$

Màxim W_c per pràctica exclosa 5 amb valor $w_c = 0,901402582974587$

Observando, tal como se han marcado en verde, las 6 prácticas a considerar son: 1, 2, 5, 6, 9 y 11.

Si consultamos de nuevo el resultado del programa para buscar la terna con valor máximo de W_c :

Pràctiques pel càlcul: 2,6,9,

Sobre 4. P. exclosa 1 $w_c = 0,905817174515235$ $W = 0,905817174515235$

Pràctiques pel càlcul: 1,6,9,

Sobre 4. P. exclosa 2 $w_c = 0,905817174515235$ $W = 0,905817174515235$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,9,

Sobre 4. P. exclosa 6 $w_c = 0,905817174515235$ $W = 0,905817174515235$

Pràctiques pel càlcul: 1,2,6,

Sobre 4. P. exclosa 9 $w_c = 0,905817174515235$ $W = 0,905817174515235$

Màxim W_c per pràctica exclosa 1 amb valor $w_c = 0,905817174515235$

Vemos que todas las ternas en este caso empatan con un a $W_c = 0,906$

Ejecutamos de nuevo el programa eliminando cada vez una de las 6 prácticas indicadas y comprobamos si obtenemos una terna con un máximo de W_c superior a 0,906. Se muestra el resultado en la siguiente tabla:

Práctica eliminada	Terna máx. W_c	W_c	Observación
1	5,9,19 y 5,6,19	0,922	Supera
2	1,9,14, y 1,6,14	0,950	Supera
5	1,9,14, y 1,6,14	0,950	Supera
6	1,9,11 y 1,2,9	0,906	Iguala
9	1,6,11 y 1,2,6	0,906	Iguala
11	5,9,19 y 5,6,19	0,922	Supera

Tabla 9 Resultados del método mixto para grupo TL (ternas).

Encontramos varias ternas con valor superior y dos de ellas se corresponden de nuevo con el máximo absoluto de la serie.

Método iterativo con extracción aplicado a ternas de ítems

En este método realizaremos tres procesos con el mismo objetivo de buscar máximos locales mayores que los obtenidos por la iteración inversa sobre el total de las 19 prácticas.

- a) A partir de los datos obtenidos de la iteración inversa, buscamos la terna de prácticas que nos ha dado el valor máximo de W_c . Extraemos una de las prácticas que forman la terna y repetimos la iteración inversa con las 18 prácticas restantes, y comprobamos si hemos obtenido una nueva terna de valor W_c superior, repitiendo el proceso para las 3 prácticas de la terna inicial.
- b) En esta variante del método extraeremos las prácticas de la terna inicial de 2 en 2, repitiendo el proceso para todas las combinaciones posibles de 2 en 2 sin repetición, buscando de nuevo una terna de valor W_c superior y haciendo el cálculo sobre las 17 prácticas restantes.
- c) En esta ocasión extraeremos directamente las 3 prácticas de la terna inicial obtenida de la iteración inversa sobre las 19 prácticas. Realizaremos el nuevo cálculo por iteración inversa sobre las 16 prácticas restantes.

Presentamos un diagrama de flujo ilustrativo, en forma de mapa conceptual, del proceso completo en la Figura 11.

Seguiremos el mismo orden que en el apartado anterior y buscaremos los máximos para cada titulación.

Para el conjunto completo de los alumnos

- a) Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna

Como ya vimos en el método anterior corresponde a la terna 1, 16 y 19 con un $W_c = 0,668$.

Las 3 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. Recogemos de nuevo el resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Terna máx. W_c	W_c	Observación
1	4,16,19	0,556	No supera
16	1,4,19	0,664	No supera
19	1,2,16	0,702	Supera

Tabla 10 Grupo TOT. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.

- b) Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna

Prácticas eliminadas	Terna máx. W_c	W_c	Observación
1,16	4,9,19	0,521	No supera
1,19	2,9,13	0,480	No Supera
16,19	1,9,13	0,661	No supera

Tabla 11 Grupo TOT. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.

No conseguimos encontrar la terna máxima.

