

PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

TESIS DOCTORAL

**“APLICACIÓN DE UN
APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN
ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE
INGENIERÍA DEL RIEGO Y DE LA
CONSTRUCCIÓN”**

Director de Tesis Doctoral: Dr. José María Fernández Batanero

Doctorando en Educación: Dr. César Antonio Rodríguez González

Sevilla, marzo de 2017

“El hombre nada puede aprender sino en virtud de lo que ya sabe”

Aristóteles (384-322 a. C.)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos aquellos que de una u otra forma han colaborado en la realización de esta tesis. En primer lugar a mi Director, Dr. José María Fernández Batanero por su apoyo y dirección, al Dr. José María Reyes Rebollo, por su paciencia y dedicación al atenderme en todo momento, al Dr. Jesús Fernández Gavira por su atención y correcciones en el estudio piloto, al Dr. Javier Rodríguez Santero por su inestimable saber estadístico, a mis alumnos sin los cuales ni tendría sentido ni se podría haber hecho investigación alguna, a los ingenieros de ingeniar -especie en extinción actualmente-, a las Universidades de Sevilla y Huelva, por su fiscalización académica y medios respectivamente, a mi familia por estar ahí; y a los sabios que nunca conocí personalmente por dejarme atisbar alguna brizna de verdad.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	15
2. ORIGEN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS	20
3. OBJETIVOS Y METAS	22
3.1. OBJETIVOS	22
3.2. METAS	24
PARTE I. MARCO TEÓRICO	27
1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	29
1.1. ANTECEDENTES	29
1.1.1. ABP COMO METODOLOGÍA ACTIVA DE APRENDIZAJE	29
1.1.2. EL ABP EN LA ENSEÑANZA DEL DERECHO	32
1.1.3. METODOLOGÍAS DIDÁCTICAS EMPARENTADAS CON EL ABP	36
1.1.4. LA ESCUELA DE MEDICINA DE MCMASTER Y ABP	38
1.1.5. EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DIDÁCTICOS	40
1.1.6. LA DIDÁCTICA DE LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS Y PROBLEMÁTICA ASOCIADA	46
1.1.7. EVALUACIÓN E IMPLANTACIÓN DE UN ABP	54
1.2. BASES TEÓRICAS DEL ABP EN INGENIERÍA	61
1.2.1. EL ABP COMO DIDÁCTICA ESPECÍFICA	61
1.2.2. EL APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ALUMNO	64
1.2.3. GENERACIÓN DEL APRENDIZAJE EN SUBGRUPOS	65
1.2.4. EL DOCENTE ADQUIERE EL PAPEL DE TUTOR	65
1.2.5. EL APRENDIZAJE RADICA EN LA GENERACIÓN DE PROBLEMAS	66
1.2.6. ENFRENTARSE A LOS PROBLEMAS DESARROLLA COMPETENCIAS	67
1.2.7. EL APRENDIZAJE AUTODIRIGIDO GENERA NUEVO CONOCIMIENTO	69
2. ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA EN ESPAÑA	70
2.1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA	70
2.2. ESCUELAS TÉCNICAS E IMPLANTACIÓN DEL ABP	75

2.2.1.	PROBLEMÁTICA DE LA IMPLANTACIÓN DEL ABP EN INGENIERÍA.....	75
2.2.2.	MEJORA DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA A TRAVÉS DEL ABP.....	77
2.3.	TIPOLOGÍAS DIDÁCTICAS EN ENSEÑANZAS TÉCNICAS	80
2.3.1.	MÉTODO EXPOSITIVO.....	80
2.3.2.	REALIZACIÓN DE PROBLEMAS POR EL DOCENTE	82
2.3.3.	TRABAJO EN GRUPO Y TRABAJO DE LA ASIGNATURA	83
2.3.4.	APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS.....	84
PARTE II. MARCO EMPÍRICO.....		87
1.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA	89
2.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	89
2.1.	METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	91
2.1.1.	MÉTODO CIENTÍFICO APLICADO.....	91
2.1.2.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO CUASIEXPERIMENTAL EMPLEADO.....	94
2.1.3.	INDUCCIÓN DE HIPÓTESIS POSIBLE.....	101
2.1.4.	EFICACIA Y EFICIENCIA EN LA EVALUACIÓN DEL ABP.....	103
2.1.5.	VARIABLES DE DISEÑO Y CLÁUSULA CETERIS PARIBUS	105
2.2.	FASES DE LA INVESTIGACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	111
2.2.1.	MAPA CONCEPTUAL GENERAL.....	112
2.2.2.	DISEÑO, IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL ABP.....	114
2.2.3.	MODIFICACIONES EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	129
2.2.4.	PLANIFICACIÓN TEMPORAL	133
2.3.	TOMA DE DATOS Y MEDIOS DE INVESTIGACIÓN.....	135
2.3.1.	CONTEXTO DEL EXPERIMENTO.....	135
2.3.2.	ANÁLISIS DE TAMAÑO MUESTRAL.....	137
2.3.3.	INSTRUMENTOS Y MEDIOS DE INVESTIGACIÓN	142
2.3.4.	PROCEDIMIENTO DE LA TOMA DE DATOS.....	148
2.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	151
2.4.1.	MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS.....	151
2.4.2.	FILTRADO DE DATOS Y COMPROBACIONES PREVIAS.....	156

2.4.3.	ESTUDIO DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS POR MATERIAS.....	168
2.4.4.	ANÁLISIS COMPARADO MEDIANTE LA PRUEBA T DE STUDENT	174
2.4.5.	ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA).....	180
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	184
4.	CONCLUSIONES	207
5.	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	209
	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	211
	ANEXOS.....	233
1.	PRUEBA U DE MANN-WHITNEY	235
2.	PRUEBA ANOVA-H DE KRUSKAL-WALLIS	239
3.	PRUEBA χ^2 (CHI CUADRADO) CON DATOS DICOTOMIZADOS	241
4.	PRUEBA ANOVA: INFORMACIÓN EXTENDIDA.....	243

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES, TABLAS Y FOTOS:

ILUSTRACIONES:

<i>Ilustración 1.</i> Instrumentalización del modelo cuasiexperimental.	97
<i>Ilustración 2.</i> Mapa conceptual general. Fuente: elaboración propia.	113
<i>Ilustración 3.</i> Caso de Estudio 7: Nave industrial para almacén. Plano de Cimentación	117
<i>Ilustración 4.</i> Organización semanal orientativa. Extracto de la guía docente de la asignatura “Construcciones Agrarias”.	150
<i>Ilustración 5.</i> Pruebas estadísticas paramétricas. Fuente: elaboración propia.	154
<i>Ilustración 6.</i> Pruebas estadísticas no paramétricas. Fuente: elaboración propia.	155
<i>Ilustración 7.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Pretest. Construcciones.	160
<i>Ilustración 8.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Pretest. Construcciones.	161
<i>Ilustración 9.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Pretest. Ing. Riego.	162
<i>Ilustración 10.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Pretest. Ing. Riego.	163
<i>Ilustración 11.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Postest. Construcciones.	164
<i>Ilustración 12.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Postest. Construcciones.	165
<i>Ilustración 13.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Postest. Ing. Riego.	166
<i>Ilustración 14.</i> Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Postest. Ing. Riego.	167
<i>Ilustración 15.</i> Comparación de medias. Pretest. Construcciones.	171
<i>Ilustración 16.</i> Comparación de medias. Pretest. Ingeniería del Riego.	173
<i>Ilustración 17.</i> Comparación de medias. Postest. Construcciones.	177
<i>Ilustración 18.</i> Comparación de medias. Postest. Ingeniería del Riego.	179
<i>Ilustración 19.</i> Resultados por método didáctico: análisis comparado. Construcciones, curso 2015-16.	199
<i>Ilustración 20.</i> Resultados por método didáctico: análisis comparado. Ingeniería del Riego, curso 2015-16.	199

Ilustración 21. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control.
Tratamiento recibido: MET. Construcciones, curso 2015-16..... 200

Ilustración 22. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control.
Tratamiento recibido: ABP. Construcciones, curso 2015-16..... 200

Ilustración 23. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control.
Tratamiento recibido: MET. Ingeniería del Riego, curso 2015-16..... 201

Ilustración 24. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control.
Tratamiento recibido: ABP. Ingeniería del Riego, curso 2015-16..... 201

Ilustración 25. Resultados por método didáctico y materia. Curso 2015-16..... 202

Ilustración 26. Resultados por método didáctico agregados. Curso 2015-16..... 203

TABLAS:

Tabla 1. *Planificación temporal actualizada.* 134

Tabla 2. *Composición de los grupos experimentales y de control.*..... 139

Tabla 3. *Estudio de tamaño muestral.*..... 140

Tabla 4. *Resultados de pruebas objetivas para Construcciones. Curso 2015-16.*..... 147

Tabla 5. *Resultados de pruebas objetivas para Ingeniería del Riego. Curso 2015-16.*.... 148

Tabla 6. *Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Pretest. Construcciones.* 160

Tabla 7. *Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Pretest. Construcciones.*..... 161

Tabla 8. *Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Pretest. Ing. Riego.* 162

Tabla 9. *Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Pretest. Ing. Riego.*..... 163

Tabla 10. *Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Postest. Construcciones.* 164

Tabla 11. *Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Postest. Construcciones.* ... 165

Tabla 12. *Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Postest. Ing. Riego.* 166

Tabla 13. *Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Postest. Ing. Riego.*..... 167

Tabla 14. *Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Construcciones.* 170

Tabla 15. *Comprobación de homogeneidad de muestras. Construcciones.* 171

Tabla 16. *Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Ingeniería del Riego.*..... 172

Tabla 17. *Comprobación de homogeneidad de muestras. Ingeniería del Riego.* 172

Tabla 18. *Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Postest. Construcciones.* 176

Tabla 19. *Análisis Comparado. Postest. Construcciones.* 176

Tabla 20. *Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Postest. Ing. del riego.*.... 178

Tabla 21. *Análisis Comparado. Postest. Ingeniería del Riego.* 178

Tabla 22. *Prueba de homogeneidad de varianzas (4 muestras independientes). Postest.* 182

Tabla 23. <i>Prueba de homogeneidad de varianzas (3 muestras independientes). Postest.</i>	183
Tabla 24. <i>Prueba ANOVA para 4 muestras independientes. Postest.</i>	183
Tabla 25. <i>Prueba ANOVA para 3 muestras independientes, excluyendo de las 4 originales el grupo experimental de Construcciones. Postest.</i>	184
Tabla 26. <i>Resumen de los descriptivos de las muestras independientes.</i>	186
Tabla 27. <i>Resumen de la prueba K-S para muestras independientes.</i>	187
Tabla 28. <i>Resumen de los resultados de la prueba de Levene por materias.</i>	190
Tabla 29. <i>Resumen de los resultados de la prueba de T de Student.</i>	191
Tabla 30. <i>Resumen de los resultados de la prueba de ANOVA. Pretest y postest.</i>	194
Tabla 31. <i>Resumen de los resultados de la prueba de ANOVA. Muestras homocedásticas y no homocedásticas.</i>	194
Tabla 32. <i>Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes Games-Howell. Postest.</i>	195
Tabla 33. <i>Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes homocedásticas. Scheffe. Postest.</i>	196
Tabla 34. <i>ANOVA. Subgrupos homogéneos. Scheffe. Postest.</i>	196
Tabla 35. <i>Resultados del análisis comparado de la nota media. Curso 2015-16.</i>	198
Tabla 36. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Construcciones. Pretest.</i>	235
Tabla 37. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Construcciones. Pretest.</i>	235
Tabla 38. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Ingeniería del Riego. Pretest.</i>	236
Tabla 39. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Ingeniería del Riego. Pretest.</i>	236
Tabla 40. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Construcciones. Postest.</i>	237
Tabla 41. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Construcciones. Postest.</i>	237
Tabla 42. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Ingeniería del Riego. Postest.</i>	238
Tabla 43. <i>Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Ingeniería del Riego. Postest.</i>	238
Tabla 44. <i>Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Rangos. Pretest.</i>	239
Tabla 45. <i>Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Estadísticos. Pretest.</i>	239
Tabla 46. <i>Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Rangos. Postest.</i>	240
Tabla 47. <i>Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Estadísticos. Postest.</i>	240
Tabla 48. <i>Prueba chi cuadrado. Resumen de procesamiento de casos. Postest.</i>	241
Tabla 49. <i>Prueba chi cuadrado. Recuento. Tabulación cruzada. Postest.</i>	241
Tabla 50. <i>Prueba chi cuadrado. Recuento. Estadísticos. Postest.</i>	241
Tabla 51. <i>Prueba de homogeneidad de varianzas (4 muestras independientes). Pretest.</i>	243
Tabla 52. <i>Prueba ANOVA para 4 muestras independientes. Pretest.</i>	243
Tabla 53. <i>Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. Scheffe. Pretest.</i>	244
Tabla 54. <i>ANOVA. Subgrupos homogéneos. Scheffe. Pretest.</i>	244

Tabla 55. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GC - CA). Postest.	245
Tabla 56. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GE - IR). Postest.....	245
Tabla 57. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GC - IR). Postest.	245
Tabla 58. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GE - CA). Postest.	245
Tabla 59. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. T2 Tamhane.Postest. .	246
Tabla 60. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. T3 Dunnett.Postest. ...	247
Tabla 61. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. C Dunnett.Postest.	248
Tabla 62. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. HSD Tukey. Postest. .	249
Tabla 63. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. DMS. Postest.....	250
Tabla 64. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. Bonferroni. Postest. ..	251
Tabla 65. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. Sidak. Postest.	252
Tabla 66. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. Gabriel. Postest.	253
Tabla 67. ANOVA. Subgrupos homogéneos. Gabriel. Postest.....	253

FOTOGRAFÍAS:

Foto 1. Howard S. Barrows (1928 –2011).....	40
Foto 2. Alumnos de Grado en Ingeniería Agrícola en una sesión de ABP. E.T.S.I.(1)...	126
Foto 3. Alumnos de Grado en Ingeniería Agrícola en una sesión de ABP. E.T.S.I.(2)...	129
Foto 4. Campus “La Rábida”. E.T.S.I.....	136

NOMENCLATURA DE ABREVIATURAS:

ABP: Aprendizaje Basado en Problemas

CA: Construcciones

EEES: Espacio Europeo de Educación Superior

E.T.S.I.: Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GE: Grupo Experimental

GO: Grupo de Control

IR: Ingeniería del Riego

K-S: Kolmogorov-Smirnoff

MET: Método Expositivo Tradicional

PBL: Problem-Based Learning

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación

ACLARACIONES TIPOGRÁFICAS:

- En el texto las cifras serán dadas en letra hasta la decena, siempre y cuando en el contexto de lectura el número se prefiera por comparación con otros datos numéricos.
- Los nombres en singular Educación, Derecho, Medicina, Ciencias, Enseñanzas Técnicas, Ingeniería y Arquitectura, así como los que se refieran a asignaturas, carreras universitarias, diversas instituciones y algunas ramas de conocimiento, se escribirán con primera letra en mayúscula, a modo de nombre propio.
- Para facilitar la lectura de datos, las tablas tienen un formato APA excepto en los listados estadísticos obtenidos con SPSS, que tienen un estilo de tabla con cuadrícula.

1. INTRODUCCIÓN

“El hombre nada puede aprender sino en virtud de lo que ya sabe” nos decía Aristóteles de Estagira en la pasada era. Sin embargo, la frase no ha perdido actualidad. La formación de los ingenieros ha girado de una Educación Técnica orientada al ejercicio profesional hacia la acumulación escalonada de un saber constituido por conocimientos teórico-prácticos bien fundamentados científicamente. Dichos conocimientos son enseñados guardando buenas similitudes a las formas didácticas de las Facultades de Ciencias y adecuados a la formación y experiencia científica de su profesorado. Pero la Educación en Ingeniería puede orientarse, o completarse, con un enfoque más técnico. No es suficiente con describir el fundamento físico de un artilugio, o predecir su movimiento; además tiene que funcionar y ser útil, y llegado el caso, poder modificarse para mejorar algún atributo. Los ejemplos son innumerables. Las Enseñanzas Técnicas no son excluyentes de la Ciencia, pero analogía no es perfecta similitud. No es nuestro objetivo modificar un sistema educativo, ni tampoco establecer un método didáctico infalible. Tampoco se pretende recuperar las formas didácticas de las Escuelas Especiales de Ingenieros de otras épocas. Tan solo queremos dar una aportación que en lo esencial justifica un modo didáctico de enseñar y aprender en Ingeniería. Dicho modo, más allá de los calificativos que quiéranse darle, ayuda a completar una formación técnica orientada a la Ingeniería práctica (valga la redundancia). En sentido estricto, esta tesis informa sobre un modo de enseñar y aprender con base en un caso concreto. Un modo que no es excluyente del método tradicional expositivo. La didáctica en cuestión, el Aprendizaje Basado en Problemas (en adelante ABP), si se quiere reproducir en otros casos, debe conocerse y saber aplicarse, como suele ocurrir en las artes y oficios. La cercanía de un docente experimentado en ella facilitaría la labor de transmisión. Se incluyen orientaciones derivadas de los resultados de una experiencia efectuada durante tres cursos académicos. Los resultados pretenden reforzar una didáctica en Ingeniería para aprender aprendiendo, encontrar el modo, o como la lengua inglesa expresa, el *know-how*. La lengua francesa lo expresa inmejorablemente con su saber-hacer: *le savoir-faire c'est l'art et la manière*.