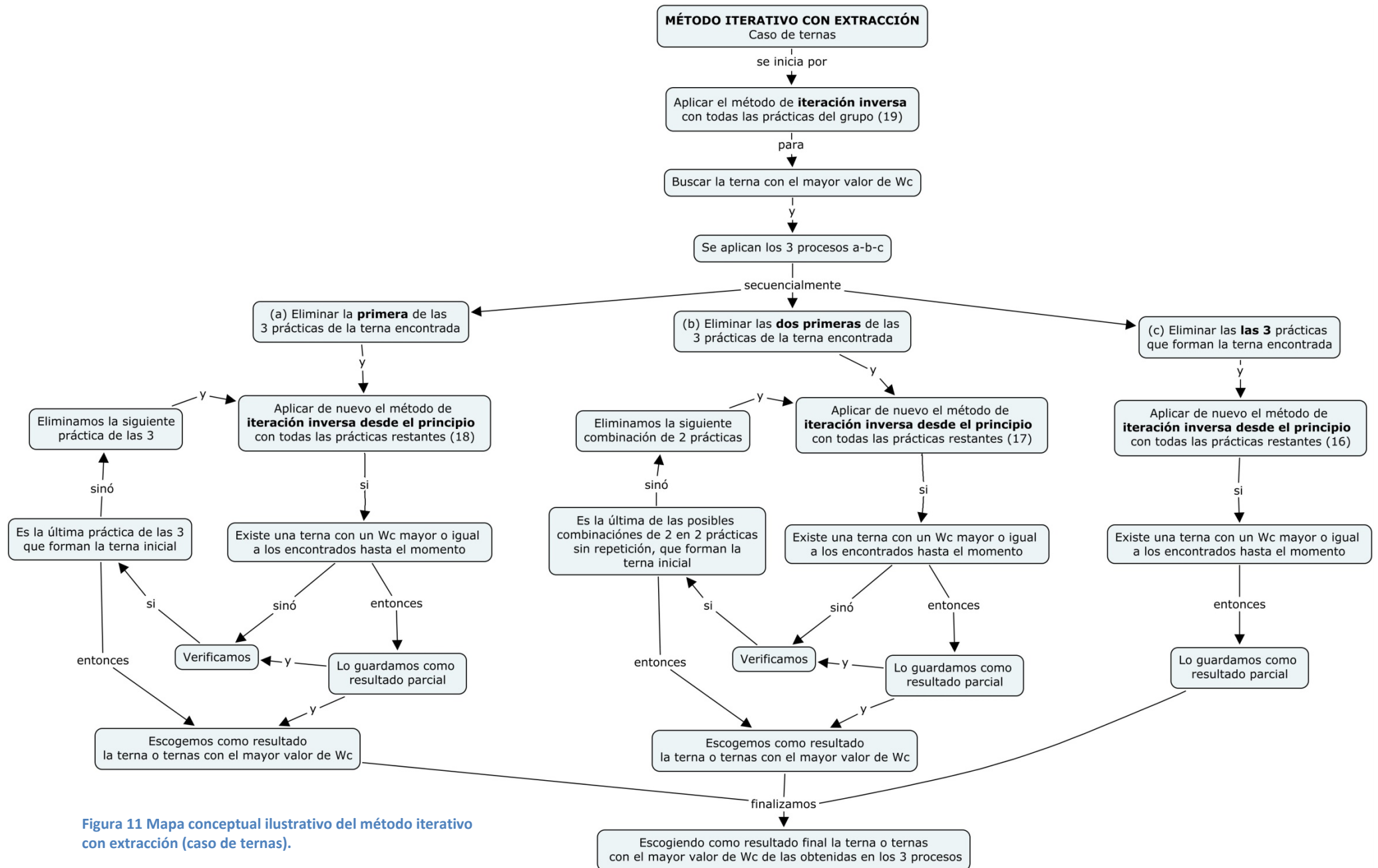


Figura 11 Mapa conceptual ilustrativo del método iterativo con extracción (caso de ternas).

c) Extracción DE LAS 3 prácticas que forman la terna:

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1,16,19	4,9,13	0,477	No supera

Tabla 12 Grupo TOT. Extracción de las tres prácticas que forman la terna.

Tampoco conseguimos encontrar la terna máxima.

Para la especialidad de Sistemas de Telecomunicaciones (ST)

a) Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna

Como ya vimos en el método anterior corresponde a la terna 1, 2 y 18 con un a $Wc = 0,790$.

Las 3 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. Recogemos de nuevo el resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1	2,5,18	0,602	No supera
2	1,10,18	0,794	Supera
18	1,2,8	0,725	No supera

Tabla 13 Grupo ST. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.

Como vemos en ese caso ya encontramos el máximo absoluto de la serie y por tanto aquí también.

b) Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1,2	5,7,17	0,599	No supera
1,18	7,9,17	0,617	No Supera
2,18	1,7,17	0,660	No supera

Tabla 14 Grupo ST. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.

No conseguimos encontrar la terna máxima.

c) Extracción de las 3 prácticas que forman la terna:

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1,2,18	7,9,17	0,617	No supera

Tabla 15 Grupo ST. Extracción de tres de las prácticas que forman la terna.

Tampoco conseguimos encontrar la terna máxima.

Para la especialidad de Sistemas Electrónicos (SE)

a) Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna

Corresponde a la terna 8, 13 y 16 con un a $Wc = 0,906$.

Las 3 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. Recogemos de nuevo el resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Terna máx. Wc	Wc	Observación
8	4,13,16 y 1,4,16	0,867	No supera
13	1,8,16	0,906	Iguala
16	4,8,13 y 1,4,8	0,906	Iguala

Tabla 16 Grupo SE. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.

En este caso solamente encontramos ternas que como mucho igualan el resultado de la iteración inversa, y no conseguimos encontrar el valor máximo absoluto de la serie.

b) Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
8,13	1,16,19	0,773	No supera
8,16	1,4,13 y 1,2,13	0,861	No supera
13,16	1,4,8	0,906	Iguala

Tabla 17 Grupo SE. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.

No conseguimos encontrar la terna máxima, solamente otra que iguala el resultado anterior pero que no es la máxima absoluta de la serie.

c) Extracción DE LAS 3 prácticas que forman la terna:

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
8,13,16	1,4,17	0,850	No supera

Tabla 18 Grupo SE. Extracción de las tres prácticas que forman la terna.

Tampoco conseguimos encontrar la terna máxima.

Para la especialidad de Sistemas Telemática (TL)

a) Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna

En este caso tenemos un empate múltiple entre las ternas 2, 6, 9, la 1, 6, 9, la 1, 2, 9, y la 1, 2, 6 con un $Wc = 0,906$.