El título de la investigación cuyo desarrollo y resultados se exponen es “Aplicación de un Aprendizaje Basado en Problemas en estudiantes universitarios de Ingeniería del Riego y de la Construcción”. La investigación dio comienzo con un estudio piloto realizado en el curso 2013-14 (Rodríguez, 2014), como primer acercamiento al problema. Se desarrolló durante dos cursos académicos más (2014-15 y 2015-16), siendo informados los resultados en los respectivos planes de investigación del correspondiente programa de doctorado en Educación. Finalmente, en el curso 2016-17 se ha finalizado el documento que compone la tesis doctoral que se presenta.

La investigación que se expone ha pretendido averiguar si existen diferencias significativas en los aprendizajes en Ingeniería del Riego y en Construcción entre alumnos que han participado en un programa de enseñanza basada en un ABP combinado con un método didáctico tradicional de tipo expositivo (en adelante MET), y otros alumnos que han participado en un programa de aprendizaje siguiendo un MET en exclusiva. En el estudio piloto se incluyeron alumnos de Construcción de dos titulaciones: Grado en Ingeniería Agrícola y Grado en Ingeniería en Explotación de Minas y Recursos Energéticos. Se continuó profundizando en la didáctica para implantar finalmente un ABP con las correcciones oportunas. Se realizó una nueva evaluación con los alumnos en el curso 2015-16 añadiendo la materia de Ingeniería del Riego del Grado en Ingeniería Agrícola. Durante tres cursos académicos se ha acumulado numerosa información, incluyendo los datos cuantitativos referentes a las consiguientes evaluaciones necesarias, pretest y postest, y que se han ido plasmando selectivamente en los correspondientes planes de investigación. La información recabada ha sido no solo cuantitativa sino también cualitativa derivada del diario de clase, si bien en nuestro caso esta información es complementaria y empleada para discutir algunos objetivos específicos y factores de contexto. El diario de clase ha sido especialmente interesante para determinar una problemática particular de la Ingeniería del Riego con respecto al ABP, y que no ha podido ser detectada en el análisis estadístico (ver pág.188). Las materias objeto de evaluación final en el curso 2015-16 han sido Construcciones Agrarias e Ingeniería

del Riego, ambas del Grado en Ingeniería Agrícola. Las Construcciones Agrarias se han denominado en el documento, en general, como Construcciones a secas.

Los datos obtenidos son referidos a alumnos que han recibido o bien un ABP como didáctica principal combinado con un cierto periodo de MET, o bien un MET en exclusiva. Los datos cuantitativos acumulados durante el período que ha durado la investigación, como veremos posteriormente (pág.145), no son agregables para un análisis estadístico diacrónico, dado que en cada curso académico ha habido modificaciones. Dichas modificaciones, entre otras, han sido en la implantación del ABP y en la herramienta empleada para la valoración de las pruebas objetivas. En consecuencia, la evaluación definitiva fundamentada en un análisis estadístico que se expone en el marco empírico (pág.151 y ss.) y anexos (pág. 233 y ss.) del presente documento, se ciñe a los sujetos a los que se ha aplicado el experimento en el curso 2015-16, como culminación de evaluaciones previas. Ha sido en dicho curso cuando el ABP, tras los errores detectados (pág.129), se ha dado por cerrado en lo que a aspectos de implantación, desarrollo y evaluación se refiere.

La investigación, grosso modo, ha incluido un estudio teórico sobre ABP, un diseño de un ABP para las materias implicadas, su aplicación a los grupos experimentales, y una evaluación del ABP mediante una metodología con diseño cuasiexperimental. El análisis estadístico efectuado ha permitido un análisis comparado entre diferentes grupos experimentales y de control. En el curso académico 2014-15 hemos intensificado el esfuerzo dedicado a profundizar en aspectos teóricos del ABP y a planificar para el curso siguiente las directrices a seguir, tras los problemas de implantación detectados en el estudio piloto. Se han ajustado los modelos y se cerró completamente una herramienta de evaluación de las pruebas objetivas. Ya en el curso 2015-16, el ABP se implantó en los grupos experimentales con las correcciones dadas y empleando una herramienta adecuada de medición del rendimiento académico conforme a una serie de pruebas objetivas. La variable rendimiento académico es función de otras variables conforme a una expresión matemática que posteriormente se detalla (pág. 146). La docencia con

ABP en las materias objeto de evaluación, durante los cursos académicos 2013-14 y 2015-16, ha sido impartida por el profesor autor de esta tesis.

Los sujetos que han participado del experimento global han sido 166 alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Huelva repartidos en diferentes grupos experimentales y de control. En el curso 2015-16, destinado a la evaluación final con un ABP corregido, los sujetos participantes de la evaluación han sido 96 alumnos repartidos en 2 grupos experimentales y 2 grupos de control. Asociado a los sujetos participantes ha habido una serie de mediciones que han formado las respectivas muestras de datos. Dichos alumnos han recibido docencia en asignaturas del área de Ingeniería de la Construcción conforme a los detalles que se dan en el marco empírico. Un número de alumnos razonablemente reducido por grupo ha sido condición necesaria para poder aplicar un ABP conforme a los postulados fundamentales de la didáctica en cuestión (pág.61 y ss.). Esta condición no es exclusiva de las Enseñanzas Técnicas, sino propia a las necesidades fundamentales y contextuales del ABP (Barrows y Tamblyn, 1980; Woods, 2012).

En el análisis estadístico inferencial, la variable dependiente establecida ha sido el rendimiento académico, expresado por los resultados obtenidos en las pruebas objetivas fijadas; y la variable independiente ha sido el tratamiento recibido (ABP combinado con MET, o bien MET en exclusiva). A las variables anteriores se le añadió una cláusula *ceteris paribus* al objeto de definir con claridad las variables del experimento (pág.105). El análisis estadístico es, en lo que respecta a métodos estadísticos, paramétrico y no paramétrico tras haberse cumplido una serie de condiciones que lo ha permitido (pág.156). Se realizó un estudio de homogeneidad de muestras y posteriormente se emplearon en el análisis comparado entre grupos experimentales y de control diversas técnicas que son comentadas en el apartado correspondiente (pág.184). Acompañan unos anexos donde se incluye un análisis estadístico no paramétrico complementario e información extendida de la prueba ANOVA (pág. 243).

Previamente, tanto en los planes de investigación como en diversos trabajos destinados a la difusión (Rodríguez y Batanero, 2017a; 2017b), se ha empleado una técnica estadística no paramétrica robusta: la prueba de la mediana. Una postura conservadora fue la que nos llevó a utilizarla, habiéndose cumplido los objetivos en su empleo. Esta prueba, a su vez, ha sido empleada por autores de reconocida solvencia académica en análisis comparados en el ámbito educativo con grupos reducidos (García Llamas et al., 2006). Sin embargo, tras realizar una serie de correcciones en la implantación del ABP y cumplir estrictamente las condiciones de normalidad de todas las muestras implicadas por separado, se decidió dar un paso al frente y adoptar un análisis paramétrico. Dicho análisis nos ha aportado una información más descriptiva y completa, incluyéndose los resultados correspondientes a las pruebas T de Student y ANOVA en el apartado dedicado al tratamiento estadístico (pág.151 y ss.) Los resultados del análisis estadístico, acompañados de la información cualitativa procedente del diario de clase para aspectos contextuales, comprende el material de base que ha permitido el análisis de resultados y la discusión asociada (pág.184 y ss.) El análisis estadístico complementario incluido en los anexos comprende las pruebas U de Mann-Whitney, tanto para el estudio de homogeneidad de muestras como para el análisis comparado de muestras independientes, la prueba ANOVA H de Kruskal-Wallis para el análisis comparado de muestras sin discriminar por materias, y una interesante prueba χ^2 (chi cuadrado) aplicada a muestras dicotomizadas en la forma que se indica posteriormente (pág.241).

Los resultados, tras un análisis comparado entre ABP y MET, han sido significativamente favorables a la implantación del ABP en las materias implicadas con los matices que se expondrán posteriormente (pág.184 y ss.) El análisis estadístico ha estado orientado a la evaluación favorable o desfavorable del ABP, dejando de lado otras cuestiones transversales que se incluyen en las futuras líneas de investigación (pág.209). En cuanto a las palabras clave que podemos vincular al presente trabajo, a efectos de catalogación, proponemos las siguientes: Aprendizaje Basado en Problemas, Formación de Ingenieros, Método Cuasiexperimental, Construcciones Agrarias e Ingeniería del Riego.

2. ORIGEN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

El presente documento se justifica por la necesidad de proporcionar de forma pormenorizada el desarrollo y los resultados de la investigación efectuada. El documento con formato de estudio, se ha estructurado en un marco teórico y un marco empírico por decisión del autor y director. La estructuración propuesta permite, a nuestro entender, facilitar su lectura y comprensión. Sin delimitación neta conceptual, pues existe información que puede vincularse a ambos marcos, el contenido del estudio se reparte como sigue:

- Marco teórico: comprende las bases teóricas del ABP orientadas a la enseñanza de la Ingeniería, revisión de la literatura seleccionada de interés para la investigación y un apartado sobre la enseñanza de la Ingeniería en España y ABP. Se incluyen una serie de comentarios sobre una selección de tipologías didácticas en Enseñanzas Técnicas.
- Marco empírico: comprende el material y métodos con las bases del método científico aplicado y la descripción del modelo con diseño cuasiexperimental empleado, las fases y mapa conceptual de la investigación seguida, el análisis estadístico con los contrastes correspondientes, el análisis de resultados y discusión; y las conclusiones.

Las bases teóricas del ABP incluidas en el marco teórico han sufrido modificaciones como resultado de la parte empírica en el curso de la investigación. Diversas adaptaciones en el contexto de la enseñanza en Ingeniería, con respecto a los postulados más ortodoxos del ABP, han tenido que ser efectuadas para hacer factible su implantación en el ámbito referenciado. Por tanto, la linealidad en la exposición no es coincidente con la aproximación reiterativa que se ha sucedido para llegar al documento final. Asimismo aparecerán en el texto varias referencias cruzadas entre apartados. El objetivo de ello es vertebrar toda la información y facilitar al lector la comprensión del texto.

La labor de implantación del ABP requiere de una tutorización importante. Y los medios docentes disponibles han sido limitados. Un aspecto circunstancial para poder haber llevado a cabo la investigación, tal como se ha realizado en las aulas, se debe a que todos los grupos partícipes del experimento han sido no mayores de 26 alumnos. En grupos grandes no es viable el ABP en el contexto de las Enseñanzas Técnicas. En otros contextos educativos posiblemente tampoco sean viables grupos grandes, si se quieren mantener las directrices de la didáctica en cuestión (Barrows y Tamblyn, 1980; Woods, 2012). En este sentido se deben sopesar los medios docentes de que se dispone y dividir en grupos reducidos el total de alumnos por curso. En cuanto a aspectos metodológicos, para evaluar el ABP mediante un análisis comparado frente a otra metodología (MET), nos decantamos por un diseño cuasiexperimental cuantitativo. El tamaño reducido de los grupos, si bien es positivo para la tutorización y gestión de las clases con ABP, ha impuesto fuertes restricciones en el análisis estadístico (pág. 151 y ss.) En cuanto a las aportaciones de la presente investigación, se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- 1) Fundamentación contrastada para una implantación del ABP en Ingeniería en las materias objeto de evaluación.
- 2) Alertar de los posibles problemas a los que se pueden enfrentar los docentes en situaciones similares de implantación de ABP.
- 3) Mejora en la docencia en Ingeniería promoviendo un método didáctico eficaz y más eficiente que el tradicional MET cuando este último se emplea como metodología didáctica exclusiva.

Derivado de lo anterior, se ha seleccionado el ABP como la metodología docente fundamental en algunas materias del área de Ingeniería de la Construcción, impartidas en la E.T.S.I. de la Universidad de Huelva. En las guías docentes de las correspondientes asignaturas se ha institucionalizado el cambio de metodología docente.

3. OBJETIVOS Y METAS

3.1. OBJETIVOS

El objetivo principal, mencionado en la introducción y expresado formalmente como pregunta, es responder al siguiente problema de investigación:

1. ¿Existen diferencias significativas en los aprendizajes en Ingeniería del Riego y Construcciones entre alumnos que han participado en un programa de enseñanza basada en un ABP, y otros alumnos que han participado en un programa de aprendizaje siguiendo un MET en exclusiva?

Asociado al objetivo principal se han fijado unos objetivos específicos. Estos objetivos tienen relación con el problema de investigación planteado y con el método propuesto para su resolución. Las técnicas de investigación empleadas (pág.135 y ss.) han permitido obtener información para dar cumplimiento a los objetivos establecidos, el principal y los específicos. Los objetivos específicos establecidos han sido:

2. Precisar y emplear los términos eficacia y eficiencia para comparar el ABP con el MET y establecer si el ABP es preferible a otras didácticas, con base en los resultados del rendimiento académico de los alumnos.
3. Enumerar los posibles problemas detectados en el proceso de implantación del ABP.
4. Considerar si la evaluación en base al rendimiento académico es suficiente para cubrir los beneficios del ABP, si los hubiere.
5. Detectar posibles diferencias en la aplicación del ABP con respecto a las materias evaluadas.

La respuesta a cada uno de los objetivos ha requerido distintas tareas, sin delimitación neta entre éstas. De forma sumaria daremos en este párrafo algunas

indicaciones relativas a su resolución. Para el primer objetivo específico se incluyó un análisis de los términos en cuestión en un apartado dedicado a ello (pág.103). Adelantaremos que no es baladí la cuestión por las razones que se apuntarán en dicho apartado. El segundo objetivo, de utilidad para lectores interesados en implantación del ABP, se ha cumplido gracias a la información recopilada en el diario de clase relativa a las sesiones con ABP y a las correcciones que se han tenido que ir haciendo en los cursos sucesivos (pág.129). En este sentido se relaciona con el objetivo específico número cuatro, que no deja de ser un aspecto particular sobre la implantación del ABP. Se dedujo que, para ambas materias, se requiere de un periodo de MET no excluyente del ABP. El tercer objetivo específico es un corolario del objetivo principal una vez cumplido, si bien requiere de una precisión al respecto, dado que tras la experiencia recibida hubo indicios de que existe un desarrollo de competencias favorable a la implantación del ABP, de difícil medición. El último objetivo se ha resuelto comparando datos de los diferentes grupos discriminados por materias. La información cualitativa del diario de clase ha sido necesaria para detectar y precisar la problemática en la materia Ingeniería del Riego. Dicha materia se dedujo que es, desde el punto de vista didáctico, más reluctante para recibir ABP que la materia relativa a la Construcción. Cada uno de los objetivos específicos mencionados tiene su respuesta en las conclusiones finales del documento siguiendo la misma numeración (pág.207).

Los objetivos fijados se han cumplido realizando una investigación empírica durante tres cursos académicos, conforme a lo comentado anteriormente. Ha implicado un proceso de aplicación y evaluación del ABP, ajustado a un diseño de investigación previamente establecido, con unos resultados que se exponen y discuten en el marco empírico. Se ha requerido de un tratamiento estadístico de los datos clasificados por materias incluyendo un estudio de homogeneidad de muestras sobre los datos de pretest, un análisis comparado mediante técnicas estadísticas paramétricas (T de Student y ANOVA) incluyendo los datos de postest y un análisis no paramétrico con la prueba χ^2 (chi cuadrado) con datos muestrales de postest dicotomizados en “APTO” y “NO APTO”. En total, en el último curso

académico con un ABP implantado conforme a las correcciones y deficiencias detectadas en cursos anteriores, se realizaron 4 pretest y 4 postest. El proceso ha sido acompañado por un diario de clase que ha recopilado información descriptiva que se discute en el apartado correspondiente (pág.184). Esta información, si bien complementaria para el objetivo principal, ha sido útil para cumplir algunos objetivos específicos. En particular, ha sido especialmente valiosa para analizar los factores de contexto que no han podido ser clarificados con los instrumentos de investigación cuantitativa empleados. Ciertas diferencias entre materias tampoco han podido ser detectadas en el análisis estadístico. Formalmente, el diario de clase ha sido un medio de investigación, utilizado en Antropología de la Educación, del tipo observación participante, participada (valga la redundancia) por el autor, y conforme a los postulados de Hammersley y Atkinson (2007).