Dado que el conjunto de prácticas implicadas son las: 1, 2, 6 y 9, las eliminaremos una a una las 4. Recogemos de nuevo el resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1	5,9,19 y 5,6,19	0,922	Supera
2	1,9,14, y 1,6,14	0,950	Supera
6	1,9,11 y 1,2,9	0,906	Iguala
9	1,6,11 y 1,2,6	0,906	Iguala

Tabla 19 Grupo TL. Extracción de una en una de las prácticas que forman la terna.

En este caso solamente encontramos ternas que igualan y superan el resultado de la iteración inversa, y también conseguimos encontrar el valor máximo absoluto de la serie.

b) Extracción de dos en dos de las prácticas que forman las ternas.

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1,2	5,9,19	0,922	Supera
1,6	5,9,16	0,906	Iguala
1,9	5,6,19	0,922	Supera
2,6	5,9,19	0,922	Supera
2,9	5,6,19	0,922	Supera
6,9	2,5,16	0,848	No supera

Tabla 20 Grupo TL. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman la terna.

Conseguimos encontrar ternas que superan la máxima conseguida por el método de iteración inversa directo, pero no la máxima absoluta de la serie.

c) Extracción de las 4 prácticas implicadas en las ternas:

Prácticas eliminadas	Terna máx. Wc	Wc	Observación
1,2,6,9	4,5,11	0,867	No supera

Tabla 21 Grupo TL. Extracción de las tres prácticas que forman la terna.

Tampoco conseguimos encontrar la terna máxima.

Conclusiones

De los resultados obtenidos se deduce que, en este caso, el resultado mejor se obtiene con el método mixto, dado que se ha conseguido encontrar en todos los casos la terna que ofrece el mayor valor de Wc con un esfuerzo de cálculo mucho menor que el cálculo sistemático de todas las ternas posibles y buscar el valor máximo de todas ellas.

4.3.3. Análisis del caso de agrupaciones de 4 prácticas

Igual que en el caso de ternas ya tenemos todos los datos. Realizando el cálculo de la totalidad de las combinaciones sin repetición sobre las 19 prácticas cogidas de 4 en 4 (opción de cálculo del programa “per agrupacions: 4”), obtenemos los grupos de 4 prácticas que nos dan los valores máximos absolutos:

Grupo	Grupo de 4 máx. Wc	Wc
Todo	1,4,16,19	0,639
ST	1,2,8,18	0,731
SE	1,2,13,16 1,4,8,13 1,8,13,16	0,907
TL	1,6,9,14	0,942

Tabla 22 Máximos absolutos calculados por el método exhaustivo (conjuntos concordantes de 4 prácticas).

Método mixto

Como hicimos con las ternas, aplicamos el proceso de “iteración inversa” y nos fijamos en el momento en que nos quedan 6 prácticas, y repetimos el mismo algoritmo con todas las

prácticas menos con una de estas 6 (con 18). Realizaremos de nuevo la operación eliminando cada vez una de las 6 prácticas y buscando en cada ocasión si se produce un grupo de 4 prácticas que obtenga un valor superior de W_c que el que había obtenido el grupo de 4 de máximo valor de W_c partiendo con la totalidad de prácticas.

El diagrama de flujo sería el mismo que para el caso de ternas, con la excepción que buscaremos los mejores W_c de las combinaciones de 4 prácticas.

Realizaremos el cálculo para el conjunto de los alumnos de la asignatura y también para cada una de las especialidades: ST, SE y TL.

Para el conjunto completo de alumnos

El resultado del programa en el momento que quedan 6 prácticas es el siguiente: 1, 4, 9, 13, 16 y 19.

Si consultamos de nuevo el resultado del programa para buscar el grupo de 4 con valor máximo de W_c , vemos que corresponde al grupo 1, 4, 16 y 19 con un $W_c = 0,639$, que además es el grupo de 4 prácticas con el máximo absoluto de la serie.

Consultamos de nuevo los resultados del programa eliminando cada vez una de las 6 prácticas indicadas y comprobamos si obtenemos un grupo de 4 prácticas con un máximo de W_c superior a 0,639. Se muestra el resultado en la siguiente tabla:

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. W_c	W_c	Observación
1	4,13,16,19	0,536	No supera
4	1,9,16,19	0,625	No supera
9	1,4,16,19	0,639	Mismo grupo
13	1,2,9,16	0,631	No supera
16	1,4,9,19	0,624	No supera
19	1,2,14,16	0,637	No supera

Tabla 23 Grupo TOT. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).

En este caso encontramos el grupo de 4 que presenta el valor máximo de W_c de toda la serie, y que también lo encontramos por el procedimiento de iteración inversa: 1, 4, 16 y 19 con un $W_c = 0,639$.

Para la especialidad de Sistemas de Telecomunicaciones (ST)

Parando el proceso de iteración inversa en las 6 prácticas, las que quedan son: 1, 2, 5, 8, 18, y 19.

Consultamos el resultado para ver cuál era la agrupación de 4 con el máximo valor de W_c y corresponde a: 1, 2, 8 y 18 con una $W_c = 0,731$. También es el máximo absoluto de la serie.

Realizamos de nuevo los cálculos, eliminando cada vez una de las 6 prácticas. Aunque en este caso ya sabemos que no hay ningún máximo superior, el resultado es el de la tabla siguiente:

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	2,5,18,9	0,600	No supera
2	1,8,10,18	0,719	No supera
5	1,2,8,18	0,731	Mismo grupo
8	1,2,5,18	0,723	No supera
18	1,2,5,8	0,681	No supera
19	1,2,5,18	0,723	No supera

Tabla 24 Grupo ST. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).