La investigación empírica ha estado fundamentada sobre un estudio teórico sobre el ABP. En el marco teórico se ha incluido una selección de referencias utilizadas, bien para la aplicación del ABP a las Enseñanzas Técnicas universitarias, o bien para otras cuestiones. La revisión de la literatura expuesta ha sido selectiva y no ha agotado, ni mucho menos, las referencias de interés. En dicho marco teórico también se exponen algunas trazas sobre la historia de la enseñanza de la Ingeniería y los medios de impartición de las Enseñanzas Técnicas, al objeto de mejorar nuestra perspectiva de contexto del problema. La aplicación de las bases teóricas del ABP a la enseñanza de la Ingeniería es nuestra y no debe entenderse tradicional.

3.2. METAS

Asociadas a los objetivos específicos anteriores, y sin asignación neta, se han fijado unas metas a alcanzar como consecuencia de dichos objetivos a cumplir. Estas metas son discutidas al final del apartado de análisis de resultados y discusión (pág.205). Tenemos:

- a) Mejorar la eficiencia en el proceso enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Construcción e Ingeniería del Riego.

- b) Reducir el porcentaje de suspensos asociados a las asignaturas donde se implante el ABP.
- c) Reducir el abandono de los estudios de Ingeniería por falta de motivación del alumnado.
- d) Establecer una propuesta válida favorable a la implantación del ABP en Ingeniería.
- e) Ayudar a mejorar la calidad de la enseñanza en las asignaturas de Construcción e Ingeniería del Riego, acercando los conocimientos adquiridos a la práctica profesional real futura mejorando las competencias profesionales de los alumnos.

Las metas se han secuenciado atendiendo a su concreción, y en sentido ascendente de amplitud. Para cumplir los objetivos y metas planteadas, se diseñó la investigación que nos ocupa cuyas fases se exponen posteriormente (pág.111). Si bien los objetivos se pueden dar por cumplidos con el presente trabajo, las metas no han sido todas actualmente cumplidas. Ha supuesto un deseo del autor y director su cumplimiento, siendo la meta “c” trascendente con respecto a nuestros medios. Las metas “a”, “b” y “d” sí se pueden dar por alcanzadas, como se podrá deducir de los resultados (pág. 184 y ss.) Con respecto a la meta “c” habrá que esperar a las estadísticas sobre el alumnado, si bien la deducción sobre la afectación que se pueda hacer con dos materias sobre muchas más en el Grado en Ingeniería Agrícola, es difusa. Si se añaden la variabilidad derivada de los cambios a lo largo del tiempo en la docencia (y en los docentes), resultará todavía más difícil establecer un análisis diacrónico sin demasiadas interferencias. En cambio, si la implantación del ABP fuera más extensa en el tiempo y asignaturas, quizás se podría medir con precisión este punto. Por ahora determinemos que la meta “c” es de deseable alcance, pero exige una labor de equipo en diferentes materias que trasciende los medios disponibles.

La meta “e” merece un comentario más detallado aparte. Si bien es alcanzable, es muy difícil de medir de forma cuantitativa. Las encuestas sobre

evaluación de la docencia, realizadas por el alumnado, si bien es condición necesaria para la evaluación de la calidad, no son suficientes para tratar la cuestión del desarrollo de competencias. Si el ABP mejora las competencias profesionales, supongamos, en ese caso la opinión del alumnado sobre dicha mejora es muy importante, por supuesto. Pero la opinión del alumnado se refiere a unas circunstancias estudiantiles diferentes de las futuras profesionales. Dado que es en un futuro como ingenieros donde podrán ejercer dichas competencias plenamente, el problema de medición del desarrollo de competencias ex-ante resulta complejo (ver líneas futuras de investigación, pág.209). Por tanto, en el estado actual del conocimiento determinamos que la meta “e” es deseable y perfectamente alcanzable, si bien existe dificultad para precisar el grado de amplitud de dicho alcance, debido a su vez a la dificultad para medir el desarrollo de competencias profesionales.

PARTE I. MARCO TEÓRICO

1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

1.1. ANTECEDENTES

Comprende este apartado una revisión de la literatura y antecedentes relacionados con la temática que nos ocupa. La selección no ha sido exhaustiva, sino únicamente ceñida a trabajos útiles, que nos han servido de algún modo en la investigación. La asignación de algunas referencias a los distintos epígrafes es a título orientativo, dado que su alcance podría haberlo incluido en varios. Comenzaremos con una introducción a las metodologías activas, para seguir con la historia del ABP y su evolución desde el Derecho a la Medicina. Comentaremos algunas didácticas cercanas al ABP hasta llegar a la propuesta de ABP de la Escuela de Medicina de McMaster, de donde extraeremos los postulados básicos teóricos para la implantación del ABP. Continuaremos comentando una selección de referencias, útiles para la evaluación en el contexto de análisis comparado que nos ocupa. Y finalizaremos con una selección de trabajos útiles para una evaluación e implantación del ABP.

1.1.1. ABP COMO METODOLOGÍA ACTIVA DE APRENDIZAJE

Las metodologías activas de aprendizaje otorgan un papel fundamental al estudiante en el proceso formativo, ya que el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje depende en gran medida de la actitud de implicación y responsabilidad que desarrolle hacia el mismo. Los resultados de la aplicación de dichas metodologías activas son muy positivos, pues aportan al estudiante una mayor implicación, motivación e interés, mayor interiorización de los conocimientos adquiridos, mayor desarrollo de competencias profesionales y transversales, mayor integración y relación de los nuevos conocimientos con otros anteriores y una menor tasa de abandono de los estudios (ERAGIN, 2012; Robledo et al. 2015). Con este enunciado es con el que comenzamos el apartado pues sintetiza a nuestro

juicio los dos aspectos esenciales de las metodologías didácticas activas: el papel activo del estudiante en el proceso enseñanza-aprendizaje y una mejor integración de los conocimientos adquiridos.

El papel activo del alumno en la didáctica activa es un cambio drástico con respecto al MET. En esta última metodología didáctica, el estudiante asiste como espectador pasivo. Por tanto, la asimilación del conocimiento no se produce ipso facto, o no preponderantemente al completo, pues requiere de un estudio posterior, bien en solitario o acompañado, pero en ningún caso en el aula en el momento de la impartición de la clase magistral. Las metodologías activas, en sus diferentes variantes, tampoco garantizan una asimilación completa en el preciso momento de la clase, ni eximen de la dedicación al estudio independiente de las horas de clase. Pero sí hay un proceso que ya comienza, pasando de un mero saber a un camino que llevará a adquirir un saber-hacer iniciado en el mismo aula. La mejor integración de los conocimientos tiene diferentes facetas, como por ejemplo exigir un enlace con otras ramas de conocimiento por razón de determinados problemas o el proyecto que se plantea, un mejor desarrollo de competencias según la propia percepción de los alumnos (Du y Kolmos, 2006; Robledo et al., 2015), y ante todo un acercamiento al ejercicio profesional futuro para las Enseñanzas Técnicas (Fernández y Duarte, 2013).

Con respecto a estas últimas, podemos añadir que en didáctica de las Enseñanzas Técnicas las metodologías activas son, si cabe, tan importantes o más que en otros estudios, dada la responsabilidad futura del estudiante en el ejercicio de la que será su profesión. Puesto que la toma de decisiones asociada al ejercicio profesional futuro como ingeniero o arquitecto conllevará una responsabilidad agregada, el haberla ensayado o experimentado previamente implica un acercamiento al saber-hacer que la didáctica expositiva en exclusiva difícilmente podrá aportar. A su vez, y en el presente estudiantil universitario, una reducción de la tasa de abandono por parte de los alumnos de Enseñanzas Técnicas, y disponer de un método eficiente para el desarrollo de competencias profesionales, hacen a las metodologías activas una opción alternativa frente a otras metodologías de corte únicamente expositivo. No obstante, dada la variabilidad de materias a

impartir, diferencias formativas por especialidades, formación y experiencia del profesorado, diferentes metodologías de didácticas activas y otros factores, cada caso requerirá del correspondiente estudio de donde deducir las implicaciones correspondientes. La presente tesis, en su vertiente empírica, se ha ceñido a un caso concreto de investigación con una evaluación final sobre unos grupos de alumnos del Grado en Ingeniería Agrícola, de donde se han deducido una serie de conclusiones con diferente grado de extrapolación a otros casos (pág. 207).

El ABP se enmarca dentro de las metodologías activas de aprendizaje. La principal característica de este método de abordar el aprendizaje activo consiste en que se plantea un problema, el cual demanda al alumno una serie de conocimientos y competencias directamente relacionados con el área técnica objeto del aprendizaje. Pero también se requieren de ciertas competencias transversales que ayudan o facilitan la consecución exitosa del caso. La paradoja que parece surgir es la siguiente: el problema que se plantea demanda unos conocimientos y competencias, pero dichos conocimientos y competencias, a priori, o no se tienen o no están integrados en forma tal que permitan una solución. Y sin embargo, los postulados clásicos sobre ABP, como veremos posteriormente (pág.61), dan por hecho que en el proceso se genera conocimiento (pág.69), y además, precisamente el que permitirá llegar a la solución. La tutorización adecuada del ABP es fundamental para que la metodología sea exitosa tanto en la resolución del problema como en las implicaciones futuras.

Según nuestro criterio, en base a la experiencia en la didáctica, el ABP tiene la posibilidad de generar conocimiento por tres razones: en primer lugar por la capacidad mental humana de generar nociones y abstracciones, y establecer las asociaciones correspondientes; en segundo lugar por la interconexión del conocimiento personal que los partícipes del ABP ponen a disposición de cada grupo concreto creando una auténtica red de saberes y experiencias; y en tercer lugar, como factor externo, la disponibilidad de información, facilitada en los últimos tiempos por las TIC en sentido lato (catálogos digitales, webs de diversa índole, foros, herramientas audiovisuales, etc.) que poco a poco condicionan la realidad socio-educativa (Cabero-Almenara, 2010). El calificativo dado a la

metodología en cuestión hace referencia a la resolución de problemas, que por lo demás tiene un papel fundamental en cualquier nivel del sistema educativo, no estando ceñido al nivel universitario. La destreza para resolver problemas es uno de los objetivos más importantes de la Educación en Ciencias en general, y en las Enseñanzas Técnicas en particular.

Pero también el ABP es un hecho social: aunque circunscrito a los partícipes en el momento de la sesión, la interrelación entre compañeros de grupo es fundamental para la didáctica en cuestión. Sin grupo, no hay ABP. Dentro del aula, de hecho, se forman “pequeñas sociedades”, formadas a lo sumo por 3 a 10 alumnos (dependiendo de la modalidad de ABP y ámbito de estudio) que comparten culturas científico-profesionales, comunes en parte y variables en el detalle de cada individuo. No concebimos, por tanto, un ABP en solitario, sin perjuicio del trabajo autónomo del estudiante. El tutor forma parte de esas pequeñas sociedades en la clase de ABP, recibiendo conocimiento también, y sirviendo de puente entre ellas, a la vez que facilita el acceso a ciertos conocimientos que permitirán a la postre resolver el caso. Tampoco se concibe en ABP un tutor carente de humanidad y cultura, en el sentido antropológico de sistema de conocimientos. Usando una metáfora, el ABP se configura como una especie de aglutinante didáctico, que acelera el proceso de asimilación de conocimientos, juntando y rejuntando componentes diversos para resolver un caso.

1.1.2. EL ABP EN LA ENSEÑANZA DEL DERECHO

En sus inicios, el ABP comenzó a aplicarse a la enseñanza del Derecho bajo el nombre de *estudio del caso*, con variantes según escuelas y autores. Su análisis en profundidad, sin duda interesante en el ámbito del Derecho, nos resulta algo alejado del problema que nos ocupa actualmente. No obstante, en este epígrafe comentaremos algunos aspectos de interés para entender los orígenes del ABP y distinguir la didáctica en cuestión de otras modalidades. Suele aceptarse que el ABP comenzó en Medicina, hecho que es conveniente precisar. Sí es cierto que en el ámbito de las Ciencias, y con el nombre específico de ABP (Problem Based

Learning en inglés), la enseñanza de la Medicina fue el campo donde se ensayaron las primeras sistematizaciones de la didáctica en cuestión. Tanto por fundamentación científica como por su mayor desarrollo, la expansión del ABP en el ámbito de la Medicina fue crucial para implantar la metodología didáctica.

En las Facultades de Medicina, un campo tradicionalmente con fuerte implicación experimental, el ABP fue tomando cuerpo y se formalizó en los años 60 y 70, siendo Barrows su precursor (Barrows, 1985; Barrows y Pickell, 1991). Los grandes iniciadores del ABP en medicina, Barrows y Tamblyn (1980), definen al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos” (pág. 1). La Universidad de McMaster (Canadá), entre la década de los 60 y 70, ha sido un antecedente clave en el desarrollo del ABP (Barrows, 1971; Barrows et al. 1984). Desde entonces, el ABP ha evolucionado adaptándose a las necesidades de las diferentes áreas en las que se aplica. Posteriormente seguiremos analizando el ABP sobre este ámbito (pág.38).

El ABP no tiene en su origen en el Derecho una terminología y ámbito de estudio parecido a lo que actualmente se concibe como tal. Sin embargo, en aspectos didácticos, los orígenes del ABP están más próximos al Derecho que a otras ramas. Pero no nos referimos al Derecho Romano, de cuyos casos algunos inclusive se han popularizado, sino más concretamente a la jurisprudencia anglosajona (*Common Law*). Al basarse tradicionalmente el Derecho anglosajón más en las sentencias que en las leyes con respecto al Derecho de tradición latina -denominado Derecho continental actualmente-, se ha dicho en ámbitos jurídicos que es un “sistema jurisprudencial” (Wendell y Holmes, 1969). Dicho sistema jurisprudencial otorga preeminencia, o mayor peso si se quiere, a las sentencias de los jueces y tribunales; lo cual tiene implicaciones -que no serán objeto de análisis aquí-, como por ejemplo la creación por parte del poder legislativo de leyes no demasiado clarificadas, esperando que los tribunales y jueces las interpreten judicialmente, y de ahí la necesidad de un “canon de interpretación” que acote la variabilidad interpretativa (Gluck, 2013).

Pero sí hay una implicación interesante para entender las raíces epistemológicas del ABP: en dicho sistema, la principal fuente del Derecho son las propias sentencias judiciales, y en su ejercicio formativo y preparatorio ocupa un lugar destacado lo que se denomina como *caso típico*. Si bien es cierto que conocemos casos tradicionales estudiados en Derecho Romano; algunos como por ejemplo el relativo a la naturaleza de las abejas, que es conocido popularmente: salvajes para Justiniano, para Próculo salvajes y por tanto apropiables, y para Gayo amansables (domesticables) (García Garrido, 2006), lo cierto es que desde hace casi dos mil años el *caso* está *resuelto* (entiéndase el ejemplo en contexto): para el Código Civil español, en su artículo 612 las abejas se consideran salvajes y apropiables (cuando se trata de enjambre, no encerradas en panales). El margen de decisión sobre la aplicación de leyes a los casos, por parte de los jueces y tribunales de la zona de influencia del Derecho continental, es estrecho. Sin embargo, en el Derecho anglosajón no están los casos tan determinados, al no haber unas leyes (en general) tan precisadas en todos y cada uno de los ámbitos posibles, habiendo un juego mucho mayor por parte de los decisores: jueces y tribunales. Jurídicamente diríamos que la *ratio decidendi* tiene mucha mayor trascendencia en el Derecho anglosajón con respecto al Derecho Continental europeo. De ello deriva un principio propio del Derecho anglosajón expresado con la locución latina *stare decisis et non quieta moveré* (a veces *stare decisis* a secas): “las sentencias dictadas por un tribunal crean precedente judicial y vinculante para casos similares”. En el Derecho continental también hay una jurisprudencia que se crea y comanda, pero en una tesitura de actuación mucho más estrecha y definida. En Derecho anglosajón la importancia de la *stare decisis* es notable, siendo el *estudio del caso* la herramienta para la formación en Escuelas e Institutos Legales de Estados Unidos. Ya ilustró en 1928 el profesor de la Universidad de Columbia Herman Oliphant, con su discurso inaugural como presidente de la *Association of American Law Schools*, la importancia no solo del estudio del caso, sino la transversalidad con otras ramas del saber para alcanzar una objetividad en las sentencias y decisiones judiciales. Pero también connota una difusión metodológica al ámbito de la Ciencia, con una utilidad del estudio del caso,

todavía entonces inexplorada al completo. Sus palabras fueron premonitorias de lo que 50 años después se desarrollaría en el ámbito de la Medicina:

"Nuestro material [para el estudio del] caso es una mina de oro para el trabajo científico. No ha sido científicamente explotado. [...] Debemos examinar críticamente todos los métodos que se utilizan actualmente en cualquiera de las ciencias sociales y que tenga cualquier grado útil de objetividad".