Igual que el caso anterior encontramos el grupos de 4 que presenta el valor máximo de Wc de toda la serie, y que también lo encontrábamos por el procedimiento de iteración inversa: 1, 2, 8 y 18 con un a Wc = 0,731.

Para la especialidad de Sistemas Electrónicos (SE)

Para esta especialidad las 6 prácticas son: 1, 4, 8, 13, 16, y 19.

La agrupación de 4 con el máximo valor de Wc corresponde a: 1, 8, 13 y 16 con una Wc=0,907, empatada con 1, 4, 8 y 13, encontrados con el procedimiento de iteración inversa. También son máximos absolutos de la serie.

Realizamos de nuevo los cálculos, eliminando cada vez una de las 6 prácticas. De nuevo sabemos que no hay ningún máximo superior, aunque hay un tercer grupo de 4 que también obtiene el mismo valor (1, 2, 13 y 16). El resultado es el de la tabla siguiente:

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	8,13,16,19	0,899	No supera
4	1,8,13,16 y 1,2,13,16	0,907	Mismo grupo y otro que iguala
8	1,4,13,16	0,891	No supera
13	1,8,16,19	0,885	No supera
16	1,4,8,13	0,907	Mismo grupo
19	1,8,13,16 y 1,4,8,13	0,907	Mismos grupos

Tabla 25 Grupo SE. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).

Encontramos los 3 grupos de 4 que presentan el valor máximo de Wc de toda la serie. Con el método de iteración inversa encontrábamos 2 de los tres grupos que empatan en el valor máximo de Wc =0,907.

Para la especialidad de Telemática (TL)

Partimos de las 6 prácticas: 1, 2, 5, 6, 9, y 11.

La agrupación de 4 con el máximo valor de Wc correspondía a: 1, 2, 6 y 9 con una Wc=0,925, utilizando iteración inversa.

El máximo absoluto de la serie, como encontramos por el método de agrupaciones de 4 sabemos que corresponde al grupo: 1, 6, 9 y 14 con una Wc=0,942.

Aplicando el método mixto buscamos de nuevo los grupos de Wc máximos:

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	5,6,9,19	0,931	Supera
2	1,6,9,14	0,942	Supera
5	1,6,9,14	0,942	Supera
6	1,2,9,11	0,917	No supera
9	1,2,6,11	0,917	No supera
11	5,6,9,19	0,931	Supera

Tabla 26 Grupo TL. Resultado método mixto (conjuntos concordantes de 4 prácticas).

Por el método mixto encontramos el grupo de 4 máximo absoluto de la serie: 1, 6, 9 y 14 con una $Wc=0,942$, y un segundo grupo (5, 6, 9 y 19) que supera el resultado obtenido por el método de iteración inversa sin ser tampoco el máximo absoluto.

Método iterativo con extracción de grupos de 4

Recordamos el método. Realizaremos tres procesos con el mismo objetivo de buscar máximos locales mayores que los obtenidos por la iteración inversa tal cual sobre el total de las 19 prácticas.

- A partir de los datos obtenidos de la iteración inversa, buscamos el grupo de 4 prácticas que nos ha dado el valor máximo de Wc. Extraemos una de las prácticas que forman el grupo y repetimos la iteración inversa con las 18 prácticas restantes, y comprobamos si hemos obtenido un nuevo grupo de valor Wc superior, repitiendo el proceso para las 4 prácticas del grupo inicial.
- En esta variante del método extraeremos las prácticas del grupo inicial de 2 en dos, repitiendo el proceso para todas las combinaciones posibles de 2 en 2 sin repetición, buscando de nuevo un grupo de valor Wc superior y haciendo el cálculo sobre las 17 prácticas restantes.
- En esta ocasión extraeremos directamente las 4 prácticas del grupo inicial obtenido de la iteración inversa sobre las 19 prácticas. Realizaremos el nuevo cálculo por iteración inversa sobre las 16 prácticas restantes.

El diagrama de flujo para grupos de 4 sería igual que el de las ternas, con la excepción de que en lugar de buscar la terna de mayor valor de Wc, buscaremos la agrupación de 4 prácticas y por tanto resultaran más combinaciones de 2 prácticas y más iteraciones.

Para el conjunto completo de alumnos

En la iteración inversa el grupo de 4 que nos dio el máximo Wc fue: 1, 4, 16 y 19 con un $Wc = 0,639$, recordamos que además es el grupo de 4 prácticas con el máximo absoluto de la serie.

- Las 4 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. Dado que son las 4 prácticas que forman el único máximo absoluto de la serie y las eliminamos una a una, es de esperar que no obtengamos ningún máximo de WC que lo supere. Recogemos de nuevo el resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	4,13,16,19	0,536	No supera
4	1,9,16,19	0,625	No supera
16	1,4,9,19	0,624	No supera
19	1,2,14,16	0,637	No supera

Tabla 27 Grupo TOT. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.

b) Extraemos las prácticas de dos en dos, sin repetición:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,4	9,13,16,19	0,530	No supera
1,16	4,9,13,19	0,528	No supera
1,19	2,9,13,16	0,505	No Supera
4,16	1,9,13,18	0,616	No supera
4,19	1,9,13,16	0,612	No supera
16,19	1,4,9,13	0,612	No supera

Tabla 28 Grupo TOT. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.

Observamos que no encontramos ningún otro caso que iguale o supere, lo cual es normal dado que no lo hay.

c) Si extraemos las 4 prácticas que forman el grupo:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,4,16,19	6,9,13,19	0,471	No supera

Tabla 29 Grupo TOT. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.

Tampoco encuentra otro máximo superior.

Para la especialidad de Sistemas de Telecomunicaciones (ST)

En la iteración inversa el grupo de 4 que nos dio el máximo Wc fue: 1, 2, 8 y 18 con un a Wc = 0,731, que además es el grupo de 4 prácticas con el máximo absoluto de la serie.

a) Las 4 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. Dado que son las 4 prácticas que forman el único máximo absoluto de la serie y las eliminamos una a una, de nuevo es de esperar que no obtengamos ningún máximo de WC que lo supere. El resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	2,5,18,9	0,600	No supera
2	1,8,10,18	0,719	No supera
8	1,2,5,18	0,723	No supera
18	1,2,5,8	0,681	No supera

Tabla 30 Grupo ST. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.

b) Extraemos las prácticas de dos en dos, sin repetición:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,2	5,7,10,17	0,587	No supera
1,8	2,5,18,19	0,600	No supera
1,18	5,7,9,17 y 2,5,7,17	0,578	No Supera
2,8	1,8,10,18	0,719	No supera
2,18	1,5,7,17	0,643	No supera
8,18	1,2,5,7	0,640	No supera

Tabla 31 Grupo ST. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.

Observamos que no encontramos ningún otro caso que iguale o supere, lo cual es normal dado que no lo hay.

c) Si extraemos las 4 prácticas que forman el grupo:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,2,8,18	5,7,9,17	0,578	No supera

Tabla 32 Grupo ST. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.

Tampoco encuentra otro máximo superior.

Para la especialidad de Sistemas Electrónicos (SE)

Recordamos que para SE, por el método de iteración inversa encontramos un empate de 2 grupos de 4 prácticas que nos daban el máximo valor de Wc: 1, 4, 8 y 13, y 1, 8, 13 y 16, con Wc = 0,907.

En el cálculo exhaustivo de todas las posibles combinaciones sin repetición de agrupaciones de 4 pudimos constatar que efectivamente estas dos agrupaciones son máximos absolutos de la serie junto con una tercera: 1, 2, 13 y 16 que empataba con el mismo valor de Wc.

Dado el empate entre dos grupos de 4, partiremos de las prácticas de ambos grupos sin repetición: 1, 4, 8, 13 y 16

a) Las 5 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. El resultado se muestra en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	8,13,16,19	0,899	No supera
4	1,8,13,16 y 1,2,13,16	0,907	Mismo grupo y otro que iguala
8	1,4,13,16	0,891	No supera
13	1,8,16,19	0,885	No supera
16	1,4,8,13	0,907	Mismo grupo

Tabla 33 Grupo SE. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.

Encontramos los mismos grupos y también el tercero con el mismo valor de Wc.

b) Extraemos las prácticas de dos en dos, sin repetición:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,4	8,13,16,19	0,899	No supera
1,8	4,13,16,19	0,883	No supera
1,13	8,16,17,19	0,767	No Supera
1,16	4,8,13,19	0,875	No supera
4,8	1,2,13,16	0,907	Iguala
4,13	1,8,16,19	0,885	No supera
4,16	1,2,8,13	0,891	No supera
8,13	1,4,16,19	0,869	No supera
8,16	1,2,4,13	0,878	No supera
13,16	1,4,8,19 y 1,4,8,17	0,860	No supera

Tabla 34 Grupo SE. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.

Encontramos el tercer caso que iguala el valor máximo de la serie.

c) Si extraemos las 4 prácticas que forman el grupo:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,4,8,13,16	7,9,17,19	0,589	No supera

Tabla 35 Grupo SE. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.

Tampoco encuentra otro máximo superior.

Para la especialidad de Telemática (TL)

En la iteración inversa el grupo de 4 que nos dio el máximo Wc fue: 1, 2, 6 y 9 con un a Wc = 0,925.

Aunque el máximo absoluto de la serie es el grupo formado por: 1, 6, 9 y 14 con una Wc= 0,942.

d) Las 4 prácticas quedaron incluidas en el resultado anterior, ya que formaban parte de las 6 prácticas eliminadas. El resultado en la tabla siguiente.

Práctica eliminada	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1	5,6,9,19	0,931	Supera
2	1,6,9,14	0,942	Supera
6	1,2,9,11	0,917	No supera
9	1,2,6,11	0,917	No supera

Tabla 36 Grupo TL. Extracción de una en una de las prácticas que forman el conjunto de 4.

Sí que encontramos el máximo absoluto de la serie.

e) Extraemos las prácticas de dos en dos, sin repetición:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,2	5,6,9,19	0,931	Supera
1,6	2,9,9,16	0,901	No supera
1,9	5,6,16,19	0,916	No Supera
2,6	5,9,11,19	0,899	No supera
2,9	5,6,11,19	0,899	No supera
6,9	2,5,11,16	0,844	No supera

Tabla 37 Grupo TL. Extracción de dos en dos de las prácticas que forman el conjunto de 4.

Observamos que encontramos otro caso que supera el máximo inicial, aunque no es el máximo absoluto de la serie.

f) Si extraemos las 4 prácticas que forman el grupo:

Prácticas eliminadas	Grupo 4 máx. Wc	Wc	Observación
1,6,9,14	2,5,11,16	0,844	No supera

Tabla 38 Grupo TL. Extracción de las cuatro prácticas que forman el conjunto de 4.