(Oliphant, 1928)

Tras la reforma en los planes de estudio de Derecho promovida por Oliphant en la Universidad de Columbia en torno a 1924, se difundió el cambio a otras escuelas de leyes de EE.UU. La formación de los estudiantes en Derecho anglosajón requirió de la especialización de algunas materias impartidas en el estudio de casos, con peculiaridades propias, con respecto a otros estudios ligados al Derecho continental. Se establecieron los estudios de *casos típicos*. Formalmente se estableció el *casebook method* en inglés (que no debemos confundir con el *case method* a secas que comentamos en el epígrafe siguiente, aunque nos parezca en una traducción literal al castellano más cercano al *estudio del caso*).

Los casos de estudio en la metodología de enseñanza en Derecho anglosajón –con más menos parecido a la enseñanza en Derecho continental–, no están al comienzo resueltos, ni tampoco serán asimilables en todo a uno, o varios casos precedentes. De ahí la necesidad de revisar la literatura sobre casos anteriores, como base para resolver. Pero, la ley cuando se aplica, no se hace mediante una formulación rígida, y ni mucho menos exacta. Esta flexibilidad, este juego de movimientos permisibles en la decisión a adoptar, traslada una responsabilidad de *iure* al decisor que no se encuentra, o no con tanta tesitura, en el Derecho continental. Habrá casos con analogías, que no siendo similitudes completas, pueden permitir establecer comparaciones. Este hecho en un ámbito de estudio jurídico, desde el punto de vista didáctico, jugó un importante papel en el desarrollo paulatino del ABP al pormenorizar una didáctica que acabó

implantándose en los estudios de casos, en las Universidades e Institutos Legales de Derecho anglosajón.

1.1.3. METODOLOGÍAS DIDÁCTICAS EMPARENTADAS CON EL ABP

Barrows, precursor del ABP en Medicina y gran desarrollador de la didáctica en cuestión, en 1986 publicó un artículo en la revista *Medical Education*, en donde estableció una taxonomía sobre los diferentes métodos didácticos que el autor englobó en ABP, en sentido amplio. El artículo en cuestión distinguió diferentes didácticas englobadas en el ABP, siendo recomendable su estudio para aquellos lectores interesados en esquemas clasificatorios. Por su parte, Woods (2012) posteriormente restringió lo que él denomina *auténtico aprendizaje basado en problemas* a una forma más ortodoxa del ABP, dado que con el tiempo fueron apareciendo numerosas variantes didácticas, algunas de las cuales se alejan bastante de la primera propuesta de Barrows. Pero el acento puesto por Woods no es tanto en las variantes perfectamente determinadas a priori, sino en implantaciones poco cuidadas de ABP que acaban desvirtuando los objetivos de la didáctica. El autor insiste en que los problemas que no tienen conexión con la realidad profesional no forman parte de un ABP. Siguiendo con la clasificación de Barrows, nosotros mencionaremos el *case method* para evitar confusiones con el *estudio del caso* en Derecho. En el *case method* se enfatiza la toma de decisiones estratégicas por encima de otros aspectos. De ahí que su utilización pedagógica actual sea frecuente en escuelas de negocios y de Ciencias Empresariales de EE.UU., Gran Bretaña y países asiáticos con influencia histórica británica. Una diferencia clave con el *estudio del caso (casebook method)* del Derecho es que en este último se toma como referencia casos ya acontecidos como factor controlante clave de la decisión (la jurisprudencia), mientras que en el *método del caso (case method)* el análisis está orientado a un diagnóstico actual sobre el que establecer unas decisiones que conllevarán un pronóstico. Para la clasificación de Barrows, el

casebook method del Derecho pareciera que se pudiera incluir dentro del denominado *case-based lectures*, sin poner por nuestra parte demasiado énfasis dado que el esquema clasificatorio propuesto por el autor no ha agotado todas las posibilidades didácticas.

En cuanto al aprendizaje basado en proyectos en Arquitectura, no explicitado por Barrows en su taxonomía, tiene gran importancia y un lógico parentesco didáctico con el ABP en Ingeniería. Existen grandes parecidos y algunas diferencias con respecto al ABP, y que comentaremos. Para nosotros, el eje central sobre el que gravita la didáctica denominada aprendizaje basado en proyectos es *el proyecto*, valga la redundancia; trasladando el centro de gravedad del enfoque, con respecto al ABP, de un caso o problema, con mayor o menor grado de definición, a un proyecto concreto a realizar y ejecutar, más o menos condicionado o determinado por cuestiones circunstanciales o de uso. Por tanto, no es exactamente un caso abierto, ni un problema, sino una idea o proyecto -edificatorio en Arquitectura las más de las veces-, que condiciona el resto de actividades. El estar ceñido al proyecto arquitectónico, con unas limitaciones propias, desde nuestro punto de vista establece unas pequeñas diferencias que aconsejan tratar el aprendizaje basado en proyectos como una didáctica variante del ABP, sin menosprecio de los parecidos notables que son evidentes. En el aprendizaje basado en proyectos no se aplican de igual forma todas las pautas teóricas del ABP, si bien entendemos que con algunas adaptaciones es perfectamente posible hacerlo (pág.61 y ss.)

Actualmente el aprendizaje basado en proyectos a traspasado las fronteras de la enseñanza de la Arquitectura, pudiéndose encontrar en, por ejemplo, el desarrollo del producto. Pero, también en estos casos, *el producto* constituye otro eje donde gravitar la atención de los partícipes del proceso enseñanza-aprendizaje. Su concepción, diseño, optimización y fabricación suponen problemas que pueden parecerse a los casos del ABP, pero una vez más, la condición del *proyecto* o *producto*, y la inamovilidad que posiblemente conllevará en la formación de los grupos de trabajo –dada la secuencia exigida para resolver el proyecto-, hará que prefiramos tratar en forma independiente a esta didáctica. No es viable, por

ejemplo, en un curso cuatrimestral o semestral inclusive, romper los subgrupos de trabajo en un aprendizaje basado en proyectos que se dediquen al desarrollo de una gran torre. Y en ABP, precisamente la modificación de los subgrupos de trabajo es clave para nosotros (pág.65). En cuanto al fundamento teórico didáctico, en esta tesis hemos preferido decantarnos por la tradición del ABP de Barrows, con los exigentes apuntes dados por Woods en lo relativo al planteamiento de los problemas y sesiones (2012).

1.1.4. LA ESCUELA DE MEDICINA DE MCMASTER Y ABP

Podemos establecer que la primera aplicación, en cuanto al ámbito de las Ciencias se refiere y de forma sistematizada en lo que a didáctica se refiere, lo situamos en la propuesta de la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster (Canadá), entre la década de los 60 y 70. Desde entonces, el ABP ha evolucionado adaptándose a las necesidades de las diferentes áreas en las que fue aplicado. Sus elementos esenciales, y que provienen del modelo desarrollado en McMaster, se mantienen actualmente. En nuestro caso, por ejemplo, la implantación del ABP para el experimento descrito en el marco empírico ha procurado seguir una didáctica fundamentada en los postulados aplicados en la McMaster, con las adaptaciones que se comentan en las bases teóricas del ABP (pág.61 y ss.)

En relación a otro artículo de Barrows (1996) de interés para la enseñanza del ABP en Medicina, es en donde describió las limitaciones de la enseñanza en dicho ámbito conforme a métodos didácticos tradicionales de tipo expositivo. En el artículo en cuestión, además de exponer una serie de limitaciones del método expositivo y tras más de 30 años de aplicación de ABP bajo su supervisión, el autor remarca el impulso que ha supuesto en la enseñanza de la Medicina el ABP, o inclusive, en la Medicina en sí misma dado que el estudio de casos clínicos ha mejorado sensiblemente desde su implantación como método didáctico. También se describe el método ABP y sus características, de donde partiremos para el desarrollo de las bases teóricas expuestas en el apartado correspondiente. El autor

sostiene que el ABP fortalece la capacidad de los médicos para diagnosticar problemas, a través de un método de enseñanza que combina razonamiento e integración de los conocimientos. La enseñanza de contenidos específicos en materias tales como la Psicología o la Anatomía, sin una experiencia integradora y de aplicación como la que proporciona el ABP, no proporciona la experiencia suficiente. Fijémonos que, si somos capaces de abstraer los elementos esenciales del artículo en cuestión y trasladarlos a las Enseñanzas Técnicas, de una forma no explicitada ya se estaba cuestionando positivamente la idoneidad del ABP para el desarrollo de competencias profesionales. Integración de conocimientos es otra de las ideas que hemos considerado al comienzo del apartado como factor esencial de las metodologías activas (pág.30), y que el autor ha aplicado a la enseñanza de la Medicina tomando por ejemplo dos materias teóricamente muy distintas.

A continuación mencionamos un hecho curioso relativo a Barrows y la enseñanza de la Medicina. El ABP se popularizó gracias a la labor precursora suya. Esto conllevó que en EE.UU. haya habido implicaciones mediáticas: por ejemplo, en 2004 comenzó la emisión de la serie televisiva “Dr. House”, la cual versa, entre otras vicisitudes, sobre un polémico médico que, además de brillante, ejerce de facto un ABP en sus subordinados y aprendices –médicos residentes-. Para Burroughs, Brocato y Franz (2009) el Dr. House emplea ABP junto a otras metodologías docentes. Para finalizar el epígrafe, adjuntamos la siguiente foto en homenaje al precursor del ABP, el Dr. Barrows, fallecido hace pocos años (en 2011), y sin duda el investigador con más historia en ABP en el ámbito de las Ciencias:

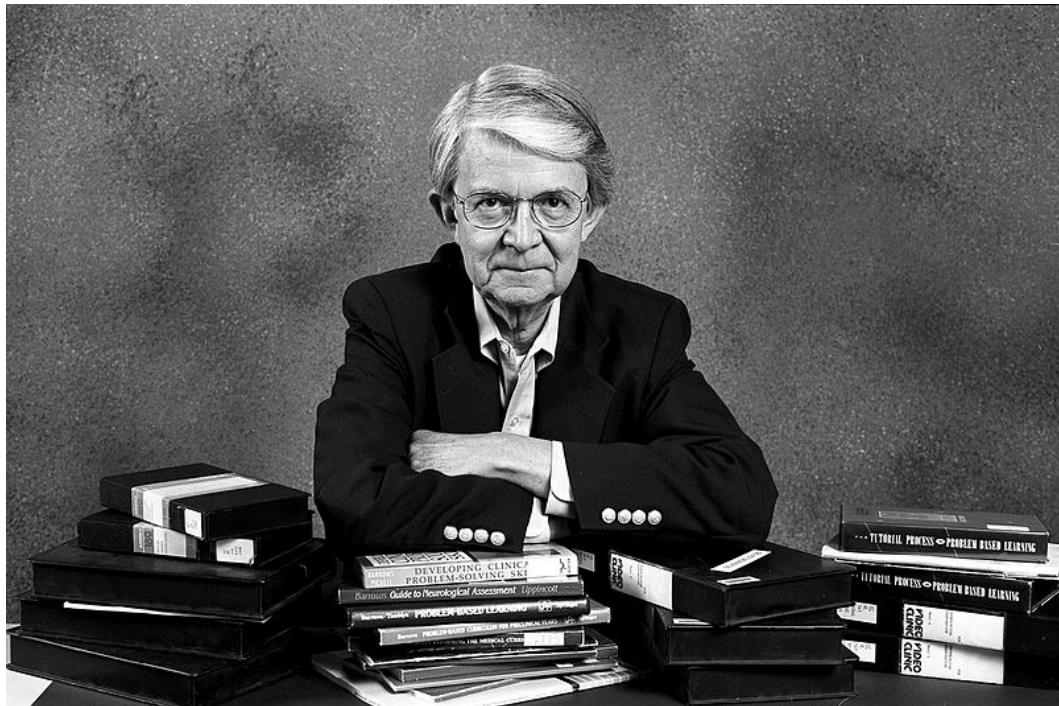


Foto 1. Howard S. Barrows (1928 –2011). Precursor del Aprendizaje Basado en Problemas. Southern Illinois University School of Medicine.Fuente: Portrait of Howard S. Barrows by James R. Hawker (2011). [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) (Free to share and adapt).

1.1.5. EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DIDÁCTICOS

Comentaremos aquí una serie de trabajos de interés sobre evaluación de tratamientos didácticos, tanto en las Enseñanzas Técnicas como en otros ámbitos. Se incluyen referencias sobre aspectos de implantación y evaluación didáctica, evaluación comparativa del ABP en Ingeniería, análisis comparado entre métodos didácticos presencial y semipresencial, trabajo en grupo mediante métodos on-line, empleo de tutor virtual en ABP y necesidad, por el aspecto social, del tutor presencial en ABP. No hemos agotado las referencias posibles de interés, al igual que ocurrió en epígrafes anteriores, si bien existen aquí menos trabajos posibles sobre evaluación de interés para nuestro caso, dada la especificidad de las materias a evaluar.

En la aplicación de metodologías específicas a las Enseñanzas Técnicas, aparecen autores que se dedican específicamente al diseño, como Groenendijk, Janssen, Rijlaarsdam y van den Bergh (2013). En el trabajo de los autores anteriores se dan dos elementos de interés para la investigación en nuestro caso: la creatividad en el diseño, como elemento de interés en el aprendizaje, incluyendo algunas referencias a la lluvia de ideas; y otro aspecto de interés, que deriva de la instrumentalización del experimento mediante un pretest y postest en una metodología de corte experimental (2013, pág. 35). En este artículo se dan las bases de la metodología experimental que han empleado los autores, siendo de interés metodológico para nosotros, a pesar de que en este trabajo el ABP no se desarrolla como didáctica a evaluar explícitamente como tal.

El artículo de Yadav et al. (2011) es probablemente el más interesante de los incluidos en el marco teórico por su parecido con nuestro caso. Por ello, nos detendremos algo más en él. En primer lugar, los autores establecen unos antecedentes en cuanto a métodos de enseñanza. Comentan el cambio de uso de métodos de enseñanza basados en el MET en los cursos de Ingeniería de pregrado, hasta evolucionar a métodos de enseñanza centrados en el alumno, como el ABP. El propósito de los autores en este artículo es describir una investigación sobre el impacto del ABP en la comprensión conceptual de pregrado, en estudiantes de Ingeniería Eléctrica. Buscan establecer diferencias significativas en los aprendizajes, entre alumnos que han seguido un ABP y alumnos que han seguido un MET. También se incluyen las percepciones del aprendizaje utilizando ABP por parte de los propios alumnos, en comparación con el MET. En el diseño y método del experimento contaron con 55 estudiantes matriculados en un curso de Ingeniería Eléctrica en la Universidad del Medio Oeste, en EEUU. El estudio utilizó un diseño de investigación con pretest y postest, con tratamiento mediante ABP, y sin tratamiento diferencial (siguiendo un MET). Los participantes completaron pretest y postest, incluyendo en las pruebas una evaluación de los cuatro temas que incluyó el temario a examinar. También se completó con una encuesta sobre la evaluación de las ganancias de aprendizaje vista desde los propios estudiantes.

Los resultados indicaron una mejora en el aprendizaje de aquellos alumnos que siguieron un ABP, hasta 2 veces los resultados de rendimiento académico de los que siguieron un MET. Sin embargo, y de una importancia capital, los estudiantes pensaron que aprendían más siguiendo las clases a partir de un MET. Como conclusión, los autores muestran que dada la escasa investigación sobre los efectos beneficiosos del ABP en el aprendizaje del estudiante, este estudio proporciona apoyo empírico para el ABP. Se discuten los hallazgos de este estudio y ofrecen algunas implicaciones específicas para los profesores y los investigadores interesados en el ABP en Ingeniería (Yadav et al., 2011: 253-280). Para la investigación propuesta, este artículo es interesante tanto en lo que a aplicación de ABP a la enseñanza de la Ingeniería se refiere, como a la evaluación del mismo mediante una metodología de corte experimental. Las conclusiones a las que llegan son muy importantes para nuestra propuesta. De ellas extractamos:

“Dada la escasa investigación sobre los efectos beneficiosos del ABP en el aprendizaje del estudiante y que la mayor parte de la investigación sobre ABP se ha centrado en las percepciones de los estudiantes, los resultados de este estudio son importantes para la Ingeniería, así como para otras disciplinas [...]” (pág. 266).

“La investigación en el ABP ha sugerido que los estudiantes [que siguen didácticas habituales, como un MET o de realización de problemas por el docente] tienen un mejor desempeño en la adquisición de conocimientos, mientras que los estudiantes de ABP realizan mejor la aplicación del conocimiento y las preguntas de razonamiento [en el ámbito] clínico (Hung et al., 2008)” citado en (Yadav et al., 2011, pág.267)

Comentemos al respecto lo siguiente: los autores son conscientes de la falta de estudio en ABP en el ámbito de la Ingeniería. Citan autores en donde se fundamentan las supuestas bondades del ABP en el ámbito clínico, pero cuando realizan su estudio en Ingeniería llegan a resultados algo distintos. A decir verdad, las conclusiones parecen, quizás, un poco contradictorias: se mejora el rendimiento académico, pero los alumnos no perciben la mejora diferencial del ABP con

respecto al MET. Los autores también se sinceran al decir que su investigación tiene limitaciones (Yadav et al., 2011, pág. 270). En cualquier caso, este artículo representa el experimento más cercano encontrado con respecto al aquí efectuado, tanto por ámbito como por metodología utilizada. Nosotros hemos incidido en una motivación al alumnado, precisamente para evitar los resultados extraños a los que llegaron los autores.

Vamos a comentar ahora un trabajo realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla, con alumnos matriculados en la asignatura de Materiales de Construcción-I. El trabajo presenta interés en lo relativo a aspectos de validación. Los autores (Alducin-Ochoa y Vázquez-Martínez, 2014) analizan si existen diferencias estadísticamente significativas en los resultados académicos cuando los alumnos reciben docencia en la modalidad blended-learning y presencial, para poder diseñar de manera adecuada las metodologías docentes de los nuevos estudios de grado. En la investigación participaron 212 alumnos que conformaron la muestra. El diseño que se aplicó fue del tipo pre-experimental de un solo grupo, dado que los alumnos recibieron todos los dos tratamientos. Se realizó un pretest y un postest, además de recurrir al método descriptivo y correlacional. Los resultados indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas a favor del blended-learning. En la discusión, los autores llegan a una afirmación muy interesante en nuestro caso:

“Es de destacar que la modalidad blended-learning permite un mejor seguimiento del desempeño de los alumnos [citado de] (Sitzmann et al., 2006; Vázquez-Martínez, 2011), lo que se traduce en un aumento del asesoramiento que se les puede ofrecer, aunque esto implica una alta dedicación del profesorado, muy superior a la de la enseñanza presencial [citado de] (Muilenburg y Berge, 2005; Papastrergiou, 2006; Smith, Ferguson y Gupta, 2004)”

(Alducin-Ochoa y Vázquez-Martínez, 2014, pág. 101)

Efectivamente, hay un tema que no se ha tocado demasiado, y es la dedicación exigible al profesorado para metodologías didácticas específicas, tal

como el B-Learning que los autores aplican. No es leve el hecho de que algunos profesores, no formados en las citadas didácticas específicas, piensan que el B-Learning (precisamente por ser una modalidad semipresencial) implica una reducción en la carga de trabajo. La lectura institucional al respecto puede ser más prosaica: si una didáctica requiere menos carga temporal y dedicación, se podrá aumentar el número de alumnos por profesor, con las consecuencias que se deriven. Esta referencia es interesante para, a través de otro caso, ilustrar como las metodologías didácticas no tradicionales, no conllevan como corolario la reducción en la dedicación docente. En nuestro caso, el ABP no libera de carga al docente, sino que es más exigente en dedicación. Pero el docente no conocedor de la didáctica, y por un error de concepción, puede suponer que un profesor en ABP que asume un rol de tutor, no va a tener las mismas responsabilidades en clase que cuando sigue un MET. Lo cierto es que se debe tener en cuenta que la razón del empleo de ABP, tal como lo proponemos nosotros, es con fines de mejora del proceso enseñanza-aprendizaje, no de liberar de carga o responsabilidad al docente. Pero nos sirve este caso para advertir de cualquier deducción ingenua sobre ABP y dedicación docente. En este sentido los autores demuestran, en su ámbito didáctico, la posible mejora en el rendimiento académico, pero con el aumento de dedicación docente con respecto a una metodología presencial (2014, pág.102).

Siguiendo con otros trabajo relacionado con lo anterior, en 2008, Ellis, Goodyear, Calvo y Prosser estudiaron el aprendizaje obtenido por los alumnos, siguiendo un trabajo en grupo, bien según una metodología presencial, o bien según un método on-line (pág. 267). En la investigación efectuada los grupos eran pequeños. La muestra total comprendió $n = 110$. El estudio empleó una serie de cuestionarios y entrevistas para valorar las concepciones de los alumnos, según el medio presencial u on-line empleado. El estudio, de corte fenomenológico, construye una serie de categorías sobre las concepciones de los estudiantes de Ingeniería. En nuestro caso, es interesante el estudio sobre el trabajo en grupo y discusiones asociadas, diferenciando según se emplee un medio presencial o un

medio on-line. No obstante, los cuestionarios y entrevistas, en aspectos de evaluación, se alejan un poco de la metodología utilizada en nuestro caso.

A continuación, analizaremos un estudio interesante sobre el empleo de tutor virtual en ABP. En un contexto de postgrado con 18 estudiantes, Mercier y Frederiksen (2007) se ocuparon de analizar un ABP con una peculiaridad: el empleo de un tutor (entrenador) informatizado para el seguimiento del proceso de aprendizaje. Mediante dicho tutor virtual, la muestra fue sometida a un experimento en ABP donde, formando parejas, éstas se enfrentaban a problemas complejos en el campo de la estadística (Mercier y Frederiksen, 2007, pág.184). Se pretendía un contexto que combinara Educación e Informática, donde el desarrollo de habilidades (competencias si se quiere) de búsqueda es crítico. Para el caso que nos ocupa, es interesante el trabajo expuesto por los autores por ser un ejemplo de tutorización más o menos informatizada. Si bien el ámbito no es el mismo al que se ocupa el presente trabajo, la opción de tutor virtual es novedosa en ABP, y por ello lo incluimos como artículo de referencia. Existen muy pocos artículos que traten el ABP mediante tal herramienta. Una de las conclusiones a las que llegan los autores es importante:

“[...] los estudiantes no producen soluciones de igual calidad a los problemas. En otras palabras, el uso del tutor [virtual] [...] no siempre [ayuda] para elaborar las mejores soluciones posibles”

(Mercier y Frederiksen, 2007, pág. 200).

Esta conclusión está en línea con la importancia que se ha resaltado, sobre el papel facilitador del tutor (presencial). En realidad, nos parece difícil concebir un ABP con tutor virtual, dado que la gestión de subgrupos es del todo necesaria. Y esto conlleva, inevitablemente, una participación social activa que ninguna máquina, a fecha de hoy, puede hacer. Quizás los autores han utilizado ABP en un sentido lato, abierto si se quiere, atendiendo más al hecho de que hay un problema complejo por resolver, que a aspectos propios de la didáctica. Finalizaremos el epígrafe precisamente con una investigación que proporcionó resultados en el mismo sentido que Mercier y Frederiksen (2007), pero más enfocad al aspecto social del tutor. En 2008 Oldenburg culmina una tesis efectuada en el ámbito de

las Ciencias de la Salud, pero con un enfoque válido para aplicaciones tecnológicas. Concluye, tras varias indagaciones, que la presencia del profesor y presencia social de los alumnos son necesarios para el desarrollo efectivo del ABP. Demuestra lo que en principio era una hipótesis: sin profesor, no hay ABP, independientemente del empleo de TIC. Nosotros concluimos, al igual que Oldenburg (2008), que el ABP requiere de la absoluta supervisión de un tutor presencial. Tampoco es conveniente caer en un ostracismo hacia las TIC: su empleo es absolutamente imprescindible para una correcta implantación del ABP en el contexto de la enseñanza en Ingeniería hoy día. En el epígrafe siguiente volveremos sobre este asunto, enfocándolo sobre el aspecto de didáctica en las Enseñanzas Técnicas.

1.1.6. LA DIDÁCTICA DE LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS Y PROBLEMÁTICA ASOCIADA

Las Enseñanzas Técnicas universitarias, incluyendo por tales a la Ingeniería y Arquitectura, acaparan una parte importante de las aplicaciones más interesantes del ABP. Pero en estos casos el ABP ha requerido de algunas variaciones, e incluso de adaptaciones con respecto a la propuesta original. No obstante, sus elementos esenciales se mantienen: un aprendizaje centrado en el alumno, el trabajo con grupos pequeños, el docente como facilitador (tutor), el autoconocimiento y los problemas como generadores de habilidades (Barrett, 2005; Rodríguez y Fernández-Batanero, 2016). Si nos centramos en el ámbito de las Enseñanzas Técnicas, tenemos que decir que la aplicación del APB en este campo ha sido más pausada con respecto al campo de la Medicina. De hecho, algunos autores han realizado comparaciones al respecto entre la enseñanza de la Medicina y de la Ingeniería, incluyendo también el aprendizaje basado en proyectos (Bédard et al., 2012). Pero para poder entender las dificultades de la implantación del ABP en Enseñanzas Técnicas, tenemos que acercarnos al problema de la didáctica de las Enseñanzas Técnicas antes de comentar algunos casos de interés. Nos referiremos en este epígrafe a las dificultades particulares en

la didáctica en España y posteriormente comentaremos los casos de estudio, más globales.

Los objetivos en la implantación de una nueva metodología docente en el ámbito en cuestión pueden ser variados, si bien seleccionamos dos: mejora de los resultados de rendimiento académico de los estudiantes, y permitir el desarrollo de competencias (habilidades si se quiere) profesionales. De estos dos objetivos el primero es básico. No concebimos una nueva metodología docente que se justifique si empeoran los resultados de rendimiento académico. El marco empírico relativo a nuestra investigación se centra precisamente sobre este objetivo de mejora de rendimiento académico en un caso concreto. Dicho objetivo, aunque básico, no ha sido clásico en Enseñanzas Técnicas: desde tiempos históricos que se remontan a las Escuelas Especiales de Ingenieros (pág.70 y ss.), existe una especie de axioma que no se cuestiona, y del que derivan no pocas consecuencias de importancia: las ingenierías son más difíciles. De igual forma encontramos ejemplos similares en Arquitectura. Por tanto, un bajo rendimiento académico en el contexto mencionado no se ha considerado hasta hace poco un problema. Lo cierto es que, sin entrar en grandes detalles filosóficos, la Ingeniería y Arquitectura comienzan allí donde la Ciencia ya ha establecido sus fundamentos. Las Enseñanzas Técnicas son Ciencias aplicadas y tecnológicas, que integran no pocos conocimientos de varias especialidades, y podríamos deducir por ello que la primera fuente de dificultad adicional hay que encontrarla en su naturaleza epistemológica, factor independiente a priori del estudiante y del docente. Dicha dificultad mayor es plasmada incluso institucionalmente en los menores requisitos académicos para pedir beca (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015) No discutiremos aquí al respecto lo que parece claro por las estadísticas oficiales en nuestro país. La segunda fuente de dificultad deriva de una cuestión ética de índole profesional: al igual que los médicos, los errores de ingenieros y arquitectos pueden implicar pérdidas de vidas humanas, sino graves consecuencias para la economía social. Este hecho parece que obliga a aquilatar con seguridad los conocimientos a asimilar por los estudiantes, dada la responsabilidad futura.

Pero detrás de esta dificultad incrementada en las Enseñanzas Técnicas, a veces se esconden otras causas más modestas para justificar el bajo rendimiento académico. Por un lado, de la responsabilidad exigible por pérdidas humanas y/o económicas mencionada, hay docentes que derivan de ello un corolario, para tormento de sus alumnos, y que no han dudado en aplicarlo pese a no ser muy didáctico: que mejor para aquilatar los conocimientos que hacer más difícil una asignatura. En otros casos, dado que se da por hecho que un número elevado de suspensos no es tan dramático como en otros estudios, Ciencias inclusive, pareciera que el docente aleja parte de su responsabilidad del asunto en cuestión: si se suspende es por culpa del alumno. Por otra parte, el exceso de celo y cierta indolencia en la docencia, aspectos antagónicos, sin embargo ambos conllevan también un aumento del fracaso estudiantil. Y una buena mezcla de las razones anteriores, en diferente grado, suele ser lo más habitual. Existen inclusive casos extremos: muchos conocemos (o hemos vivido algunos) noticias sobre asignaturas en algunas escuelas y ramas, cuyo porcentaje de aprobados por curso académico no ha superado el 5%. No negamos que haya materias especialmente dificultosas; pero si es así, habrá que realizar un esfuerzo adicional por parte del docente responsable, para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. No se trata de trasponer una responsabilidad del estudiante al profesor debido a una cuestión moral, en una época donde los valores están cambiando. Sencillamente el viejo axioma ya no nos sirve: si las Enseñanzas Técnicas son más dificultosas –y quizás no siempre y en todas las Escuelas Técnicas lo sean-, los esfuerzos docentes deben ser acrecentados. Se podría entrar en un debate que supera los objetivos de esta tesis, pero tan solo comentar que el esfuerzo docente acrecentado exigible en las Enseñanzas Técnicas puede encontrar dificultades para compatibilizarlo con una dedicación temporal elevada en la investigación clásica científica, no profesionalmente ingenieril. Por lo demás, los futuros ingenieros y arquitectos en su periodo formativo en las Escuelas Técnicas, necesitarán de profesores con experiencia profesional en las materias aplicadas a recibir, no solo para afianzar con seguridad los conocimientos técnicos sino para que dichos conocimientos no pierdan veracidad pragmática. Por ejemplo, en Construcción será interesante que el profesor que imparta la materia haya ejercido la profesión en dicho ámbito. La

cuestión es muy compleja, delicada se podría decir, y en cualquier caso no se agota aquí. El lector podrá intuir la dificultad de resolución de este problema, que supera los objetivos de nuestro trabajo.

Siguiendo con los objetivos seleccionados al comienzo del apartado en la implantación de una nueva metodología docente, el desarrollo de competencias profesionales se suma al rendimiento académico mencionado. Este objetivo es, desde nuestro punto de vista, absolutamente fundamental, no solo en Enseñanzas Técnicas. Afortunadamente en la actualidad existe una preocupación creciente por parte de las universidades y sus docentes por formar a ingenieros con las competencias que exige el entorno profesional laboral (Fernández y Duarte, 2013). Pero, sin embargo, cada vez es menos frecuente encontrar a docentes en Enseñanzas Técnicas con experiencia profesional en su ámbito, dado que los procesos de selección y acreditación la penalizan pasivamente, al no darle el peso justo que requiere. Un docente sin experiencia profesional previa difícilmente podrá transmitir a sus alumnos las competencias profesionales específicas de la titulación. Esta circunstancia se acentúa en ciertas asignaturas vinculadas directamente con el ejercicio profesional futuro.

A continuación, vamos a comentar algunos trabajos de interés en el contexto del ABP en Ingeniería y la problemática asociada, ahora vista desde una perspectiva global. Comenzaremos por el trabajo de Mills y Treagust (2003), que intercalaremos con comentarios sobre nuestra propia experiencia. Los autores, en el trabajo citado, expresándose de forma coloquial comentan que la pedagogía dominante para la enseñanza de la Ingeniería ha sido "tiza y hablar" (p.1) Una vez detectan el interés institucional por implantar metodologías activas, deciden centrarse en precisar las diferencias entre el ABP y el aprendizaje basado en proyectos. Examinaron la eficacia y relevancia de cada método, decantándose por el segundo. Nosotros opinamos por nuestra experiencia que el aprendizaje basado en proyectos es, quizás, más adecuado para la enseñanza de la Arquitectura que para la enseñanza en la generalidad de las materias de Ingeniería, sin perjuicio de que el ABP trabaje con casos en los que se empleen proyectos de Ingeniería o Arquitectura como parte de la información disponible. La variabilidad en la

formación de los subgrupos de trabajo es un elemento importante para nosotros (ver Diseño, Implantación y Seguimiento del ABP, pág.114 y ss.), siendo más propio del ABP que del aprendizaje basado en proyectos. En Ingeniería, no obstante, sí hay asignaturas y ramas donde, quizás, el aprendizaje basado en proyectos se ajuste mejor que el ABP tradicional, como por ejemplo la materia de Construcción y Arquitectura Industrial (con variantes en su denominación según las Escuelas) en la rama de Ingeniería Industrial. El seguimiento de un único caso (proyecto) a lo largo de la asignatura, puede ser un factor clave que aconseje la variante didáctica referida.