Tampoco encuentra otro máximo superior.

Conclusiones

Con el método mixto, respecto del de iteración inversa, mejora porque encontramos todos los posibles máximos absolutos de cada una de las series.

El método iterativo con extracción de grupos de 4, para el conjunto de todos los alumnos y para ST no consigue igualar el de iteración inversa. Para SE y TL sí que consigue encontrar todos los máximos absolutos y por tanto supera los resultados de la iteración inversa.

4.4. A modo de conclusión: consideraciones decisorias sobre el método mixto

4.4.1. Por qué es eficiente el método mixto: una idea orientativa

Supongamos una materia con un cierto número de contenidos distinguibles que el estudiante debe asimilar. Tanto da si dichos contenidos distinguibles son las llamadas *lectio*³ en el lenguaje de la pedagogía medieval como si son las *unidades de aprendizaje* en el lenguaje de la educación del siglo XXI. Es de esperar que algunas unidades puntuales sean más fáciles de entender por parte de los alumnos que el resto de las que componen el curso o la disciplina. También es de esperar que ocasionalmente, por simetría, algunas sean más difíciles.

³ La *lectio* es la unidad de lectura que se establecía en los monasterios. Es decir, el texto que era leído por un monje mientras los demás atendían, que evoluciona en castellano generando la palabra *lección*.

Si la distancia que separa tanto a unas como a otras de lo que podríamos denominar “esfuerzo medio de comprensión”⁴ es grande, entonces es también de esperar que tales unidades no sean descartadas en los primeros pasos del método iterativo. Así las cosas, las unidades que definen las agrupaciones con valores elevados de la W de Kendall tienden a “sobrevivir” a las primeras cribas de dicho método. En consecuencia, al proceder de manera exhaustiva en la segunda parte del método aumenta la probabilidad de encontrar los máximos absolutos.

4.4.2. Dónde empieza el método mixto: el conjunto base

Es lógico preguntarse cuántos elementos tienen que considerarse para proceder a la segunda etapa del método mixto. Hemos visto en apartados anteriores que, para agrupaciones de 3 y 4, con 6 ítems para la segunda etapa se llegaba al máximo en cada algoritmo de iteración inversa. Ahora bien, ¿seguirá siendo eficiente un conjunto de 6 ítems cuando busquemos agrupaciones de 5? A efectos de nomenclatura llamaremos *conjunto base* a estos ítems que marcan la frontera entre una etapa y otra del método mixto; y, por otra parte, llamaremos *conjunto final* a la agrupación resultante de aplicar el método, es decir la o las combinaciones que obtienen el mayor valor de Wc.

Es obvio, pues, que el orden del conjunto base tiene que ser mayor que el del conjunto final. Ahora bien, si hubiera mucha diferencia entre ellos, el método mixto no sería exitoso, pues se habría reducido a poco más que el método de iteración inversa. Por otra parte, si el conjunto base es excesivamente ajustado, según el razonamiento del apartado anterior, es probable que algún ítem importante para valores altos de la W de Kendall hubiera caído de la selección antes de entrar en la segunda etapa.

En coherencia también con el apartado anterior, es obvio que dependerá de de las distancias de dificultad entre los ítems el hecho de que algunos ítems importantes entren o no en el conjunto base una vez que se inicia el método mixto. Puede decirse, por tanto, que al igual que sucede en el análisis de clúster y otras pruebas similares, corresponde al investigador fijar un listón o criterio para considerar un cierto número de elementos a los que se aplica un algoritmo determinado. De su elección, o de la realización de aproximaciones de ensayo y error, dependerá el éxito del algoritmo. La siguiente figura resume grosso modo el método mixto:



Figura 12 Conjuntos relevantes del método mixto.

⁴ No se entienda ahora esta expresión como un concepto educativo, puesto que su definición rigurosa encerraría bastante dificultad. Entiéndase como una simple idea orientativa de lo que se quiere dar a entender.

Expondremos a continuación el código propio diseñado para la realización del cálculo exhaustivo, la iteración inversa y los métodos alternativos mencionados.

4.5. Análisis funcional del software

Se precisaba de un software capaz de hacer el cálculo del coeficiente de correlación de Kendall a partir de un fichero de datos con las notas de las prácticas obtenidas por cada alumno (juez).

Inicialmente utilizamos el conocido paquete de software estadístico SPSS, y obtuvimos con él los primeros resultados que permitieron empezar a definir la estrategia a seguir.

El hecho de buscar correlaciones de todas las posibles agrupaciones y combinaciones sin repetición de prácticas, generaba una salida de datos excesiva con el mencionado programa, hasta el punto de que el ordenador sobre el que realizábamos la ejecución se “colgaba”.

Igualmente se hacía necesario realizar un programa que generase las agrupaciones y combinaciones que se necesitaban y lanzara de forma automática para cada una de ellas el cálculo de los coeficientes de correlación, cosa que con la versión del software SPSS de la que disponíamos no se podía hacer. Por eso se optó por diseñar e implementar un software propio que superará las mencionadas limitaciones.

Consultados programadores expertos de nuestra Universidad y teniendo en cuenta los objetivos y la experiencia previa del director de esta tesis y de su autor se convino que la mejor opción era utilizar el entorno de programación de Microsoft “Visual Studio 2010” y el lenguaje de programación “Visual Basic”.

Se hará el análisis funcional del software desarrollado, que a partir de ahora llamaremos “Cálculos Kendall”, utilizando mapas conceptuales. Para ello nos valdremos del conocido software del IHMC (Institute for Human and Machine Cognition) (IHMC, 2012) llamado Cmap Tools (IHMC, 2011).

El primer mapa (Figura 13) permite seguir el flujo principal del programa. La selección del fichero origen de los datos, el tipo de cálculo a realizar, la llamada al procedimiento de cálculo propiamente dicho de los coeficientes de correlación, y la escritura en el fichero de resultados.

El segundo mapa (Figura 14) explica con más detalle el cálculo de los coeficientes de correlación de Kendall. A partir de las prácticas que se han seleccionado para realizar el cálculo, se genera la matriz de notas de entrada. Dado que el cálculo no se realiza con las notas, si no con los rangos, se hace necesario generar la matriz de rangos a partir de estas. Con esta matriz ya podemos calcular W (sin considerar empates de rango) y W_c (aplicando la corrección para considerar la existencia de posibles empates (como se detalla en el apartado 3.3.3. del capítulo 3)).

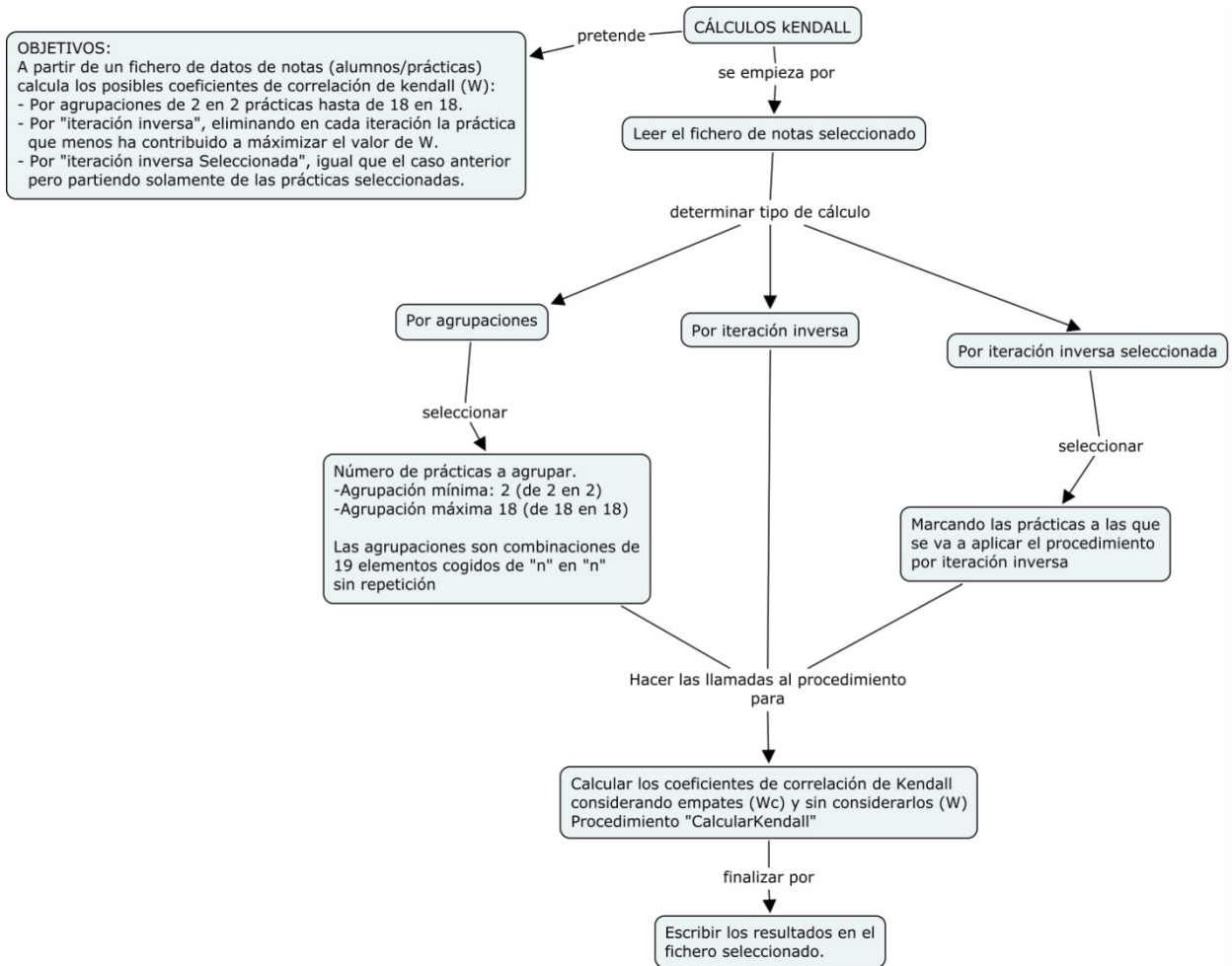


Figura 13 Procedimiento general del software "Cálculos Kendall".

El tercer mapa (Figura 15) detalla el proceso cuando se selecciona el tipo de cálculo por agrupaciones. Una vez el usuario escoge el valor de la agrupación entre el intervalo de 2 a 18, se generan todas las posibles combinaciones de las 19 prácticas, sin repetición, tomadas de "n" en "n". Para cada una de las combinaciones se hace una llamada al procedimiento de cálculo de W y Wc. Se busca, entre todas las combinaciones, la que da el valor máximo de Wc. El resultado es un fichero de salida en el que cada línea contiene una combinación junto con su resultado de W y Wc. En la última línea se escribe el número total de combinaciones calculadas y la combinación que ha dado el valor máximo de Wc.