Pero insistimos, tampoco un fundamentalismo didáctico excluyente, que divida una y otra didáctica activa, solucionará los problemas docentes: una solución armónica, con una tutorización adecuada y una programación cuidadosa será preferible a cualquier postura rígida didáctica sobre el papel. De hecho, los autores citados también describen en su trabajo las diferencias en el ABP en educación médica y la enseñanza de la Ingeniería. Proporcionan ejemplos de universidades en América del Norte y Europa que utilizan el ABP. Proporcionan también estudios que comparan las universidades que aplican ABP con universidades similares que sólo utilizan enfoques tradicionales. El documento concluye que cada método tiene algunos puntos fuertes y débiles y tal vez una combinación sería el óptimo. Por nuestra parte podemos decir que, aunque hemos aplicado el ABP en algunas materias y grupos de alumnos distintos, siempre ha sido posteriormente a un período mínimo de MET (pág.114). Dado que algunas materias, como por ejemplo Construcciones Agrarias, se dan en el segundo año de escolarización mínima de un estudiante de Grado en Ingeniería Agrícola, no es conveniente dar por hecho que la mayoría de los alumnos tienen la base de conocimientos necesaria. Y menos todavía los conocimientos teóricos propios de la materia en cuestión. Intentar resolver un caso práctico de una nave industrial para almacenamiento, sin la base mínima de mecánica vectorial, resistencia de los materiales y estructuras metálicas, es una tarea destinada al fracaso. En este sentido estamos de acuerdo con los autores de que cierta hibridación de métodos didácticos sea lo más conveniente. La hibridación en nuestro caso no fue

simultánea, sino secuencial, habiéndose reservado un período de 6 semanas para MET, y a continuación se implantó el ABP. En el periodo dedicado al ABP, no obstante, si el tutor lo ha estimado conveniente, se han dado clases puntuales expositivas para afianzar conocimientos dados en la plataforma digital en diversos formatos.

En esta línea, y volviendo al razonamiento teórico, los objetivos y tareas que se deben cumplir en el ABP, para que podamos considerar a la didáctica que hemos empleado como tal tras las adaptaciones oportunas, son según Branda (2009): utilizar estrategias de razonamiento para proponer hipótesis explicativas; identificar necesidades de aprendizaje, y capacitar para trasladar los aprendizajes conseguidos hacia otros problemas. Estos objetivos y tareas, de amplio calado, entendemos que se han cumplido en el experimento efectuado (pág.207). Por lo que la hibridación de métodos didácticos en forma secuencial no ha restado autenticidad al ABP, dado que como Woods postula (2012), y en lo que estamos de acuerdo, los factores esenciales para un ABP son el acercamiento a la realidad profesional de los problemas planteados, entre otros. En cuanto al enunciado de Branda en relación a trasladar los aprendizajes conseguidos hacia otros problemas, en este caso encontramos una variante con la implantación de un ABP o de un aprendizaje basado en proyectos: en el primero se puede experimentar, y por tanto, evaluar con diferentes subgrupos, y en el segundo, por diversos motivos (disponibilidad de tiempo, objetivos de un proyecto arquitectónico, etc.) es más difícil que sea posible –aunque ello no resta utilidad en el desarrollo de competencias a esta didáctica-.

El acento en aspectos concretos didácticos del ABP permite reconocer información valiosa aportada por algunos antecedentes de referencia, como por ejemplo el trabajo de Ribeiro y Mizukami (2005) efectuado sobre alumnos de Ingeniería Civil. La puesta en práctica ha requerido en algunos casos variantes. Entre estas variantes, las hay que inciden en el papel del profesor como facilitador sustituyéndolo por un trabajo interactivo con ordenadores, como vimos anteriormente (Mercier y Frederiksen, 2007). Desde nuestro punto de vista, en el ámbito de la docencia en Ingeniería, volvemos a insistir que no es factible la

sustitución del profesor-tutor como facilitador de información en una clase con ABP por uno o varios ordenadores, por muy completa que sea la información y ayuda que pueda proporcionar. En este sentido nos alineamos con la tesis ya citada de Oldenburg (2008), en la que demuestra en el ámbito de la Medicina la absoluta necesidad de un tutor presencial. Creemos que dicha tesis es extrapolable a las Enseñanzas Técnicas. Por poner un ejemplo, la realidad ingenieril está lejos de la rigidez teórica: el mundo es flexible. El bagaje del tutor, en tanto que “conjunto de conocimientos o noticias de que dispone alguien” (RAE) va más allá de la mera acumulación estática de conocimiento o información, aunque por definición varíe de un profesor dadas las diferencias de especialización y experiencia que se posean. El saber poner a disposición del alumnado la experiencia profesional adquirida en el ámbito profesional técnico sí implica una participación provechosa del profesor-tutor en el ABP. La participación del docente entonces va más allá de la mera transmisión de información, como la que puede permitir un determinado soporte informático. Pero, a su vez, el empleo de TIC se ha hecho imprescindible para poder llevar a cabo nuestra experiencia sobre ABP. La aportación de las TIC es inestimable en la docencia, y el ABP en Ingeniería no es, ni mucho menos, una excepción. Por tanto, cualquier dicotomía polarizada entre tutor-ordenador, no tiene a nuestro juicio demasiado interés. Más bien podemos hablar de herramientas informáticas, en no pocos casos insustituibles, que se deben conocer y poder utilizar por los alumnos.

Una reciente aportación de Johnson y Hayes (2016) acaparó nuestra atención pues emplearon en la Universidad de Limerick, Irlanda, una metodología integrada cuantitativa y cualitativa para evaluar un ABP en Ingeniería Electrónica comparándolo con una didáctica tradicional. Su estudio merece una atención aparte para aquellos investigadores que quieran reconocer otros beneficios, aparte del rendimiento académico, y que difícilmente sean medibles con una metodología cuantitativa. De hecho, en cuanto a la posible ponderación del efecto que produce un ABP en los estudiantes, algunos trabajos han sido enfocados a aspectos distintos de la mera adquisición de conocimientos, como por ejemplo los valores y actitudes en el ámbito de la Medicina (Carrión et al., 2015).

Ahora, si nos extendemos del campo de aplicación del ABP en Medicina e Ingeniería, encontramos que también se ha extendido a otros campos como por ejemplo las Ciencias Económicas (Campos, 2006), la Química (Lorenzo et al., 2011) e incluso la Geografía (Latasa et al., 2012). Estos son solo algunos de los trabajos que consideramos de referencia. Como se puede comprobar por los antecedentes mencionados, y que suponen únicamente una selección de trabajos de interés para nosotros, el campo de investigación relacionado con el ABP, tanto directa como transversalmente, se ha ampliado estos últimos años.

Volviendo a nuestro caso, el presente trabajo está orientado al análisis del rendimiento académico de los alumnos que reciben (o no) un ABP, expresado por la superación en primer término, y la calificación máxima obtenida en segundo término, de las asignaturas implicadas en la evaluación. La medición del rendimiento académico no es simple (pág. 142 y ss.) y la herramienta de evaluación requiere de una adaptación conforme a los grupos en experimentación. En este sentido podemos mencionar la investigación realizada por Latasa et al. (2012), como afín en lo que corresponde a tamaños de grupos de evaluación del ABP y al análisis de las calificaciones finales obtenidas por los sujetos participantes como variable de referencia. Y como antecedentes relacionados directamente con el trabajo efectuado, mencionamos la prueba piloto efectuada durante el curso 2013-14 en varias asignaturas del área de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Huelva, con docencia en varias titulaciones de Ingeniería (Rodríguez, 2014). En este caso, las asignaturas eran todas ellas de Construcción, con variantes según la especialización recibida por los alumnos. Tras detectarse algunos fallos en la aplicación e implantación del ABP se decidió volver a realizar el experimento con la experiencia previa, de la cual el presente trabajo comprende el análisis del experimento en la enseñanza de la Ingeniería del Riego y de las Construcciones Agrarias. La prueba piloto mencionada ha sido importante, dando un primer acercamiento al problema. Se aplicó a alumnos de los Grados en Ingeniería Agrícola e Ingeniería en Explotación de Minas y Recursos Energéticos.

No obstante, y a pesar de todo el cuidado adoptado, los datos obtenidos en dicha prueba no han podido ser integrados en nuestro análisis estadístico por las razones que se detallarán posteriormente, y que en forma resumida podemos decir que ha sido debido a un cambio en las condiciones del experimento. Sí han sido relevantes para tomar decisiones en lo que respecta a modificaciones en la implantación del ABP, detectándose numerosas dificultades que fueron tenidas en cuenta en la implantación posterior. También las experiencias previas de otros investigadores al respecto han sido tenidas en cuenta, particularmente aquellas que sirvan como experiencia en la búsqueda de mejora del proceso enseñanza-aprendizaje en Ingeniería, de forma que pueda apreciarse favorablemente en el rendimiento académico de los alumnos que reciban un ABP. Por ello, en el curso académico 2015-16, se repitió el experimento, en este caso con alumnos del Grado en Ingeniería Agrícola únicamente, y del cual se emite el presente documento en su marco empírico. Culminamos esta recopilación de referencias sobre trabajos relacionados, de una u otra forma, con esta investigación con el epígrafe siguiente, dedicado a aspectos relacionados con la evaluación, pero como hemos dicho ya al comienzo del apartado, sin delimitación neta en el alcance.

1.1.7. EVALUACIÓN E IMPLANTACIÓN DE UN ABP

Desde un punto de vista instrumental, algunas referencias estudiadas han servido de modelos de referencia, incluyendo en diferente forma las correspondientes evaluaciones de un ABP. La forma de implantar un ABP en Ingeniería presenta matices que deben ser tenidos en cuenta. Algunos trabajos aconsejan sobre la manera de implantar el ABP desde diferentes perspectivas, en las Enseñanzas Técnicas (Basri et al., 2012; Shinde e Inamdar, 2013). Son relevantes los resultados derivados de los trabajos de Regalado-Méndez donde se ha destacado en la estrategia enseñanza-aprendizaje seguida en el ABP con la integración de conocimientos de varias materias. Así en la Universidad del Mar, México, se contrastó el éxito del ABP en estudiantes de grado en ingeniería ambiental que integraron conocimientos de Informática, Álgebra Lineal y Bioquímica (Regalado-Méndez et al., 2010b). Y en el ámbito de la Ingeniería

Química también se ha aplicado el ABP integrando los conocimientos de varias asignaturas contrastándose un menor número de fracasos en el alumnado (Regalado-Méndez et al., 2010a). Se puede decir que actualmente la implantación del ABP en ingeniería se encuentra viviendo momentos similares a los ya acontecidos en el ámbito de la medicina en los años 60: numerosas pruebas y evaluaciones se han realizando mientras otras siguen su curso (Loncar-Vickovic et al., 2008; Mgangira, 2003; Paje et al. 2011; Vega et al., 2014). Dejamos para el lector la consulta de los trabajos referenciados para aquellos casos que se puedan asemejar más a los casos de su interés. Por nuestra parte, a continuación iremos comentando algunos trabajos concretos de interés para este estudio.

Para comenzar, comentaremos el polémico informe de Newman (2003), polémico para nosotros pues sus resultados parece que van en sentido contrario a lo que nosotros hemos llegado (pág.207). Este documento informa sobre el desarrollo y resultados de una revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficacia del ABP en la Educación médica. Se hicieron pruebas sobre unos estudios incluidos en el informe que (supuestamente) proporcionaban a su vez pruebas sobre la efectividad del ABP. Este estudio concluyó que, a pesar de la cantidad de trabajos y artículos sobre ABP, hay muy poco que indique una verdadera eficacia del ABP. Tenemos que decir que este trabajo nos ha puesto en alerta, pues contrahace las bondades ingenuas que a veces se asignan al ABP. Cierto es que se necesita una actitud crítica y una verdadera fundamentación científica de las evaluaciones sobre ABP. La contradicción aparente entre nuestras conclusiones y las de Newman pueden ser debidas, independientemente de la diferencia de ámbitos y materias, a que las referencias con ABP que el autor ha incluido en su informe, quizás no hayan cumplido escrupulosamente los postulados que caracterizan y definen a la didáctica, o bien no han sabido recoger y plasmar datos que justifiquen la didáctica. Y esto lo decimos porque Woods (2012), en su trabajo sobre *auténtico* ABP, ha tirado por tierra numerosos experimentos que, supuestamente, eran ABP. De hecho ha fijado una serie de condiciones, a la manera de piedra de toque, que en caso de no cumplirse, o parcialmente, implican

o una variante en la didáctica, o directamente un fallo en la concepción o implantación del supuesto ABP (que resultó no serlo).

Por tanto, las conclusiones de Newman habrá que cuestionarlas o revisarlas a la luz de trabajos posteriores. Además, y posiblemente la llave que resuelve el conflicto, es que no hay conflicto: o sea, Newman en realidad lo que ha analizado no es ABP, sino artículos sobre ABP con un trabajo de gabinete basado en el seguimiento de citas para localizar datos extraíbles. Son trabajos entre los que hay dudas de sus conclusiones sobre la mejora diferencial del ABP con respecto a otras metodologías didácticas en Educación médica, pues según el autor no se han podido extraer datos fiables que supongan, en sus propias palabras “evidencia sólida sobre la efectividad de diferentes tipos de ABP en diferentes contextos con diferentes grupos de estudiantes” (pág.1) Precisamente el trabajo que presentamos aquí ha constatado la evidencia de una mejora diferencial del ABP con respecto al MET. Y hemos aportado resultados claros (pág.184), si bien con las limitaciones que se apuntan (pág.101).

Parece ser que en el campo de las Ciencias de la Salud es, con diferencia, el más propicio para encontrar información útil en lo que respecta al proceso de implantación y evaluación con análisis comparado (a veces denominado validación en el contexto por algunos autores, término que preferimos evitar en la medida de lo posible, para no confundir con validaciones de cuestionarios en el ámbito educativo). La experiencia desde los años 60 en ABP en facultades de Medicina y Enfermería, implica el poder disponer de numerosos estudios con aplicaciones empíricas, tanto en la aplicación del ABP como en las diferentes metodologías para su evaluación. Pero en la implantación del ABP en Ingeniería, se debe ser cauto a la hora de extrapolar los resultados de investigaciones desde el ámbito de Ciencias de la Salud (incluyendo a Medicina y Enfermería), dadas las diferencias de contexto educativo y contenido de las enseñanzas. Sin embargo, hay excepciones. En aspectos relativos a la implantación y evaluación del ABP, hay una tesis seleccionada del ámbito de la Educación en Enfermería que consideramos interesante citar: las tesis de Applin (2008) -de la que derivó también un interesante trabajo sobre competencias, Applin et al. 2011-. El autor

expone los resultados de un estudio sobre ABP en una facultad de Enfermería de Canadá. Pone el acento en las diferentes necesidades de tiempo para el aprendizaje según ABP y otros métodos. La exigencia es grande, y se llega a que ciertas Universidades canadienses tienen todo el plan de estudios, o casi todo el plan, desarrollado conforme a un ABP. De esto deriva que los alumnos de enfermería, una vez egresados y en el contexto de Alberta y otras zonas de Canadá, incluyen en su currículum el haber, o no, recibido un ABP. Se deduce que el ámbito profesional valora positivamente el haber recibido un ABP. Se concluye, por tanto, tras un análisis comparado que existe una mejora diferencial en el desarrollo de competencias de los enfermeros que han recibido ABP, y por ello los gestores de centros hospitalarios e instituciones médicas valoran este hecho.

El enunciado anterior tiene implicaciones notables, pues sabemos de las dificultades que puede implicar tratar de medir el desarrollo de competencias profesionales. Se podría decir que el mercado de trabajo hace esta función, indirectamente, al establecer una selección positiva sobre aquellos profesionales que han recibido ABP, incluyendo en su currículum vitae esta información. Pero además, esta información está institucionalizada: los planes de estudios de ciertas universidades canadienses destacan su formación mediante ABP. Por nuestra parte, más humildemente, ya hay una implicación de la presente investigación que se expone, y que hemos listado anteriormente (pág.21). Para terminar el comentario, en este ámbito de las Ciencias de la Salud, será interesante para el lector completar la información relativa al ABP con la contenida en el marco empírico respecto a otra cuestión: la aplicación del método científico (pág.91), ilustrado con la referencia en el ámbito de la experimentación médica sobre pacientes de Álvarez Cáceres (1996). Podrá deducir que los análisis comparados en la implantación y evaluación del ABP en el ámbito de la Medicina y Enfermería son tradicionales. Se podría añadir también que, quizás, se deba en parte a la habitual forma de experimentación científica en el ámbito mencionado. Por tanto, la experiencia e información sobre evaluación del ABP en el ámbito en cuestión es valiosa para facilitar, o abrir metodológicamente, los análisis comparados a otros ámbitos, como por ejemplo, en de la Ingeniería que nos ocupa.