El mapa de la iteración inversa corresponde a la Figura 16. En este caso se trata de, empezando con las 19 prácticas, excluir una y realizar el cálculo de W y Wc con las 18 restantes. Se repite el proceso extrayendo cada vez una práctica distinta y realizando el cálculo con las 18 restantes. Una vez realizada esta primera iteración, se busca la combinación de prácticas que ha obtenido el máximo valor de Wc. Se escribe el resultado en el fichero de salida escribiendo dos líneas, la primera con las prácticas que han intervenido en el cálculo para esta iteración y la segunda con la práctica, que al excluirla, ha proporcionado el máximo valor de W y Wc.

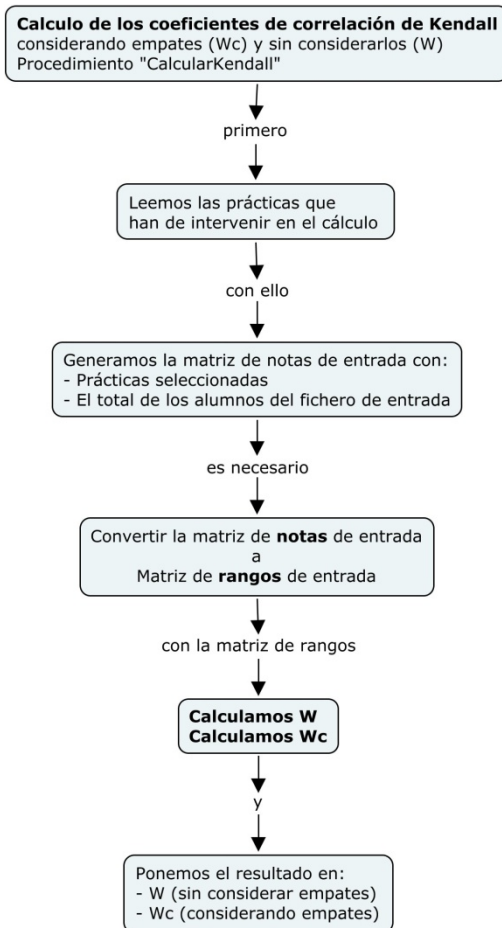


Figura 14 Cálculo de W y Wc.

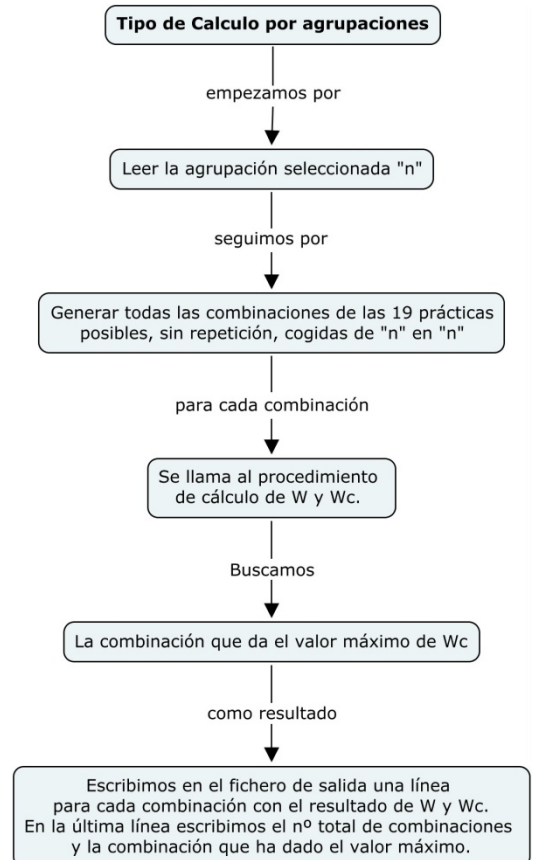


Figura 15 Cálculo por agrupaciones.

Antes de realizar la siguiente iteración, eliminamos la práctica mencionada y nos quedamos con 18. Sobre estas realizamos la misma operación (2ª iteración), quedándonos con 17 prácticas. Repetimos el proceso hasta quedarnos solamente realizando el cálculo de W y Wc sobre dos prácticas. Siguiendo el fichero de resultados vemos que los valores de W y Wc van aumentando a medida que vamos descartando las prácticas que han ido produciendo las peores correlaciones. Este procedimiento pretende encontrar combinaciones de prácticas que ofrezcan una máxima correlación, pero con un coste computacional muy inferior (como se explica en Figura 1). Le llamamos iteración inversa por el hecho de empezar con todas las prácticas y perder una en cada iteración, yendo de más a menos.

El caso del tipo de cálculo por iteración inversa seleccionada (Figura 17), es similar al de la iteración inversa. Solamente se diferencian por un proceso inicial de selección de prácticas a partir de las cuales se va a realizar el cálculo, es decir, nos permite excluir un subconjunto de prácticas antes de aplicar el algoritmo de la iteración inversa. El objeto de esto es facilitar la aplicación del método de extracción de ternas y el método mixto que tienen por objetivo mejorar los resultados del algoritmo de iteración inversa sin llegar al coste computacional del método exhaustivo al buscar todas las combinaciones sin repetición de todas las posibles agrupaciones, tal como se describe en el apartado 4.2.1 de este capítulo.