En cuanto a diseño de un ABP debe realizarse conforme a las materias a impartir, según se deduce de Schwartz, Mennin y Webb (2001). En este sentido, se puede decir que, a priori, no todas las asignaturas tienen igual potencial para asumir un ABP. Si bien es cierto que las Facultades de Medicina fueron las pioneras en el desarrollo del ABP en las Ciencias aplicadas, no es menos cierto que algunas Escuelas Técnicas, décadas después, probaron la didáctica docente específica en cuestión en el área de la Ingeniería Química, Eléctrica y Mecánica. La mayor o menor adecuación de una asignatura a un ABP va a depender –entre otros- de si es o no una materia asociada a una práctica profesional orientada a una problemática variable, e incluso, impredecible. Tal como comentamos en los antecedentes anteriores, la Medicina, en el desarrollo de diagnósticos, fue la primera Ciencia aplicada beneficiada de la aplicación del ABP, con la jurisprudencia anglosajona como precursora en el área del Derecho.

Una investigación muy interesante, que nos ha servido para estudiar el desarrollo de competencias en ABP, es la efectuada por Du y Kolmos (2006). Dicho trabajo aborda el desarrollo de competencias en estudiantes de Ingeniería que han seguido un ABP. Además de ser una investigación muy específica, en donde existen pocos trabajos similares disponibles al respecto, los autores trataron un complejo problema en el desarrollo del ABP: cómo perciben los propios estudiantes sus logros en el desarrollo de competencias. El trabajo en equipo, por ejemplo, es precisamente una de las ventajas del ABP si bien no es fácil de medir su desarrollo competencial. Según palabras de los propios autores "*es bastante esencial tomar la consideración de métodos y estrategias de adquisición de conocimientos, la aplicación y el contexto de los mismos, y los significados de [dicho] conocimiento*" (pág.9) Pero menos habitual, decimos nosotros, es estudiar como los propios estudiantes perciben su desarrollo personal competencial. En este aspecto los autores encaran un asunto complejo: medir el desarrollo de competencias; si bien desde una perspectiva ciertamente subjetiva dado que se ciñe a la propia opinión del alumno como referencia al respecto. En las líneas futuras de investigación, de hecho, proponemos profundizar este punto dado que la

metodología cuantitativa seguida no permite detectar cambios en este sentido (pág.209).

Aprovechando el trabajo anterior, vamos a detenernos un poco en la medición del desarrollo de competencias. El medir como los alumnos perciben su desarrollo competencial es muy interesante. El que se pudiera medir el desarrollo, no en forma subjetiva, sino objetiva, sería inclusive mejor pues proporcionaría una base científica para poder evaluar y comparar el desarrollo de competencias y los métodos didácticos recibidos. Por otra parte, y en lo relativo al alcance a medio y largo plazo del efecto producido por el ABP en los alumnos partícipes del mismo, y tratar de medir o detectar sus efectos conforme a una serie de variables cuantitativas, es muy difícil. Pudiera ser que en la práctica profesional un ex-alumno (ya ingeniero), se encuentre en una situación muy parecida a la acontecida en clase, en alguna sesión de ABP. Si bien las circunstancias no sean las mismas, existe cierta similitud que puede resultar ventajosa para el ingeniero que en su formación haya recibido ABP: por ejemplo, en una oficina técnica un equipo debe resolver un caso relativo a un sistema hidráulico análogo a un problema visto en clase de ABP. Los diámetros y diseño de la red a obtener serán diferentes, y las demandas de caudal también, pero existe un equipo formado por personas diferentes que debe resolverlo repartiendo las tareas, y unos cálculos hidráulicos que siguen un mismo fundamento técnico-científico. La experiencia previa en ABP resultará en cierta familiaridad que, además de la confianza y seguridad psicológica que pueda proporcionar, hay un cierto grado de pericia obtenido ya por la experiencia de haberse enfrentado a un caso análogo.

El trabajo en equipo, el enfrentarse a situaciones que exigen una decisión con responsabilidades, y otros aspectos competenciales, se verán muy posiblemente mejorados con el ABP, pero la medición exacta del desarrollo competencial en toda su amplitud, aunque sea en una escala ordinal básica, no lo concebimos como una tarea razonablemente abordable en el estado del conocimiento actual y con los medios disponibles. Las historias de vida de cada futuro alumno serán diferentes, sus aptitudes personales también, por lo que cualquier análisis comparado en este sentido encontraría dificultades para poder

llevarse a cabo. Esta es una de las razones por las que nos hemos decantado, en el ámbito de la Ingeniería, a detectar las diferencias significativas entre ABP y otro método didáctico, atendiendo principalmente al rendimiento académico *actual*, podríamos decir, dejando para otros análisis los beneficios que pudiera proporcionar el ABP sobre aspectos competenciales en un futuro. Y sin embargo, creemos que la mejora competencial es innegable, aunque para ello tengamos que limitarnos a decirlo más como creencia que como evidencia científica. Para nosotros, por tanto, el ABP mejora las competencias generales y transversales, en línea con los autores citados (Du y Kolmos, 2006), si bien no podemos demostrarlo en el estado del conocimiento actual a través de un análisis comparado con base científica.

Siguiendo con el presente análisis y conectado con el tema de competencias comentado en el párrafo anterior, algunos autores han prestado atención a la conexión entre los recientemente graduados universitarios en Ingeniería, y los factores de éxito en diversos campos como pueden ser los empresariales, la Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y otros. La desconexión a veces se hace patente, y el entorno laboral exige una relación estrecha entre formación y capacitación. El trabajo de Scott y Yates (2002) analizó este tema empleando una muestra de 20 ingenieros de diversas universidades. Precisamente el desarrollo de competencias comentado anteriormente tiene conexión con la capacitación requerida, si bien el matiz del trabajo de los autores está orientado al ejercicio profesional con cierta connotación de liderazgo. Los autores citados van más allá del desarrollo de competencias, y quizás es una de las primeras veces en las que se menciona específicamente el término de "inteligencia emocional" en un contexto ingenieril. En castellano escogemos un término que guarda la relación entre capacidad de razonamiento, experiencia y adaptabilidad: *pericia*. Para la RAE pericia es "sabiduría, práctica, experiencia y habilidad en una ciencia o arte". Términos en castellano como "intuición", o "instinto", aunque harto inexactos, también pueden dar alguna semejanza a lo que los autores quieren expresar. El trabajo de Scott y Yates (2002) resulta importante debido a la especificidad del tema que han abordado.

1.2. BASES TEÓRICAS DEL ABP EN INGENIERÍA

1.2.1. EL ABP COMO DIDÁCTICA ESPECÍFICA

El ABP aplicado a la enseñanza en Ingeniería es una didáctica específica en la que el proceso de enseñanza y aprendizaje está caracterizado por el enfrentamiento de los alumnos a problemas más o menos complejos, reales las más de las veces, y para lo cual podrán disponer de cuanto material consideren necesario. Hay un trabajo colaborativo y un trabajo autónomo, no excluyentes mutuamente e integrados o acompañando al ABP. La participación y trabajo en grupo es parte de la didáctica ABP, pero tiene elementos propios y diferenciadores con respecto a otras didácticas grupales. Según Medina Rivilla y Domínguez Garrido (2009), cuyo trabajo es un verdadero canon de interés para estudiosos de la didáctica en general, el ABP es una didáctica específica. La sentencia no es trivial. Por tanto, el ABP no es un método didáctico habitual o convencional. Más allá de los criterios personales que se quieran imponer en el diseño de un ABP, la comprensión y aplicación adecuada de la metodología didáctica requiere de un estudio cuidadoso. De lo contrario, se corre el riesgo de transformar las clases regladas conforme a un método habitualmente expositivo en un híbrido pseudo-didáctico con consecuencias no deseables para los alumnos y profesores. En Enseñanzas Técnicas, además, el cuidado con la experimentación didáctica debe ser mayor dados los bajos resultados de rendimiento académico y mayor número de suspensos que a veces se producen con respecto a otras ramas del saber. Por lo demás, los peores resultados académicos en las Enseñanzas Técnicas no hay que entenderlos como un mérito, sino como una dificultad añadida que hay que tener en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El método expositivo, con toda la experiencia acumulada que ha acarreado, ha servido durante siglos para transmitir conocimiento. Por tanto, se debe ser prudente a la hora de analizar las metodologías activas, pues no son una panacea accesible, ni solucionadora de problemas de diversa índole que no siempre son derivados de las dificultades de algunas materias.

Además, hay materias fundamentales donde lo que impera “naturalmente” es el método expositivo, si bien se puede matizar con algunas sesiones más participativas. Por ejemplo, los fundamentos del Cálculo Infinitesimal de un primer curso de Ingeniería, por mucho que se quiera, deben ser impartidos y transmitidos expositivamente en clase, o bien plasmados en manuales a modo de soporte tutorial. Y esto que decimos es sin perjuicio de que vaya acompañado de sesiones con didácticas activas. No concebimos a un alumno, por muchas aptitudes sobresalientes que pueda tener, resolver en un tiempo razonable una integral de una función trigonométrica que incluya potencias de senos y cosenos, sin haber recibido las claves esenciales para resolver integrales trigonométricas. O si no se han recibido presencialmente, al menos, las ha debido obtener de un manual. Eso sí, una vez que un grupo de alumnos esté debidamente formado en los métodos de integración -para seguir con el mismo ejemplo-, sí es posible plantear un desarrollo en profundidad para problemas más complejos de integración empleando una metodología didáctica activa como por ejemplo un ABP. Pero surge un problema derivado de la concepción de los planes de estudio actuales: es difícil en un cuatrimestre o semestre acoplar todos los conocimientos fundamentales de la materia matemática en cuestión, que cubra el temario exigido, y a la vez implantar un ABP para ciertas sesiones. La disponibilidad de tiempo, en este caso, actúa como una espada de Damocles sobre el profesor-tutor. Por tanto, y sin pretender quitar un deseo legítimo por parte de un docente de experimentar una nueva didáctica, hay que ser conscientes de que la didáctica ABP requiere de un estudio previo por parte del propio docente. Las advertencias dadas aquí, justo al comienzo de este apartado sobre las bases teóricas del ABP, son al objeto de poner en alerta y acentuar el cuidado para aquellos docentes que quieran introducirse en esta didáctica específica. Por lo demás, salvando las dificultades que se pudieran dar, por nuestra parte podemos transmitir que existe una experiencia gratificante con los alumnos por vivir a través del ABP.

Es a través de los conocimientos fundamentales didácticos sobre ABP que se puede aplicar un ABP en asignaturas tecnológicas con posibilidades de éxito. Dichas asignaturas tecnológicas se benefician de los conocimientos adquiridos

previamente en asignaturas fundamentales, sin perjuicio de que se añadan más conocimientos de tipo específico. Con ello no queremos decir que no se pueda implantar un ABP en ciertas asignaturas, sino que sencillamente es más lógico, a nuestro entender, establecerlo en el ámbito de las Enseñanzas Técnicas, en aquellas materias que precisamente resultan de una aplicación empírica de las Ciencias. Y pese a todo, como incidiremos varias veces, no es conveniente tampoco prescindir del todo del método expositivo, dado que siempre hay conocimiento a impartir por esta vía. Esto también se aplica a conocimientos que no proceden directamente, o exclusivamente, del ámbito de las Ciencias, o bien cuando dicho conocimiento está determinado por la experiencia técnica resultante de aplicaciones (no siempre exitosas). Al igual que comentamos con el ejemplo del caso del Cálculo Infinitesimal, también podemos mencionar que difícilmente un alumno de Construcción podrá concebir un movimiento de tierras y las dificultades que implica, sin siquiera conocer la maquinaria requerida para hacerlo. En este caso también determinamos, por las deducciones del experimento plasmado en el marco empírico, que el trabajo autónomo del estudiante y el MET es clave para poder implantar un ABP.

En cuanto a los educadores, resulta inclusive que en los planes de estudio de Pedagogía (por ejemplo), el ABP es tratado como una didáctica específica, lo cual nos parece correcto. Y si bien en la enseñanza de las Ciencias presenta el ABP su interés, queda relegado habitualmente en el ámbito universitario a ciertos campos como la Medicina, Ingeniería, u otros, como su aplicación más conveniente. Algunos autores que han aplicado el método en cuestión a diferentes campos de conocimiento, han sido conscientes de las carencias formativas en ABP. Hay que considerar la relativa reciente implantación del ABP en clases universitarias de forma pormenorizada, comienzo de los años 60 en Medicina, y muy lentamente en Ingeniería ya bien entrados los 90. Por ello, se ha trabajado en el marco teórico para conseguir y comentar la información disponible, y proceder a su síntesis a modo de corpus de conocimientos ordenado con las líneas maestras a seguir en la implantación de un ABP específicamente orientado a la Ingeniería. En el marco empírico el lector encontrará un apartado homólogo relativo al diseño,

implantación y seguimiento del ABP con indicaciones de orden práctico (pág.113 y ss.).

En los siguientes apartados se exponen estos elementos en forma axiomática aplicados a la Ingeniería, teniendo en cuenta el trabajo realizado por otros autores y nuestra experiencia. Se presentan los postulados básicos esquematizados y sintetizados, buscando facilitar su asimilación. El lector debe visualizar la rotación de subgrupos de trabajo, el paso de tutor a gestor, los hitos de resolución, y las presentaciones finales de los casos como pivotes sobre los que circundará su acción personal en la clase, el día que, tras decidir y poder implantar un ABP, éste dé comienzo. Los postulados siguen la terminología tradicional, y se pueden encontrar en la bibliografía básica sobre ABP (en particular, en las referencias de Barrows). Pero otros términos no, dado que la adaptación a la Ingeniería que presentamos aquí es nuestra, y no debe entenderse, como comentamos anteriormente, tradicional.

En cuanto a la aplicación del ABP a la Arquitectura, se requiere de la oportuna adaptación por especialistas en su enseñanza, dado el elevado peso que adquiere el proyecto arquitectónico y en donde existen metodologías afines pero con matices distintos. Creemos que es una labor perfectamente abordable por los docentes de dicha rama de conocimiento técnico.

1.2.2. EL APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ALUMNO

Los estudiantes deben tomar la responsabilidad de su propio aprendizaje, bajo la guía de un profesor, que asume un rol de tutor, y que se convierte en consultor del alumno, identificando los elementos necesarios para tener un mejor entendimiento y manejo del problema en el cual se trabaja. El alumno, con la ayuda de otros compañeros de subgrupo, debe buscar y localizar la información necesaria (libros, revistas especializadas, proyectos técnicos, normativa técnica, recursos en internet, etc.) El tutor debe facilitar, progresivamente y conforme a la dificultad del caso, información relevante, pero dosificada. De esta manera, se logra la personalización del aprendizaje del alumno, permitiéndole concentrarse en

las áreas de conocimiento de interés para resolver el problema planteado. El trabajo autónomo de estudio previo a las sesiones ABP es imprescindible para evitar que las sesiones se conviertan en sesiones de lectura de conocimientos que ya se debieran haber adquirido. La responsabilidad del estudio ejercida reiteradamente irá desarrollando en el alumno unas competencias (o habilidades) correspondientes.

1.2.3. GENERACIÓN DEL APRENDIZAJE EN SUBGRUPOS

Los subgrupos de trabajo se forman con 5 a 8 estudiantes en los ámbitos de las Ciencias, según algunos autores, y específicamente en Ingeniería recomendamos de 3 a 4 alumnos por grupo (excepcionalmente 5). Los primeros subgrupos se pueden formar por criterios exclusivamente de los propios alumnos: afinidades, procedencias, etc. Al finalizar cada caso de estudio los estudiantes cambian, en forma idealmente aleatoria, de subgrupo y trabajan con un nuevo subgrupo, permitiéndoles adquirir práctica en el trabajo intenso y efectivo, con una variedad de diferentes personas. El profesor, que ejerce una labor de tutor, cuando se formen los nuevos subgrupos adquirirá un rol de gestor, facilitando la labor de formación de dichos subgrupos nuevos. Es un proceso negociador, y tras observar el trabajo de los primeros subgrupos, decidirá donde ubicar a ciertos alumnos, reacios a separarse entre ellos. También es interesante repartir a aquellos alumnos que, por razón de sus aptitudes, hayan mostrado una especial pericia en el primer subgrupo y caso.

1.2.4. EL DOCENTE ADQUIERE EL PAPEL DE TUTOR

Al profesor en el contexto de un ABP se le denomina facilitador o tutor. El rol del tutor es, primeramente, observar y registrar el trabajo de los subgrupos. Tras establecerse el caso con sus hitos de resolución, debe plantear preguntas puntuales a los estudiantes que les ayude a razonar y encontrar la mejor ruta de entendimiento y manejo del problema. El habla es importante entre los

componentes de los subgrupos, no debiéndose cohibir a los alumnos su ejercicio, aunque limitado al caso de estudio. El tutor debe asumir un rol de gestor si percibe inercia, o estancamiento en los subgrupos. Su buen hacer hará que se rompa el tegumento formado por la apatía, cuando no se encuentre solución al caso, o a los hitos de resolución fijados. Ciertas pistas, hábilmente dispuestas, atraerán la natural tendencia humana al juego, que bien manejada volverá a dinamizar la sesión. Conforme el ciclo escolar avanza, los estudiantes asumen este rol ellos mismos, exigiéndose unos a otros inclusive. La experiencia nuestra demuestra que las mayores dificultades se dan al comienzo de la implantación del ABP. Una vez los alumnos reconocen la dinámica de trabajo en subgrupos, van perdiendo cierta timidez, o miedo, a integrarse con nuevos compañeros de trabajo. Cuando se desarrolla esta flexibilidad de trabajo en el alumno, con diferentes personas y temperamentos, estamos ante un desarrollo de ciertas competencias generales para el trabajo en grupo.

1.2.5. EL APRENDIZAJE RADICA EN LA GENERACIÓN DE PROBLEMAS

En el ABP para Ingeniería, se les plantea un caso de estudio con un material básico que incluya texto y documentación gráfica. Los planos de estructuras, detalles constructivos, instalaciones de riego, etc. suelen resultar atractivos dado que los alumnos sienten cercanía a su vocación ingenieril. La curiosidad se transforma en una fuerza activa que el tutor debe manejar para arrancar el estudio del caso. Por ejemplo, un caso escrito que puede ser el diseño y cálculo de un muro de contención. El caso propuesto representa el desafío que los estudiantes enfrentarán en la práctica y proporciona relevancia y motivación para el aprendizaje. Con el propósito de entender el problema, los estudiantes identifican lo que ellos tienen que conocer de las ciencias tecnológicas aplicadas (mecánica vectorial, geotecnia, etc.) De esta forma el caso se convierte en el precursor de la integración de diversas disciplinas. La nueva información es asociada también con problemas semejantes de otras asignaturas. Todo esto facilita que, en el futuro, el

estudiante recuerde y aplique lo aprendido. Los casos de estudio están ligados a los subgrupos de trabajo. Pero dentro de cada caso se generan distintos problemas. Al inicio del caso, el profesor-tutor debe establecer lo que denominamos hitos de resolución: esto es pequeños problemas a resolver dentro del problema general. Nosotros recomendamos, por nuestra experiencia, casos con 2 ó 3 hitos de resolución, aparte de la solución final al problema. Siguiendo el ejemplo anterior, los hitos de resolución pueden ser la elección adecuada de una tipología estructural factible, un primer predimensionamiento y las comprobaciones de estabilidad al deslizamiento, vuelco y tensiones en el terreno. La solución final será la compilación de resultados y discusión del caso completo. En conclusión, el núcleo de generación de capacidades organizativas y para el aprendizaje radica en la generación de problemas. Tras el subgrupo –con la movilidad por caso asociada-, el problema es el siguiente factor clave en el ABP.

1.2.6. ENFRENTARSE A LOS PROBLEMAS DESARROLLA COMPETENCIAS

Para las disciplinas ingenieriles, es necesaria la presentación de un problema del mundo real o lo más cercano posible a una situación real, relacionada con aplicaciones del contexto profesional en el que el estudiante se desempeñará en el futuro. Por ejemplo, el hormigón armado se rige por una norma básica idéntica, la EHE, y unos componentes y características propias a cada tipo de hormigón; pero su aplicación real diferirá según los problemas propios de cada especialidad, ya sea para construir un canal de riego, o bien una galería subterránea en el ámbito de la minería. Los procedimientos constructivos variarán, y las soluciones óptimas diferirán. Por tanto, los problemas serán aplicados para cada especialidad de Ingeniería, pero con un fundamento científico y tecnológico subyacente similar. De esta forma, además de conocer el saber, se irá adquiriendo un saber-hacer que, a su turno, favorecerá, o llevará de la mano el desarrollo de habilidades requeridas para el ejercicio profesional. Estas habilidades, denominadas así en un sentido cotidiano, no son otra cosa que competencias profesionales. De esta forma nos

encontramos con el desarrollo de competencias favorecido por el ABP. En nuestro caso, con respecto a las materias objeto de evaluación y en cuanto a la adquisición de competencias, incluidas en las guías docentes correspondientes, no se pueden evaluar todas ellas por las pruebas objetivas (pág.141). Estas competencias, que comprenden tanto competencias específicas como transversales, se desarrollan sin una delimitación neta en cada metodología docente. El desarrollo del ABP incide especialmente en:

- 1) La capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de toma de decisiones mediante el uso de los recursos disponibles para el trabajo en grupos multidisciplinares.
- 2) Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- 3) Capacidad para la resolución de problemas.
- 4) Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- 5) Capacidad para trabajar en equipo.
- 6) Creatividad y espíritu inventivo en la resolución de problemas científico-técnicos.
- 7) Capacidad de gestión de la información en la solución de situaciones problemáticas.

El periodo de MET y el trabajo autónomo son necesarios para desarrollar en combinación con el ABP:

- 1) Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de ingeniería del medio rural: cálculo de estructuras y construcción, hidráulica, motores y máquinas, electrotecnia, proyectos técnicos.
- 2) Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse

por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

- 3) Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética; y en diferente grado al resto de competencias.

1.2.7. EL APRENDIZAJE AUTODIRIGIDO GENERA NUEVO CONOCIMIENTO

Finalmente, se espera que los estudiantes aprendan a partir del conocimiento del mundo real y de la acumulación de experiencia por virtud de su propio estudio e investigación. La información proporcionada por experiencias anteriores de otros autores es fundamental en disciplinas técnicas, donde las experiencias previas cobran un peso notable. Durante este aprendizaje autodirigido, los estudiantes han trabajado juntos, han discutido, comparado, analizado, revisado y debatido permanentemente sobre lo que han estudiado y aprendido. La mera acumulación de saberes, más o menos inconexos, da lugar a un cuerpo de conocimientos integrado. Existe un elemento de fricción generado ante la resolución de los problemas, a modo de fuego, que funde unas limaduras de conocimiento en un bloque sólido. Y surge nuevo conocimiento. El que dará lugar al saber-hacer. Este aspecto integrador de conocimientos del ABP es para los futuros ingenieros quizás el más importante. No sólo porque puede mejorar el rendimiento en la resolución de problemas, sino porque puede producir un desarrollo de competencias profesionales difícilmente conseguible con formas didácticas más pasivas.

2. ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA EN ESPAÑA

2.1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA

A continuación, y como parte del marco teórico, se incluye una información de interés relativa a la enseñanza de la Ingeniería en nuestro país. Las distintas ingenierías en España han evolucionado en sus planes de estudio, titulaciones disponibles, y en las condiciones y formas de acceso. Con respecto al acceso a una Escuela de Ingeniería, ha habido una variación histórica importante. Desde unos tiempos, en los siglos XIX y comienzos del XX, en los que se accedía mediante una oposición o una selección a veces rigurosa; pero también no exenta de nepotismo, hasta la actualidad donde el requisito es el haber obtenido en la media de bachillerato y prueba de selectividad correspondiente la nota de acceso mínima establecida -con diferencias según el Gobierno de turno-. La transparencia actual en el procedimiento de acceso, con respecto a otros tiempos, es incontestable.

Asimismo, en el pasado, cuando los alumnos finalizaban los estudios se integraban como nuevos ingenieros de la administración estatal, formando parte de un Cuerpo funcional de la Administración Estatal relacionado con el ramo al que pertenecía la Ingeniería en cuestión. Entre los más antiguos figuran el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, cuyos inicios se encuentran en la correspondiente Escuela Especial creada en 1802, al amparo de la política de obras públicas de Carlos III; y el Cuerpo de Ingenieros de Minas, cuyos orígenes se remontan a la Academia de Minas, creada en Almadén en 1777 (Frago, 1984). Posteriormente, otras Escuelas Especiales se fueron creando, como la Escuela Especial de Ingenieros de Montes en 1846 (Gallego Calvo y García-Rodrigo Martín, 1998) y la Escuela Especial de Agricultura en 1855 de Madrid, antecedente de la correspondiente Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos de 1876, creada al amparo de la política de apoyo a la agricultura de Alfonso XII

(Universidad Politécnica de Madrid, 2016). Otras ingenierías vieron paulatinamente institucionalizar las diferentes ramas en las correspondientes Escuelas, con diferentes matices: los Ingenieros Navales tenían una ligazón obvia con el Cuerpo de la Armada, los Ingenieros Industriales vieron sus comienzos derivados de la revolución industrial, pasando de un grado artesanal en las Escuelas Profesionales Obreras, hasta el Real Instituto Industrial, creado en 1850; los Ingenieros Aeronáuticos, desde 1928 hasta 1949 sufren diversas vicisitudes hasta su emancipación de la Administración Militar; y dentro de las ingenierías que podemos llamar clásicas, los Ingenieros de Telecomunicaciones evolucionan a lo largo del siglo XX sus áreas de conocimiento, a medida que se desarrolla la telegrafía, radio, teléfono, televisión y telefonía móvil. El recuento no es exhaustivo, por lo que si hemos olvidado algunas escuelas o ramas, esperamos que el lector entienda que nuestro trabajo no nos permite un alcance mayor.

Lo interesante, desde el ámbito educativo, es que todas estas Escuelas tenían dependencia Ministerial, según el ramo, y no dependían del Ministerio de Educación. Por tanto, no eran carreras universitarias y hasta la Ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas de 20 de julio de 1957, no se integran en el Ministerio de Educación. Pero no todas las Escuelas Técnicas se integran en la Universidad, sino tan solo son las Escuelas Especiales, renombradas como Escuelas Técnicas Superiores, las que adquirirán rango universitario. La Universidad española recibe a las ingenierías con el poder político y administrativo de los ingenieros integrados en las altas esferas de los Ministerios de entonces. Paralelamente ocurren dos hechos más. Por un lado, la Arquitectura también se ve afectada por la susodicha Ley. Y aparecen dos grados de enseñanza claramente delimitados transversalmente por niveles: las Escuelas Técnicas de Grado Medio (sin rango universitario) y las Escuelas Técnicas Superiores (con rango universitario). Recordando un poco la historia de este tipo de instituciones, las Escuelas de Arquitectura e Ingeniería Técnica fueron creadas para formar técnicos de grado medio, que atendieran a una determinada demanda. Los denominados “peritos”, sin rango universitario, se reconfigurarían más tarde en Ingenieros Técnicos, con diferencias en el periodo de escolarización, entre otras. Durante bastantes años estas Escuelas Técnicas

tuvieron un carácter subsidiario de las correspondientes Escuelas Técnicas Superiores. Fue a partir del decreto 1377/1972 del 10 de mayo, en el que se incorporaron tales Escuelas a la Universidad, adquiriendo carácter y rango universitario. El origen de una Escuela Técnica Superior procedente de una Escuela previa Universitaria de Ingeniería Técnica, es algo común en diferentes universidades de España. Los Grados, de relativa reciente aparición, vienen a armonizar los distintos planes eliminando las antiguas ingenierías de ciclo largo. Hoy, 60 años después del decreto que integró en el Ministerio de Educación a las Escuelas Técnicas, estos niveles se integran en los correspondientes Grados y Másteres, con un mismo acceso y camino formativo longitudinal, diferenciados únicamente por el alcance, nivel y especialidad elegida por el alumno.

Debido a las peculiaridades históricas que ha tenido el acceso a las Escuelas Especiales enumeradas anteriormente: sus duras condiciones de estudio (algunas como la de Montes, con menos de 12 egresados al año durante el siglo XIX, salvo dos promociones), junto a los requisitos previos a la finalización de estudios -en muchos casos con exigencia de internado- y los resultados finales de ingreso en la administración directamente en caso de finalización del período formativo; todo ello conllevó una connotación práctica y selectiva en la formación recibida, que se desligó de las tradicionales Facultades. Mientras que una Facultad no exigía, en los casos habituales para el alumnado, internado o dedicación exclusiva, la historia de la Educación Técnica en España nos dice que las Escuelas Especiales de Ingeniería requerían en el pasado la total dedicación del alumno, no sólo mental sino también de su faceta más vital de disponibilidad temporal: el horario era completo. Las ingenierías se impartían (y se imparten) en Escuelas Técnicas, y no en Facultades de Ciencias universitarias, entonces con didácticas propias más parecidas en ciertos aspectos a las escuelas de artes y oficios, que a las maneras científicas decimonónicas. De ello derivó una máxima que se difundió entre los alumnos, y de la que todavía se escuchaban ecos en los años 80 y 90: *“en las Facultades de Ciencias te enseñan, en las Escuelas Técnicas de Ingeniería no solo te enseñan, sino que además, te educan”* (información verbal recibida por el autor). En realidad, este dicho no venía al caso de entonces, dado ya el carácter universitario

y más flexible de la formación universitaria en Ingeniería. Pero, sin entrar en la mayor o menor precisión de los términos, ni en el carácter anecdótico del dicho en cuestión, lo cierto es que existían (y existen) ciertas connotaciones en la enseñanza en Ingeniería, que aún hoy, difiere de la tradicional en Ciencias. Sin duda la afección que tiene el empirismo en las ramas técnicas se hace notar sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje: como dijimos en la introducción, el artificio *tiene que funcionar* (prioritariamente a veces, incluso, al porqué funciona). Lo cierto es que la denominación de “Escuelas” continúa manteniéndose en la actualidad.

En cuanto al acceso y permanencia en las Escuelas Técnicas Superiores a finales de los años 50 y 60 del pasado siglo, se produce un hecho casi exclusivo de este tipo de centros de enseñanza, recientemente entonces universitaria, y que se mantuvo hasta el pasado reciente: si bien los alumnos de las diversas ingenierías, por aquel entonces pocas ramas, ya no requerían internado y las Escuelas abandonaron la denominación de “especiales”, por el contrario, y quizás para mantener el carácter exclusivo de los estudios en cuestión, los dos primeros cursos fueron selectivos: o se aprobaban todas las asignaturas, o se repetía el curso o los dos cursos primeros enteros. Las oportunidades eran escasas y muy delimitadas: sólo se disponía de dos oportunidades para intentarlo. En consecuencia, la dificultad era extrema; surgiendo entonces un mecanismo académico inédito –y casi olvidado- de compensación: los ingenieros titulados bajo las condiciones selectivas mencionadas, podían acceder al grado académico de Doctor, inicialmente automáticamente, y posteriormente con la sola exigencia de redactar un breve informe, a modo de tesina. No hace falta decir que dicho informe no se corresponde con la realización de lo que actualmente es una tesis doctoral. De esta forma se explica por qué los textos con autoría por ingenieros de la época citada solían acompañar en la firma el grado académico de Doctor Ingeniero. De iure, solo un grupo de titulados del último tercio del siglo XX fueron los que realmente dispusieron de un título académico con la denominación de “Doctor Ingeniero”, debiendo ser en puridad los siguientes denominados como “Doctor en” por la rama de Ingeniería correspondiente. Finalmente, en la actualidad, los ingenieros se

doctoran como “Doctor por” la Universidad correspondiente, sin más mención a la rama que la titulación previa obtenida y el programa de doctorado correspondiente. Una vez eliminado el proceso selectivo de 2 cursos en la forma referida, y sin una concordancia exacta de fechas por Escuelas, se eliminó, de una vez por todas, el derecho al grado de Doctor de forma más o menos automática como ingeniero, sin realizar tesis doctoral.

No obstante, otro mecanismo selectivo indirecto surgió para compensar la “perdida” de dificultad: la ampliación a 6 cursos, y por tanto, 6 años del período mínimo de formación, con diferentes fluctuaciones a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED, mantuvo hasta hace muy poco tiempo la titulación de Ingeniero Industrial con un plan de estudios estructurado en 6 cursos académicos. Actualmente, los requisitos de permanencia en unos estudios de Ingeniería no difieren de la normativa a la que están sometidos todos los alumnos de una Universidad concreta, con diferentes criterios en concordancia con el ejercicio de la autonomía universitaria en España. Sin embargo, algunas diferencias selectivas se mantienen: la necesidad de cursar un Máster universitario oficial, de la rama correspondiente, para el ejercicio de determinadas profesiones reguladas (correspondientes con las antiguas ingenierías), y los menores requisitos de los resultados académicos para obtener beca por el Ministerio de Educación (2015).

Los planes de estudio de ingeniería han evolucionado en sus contenidos, no solo por el avance tecnológico, sino también por un cambio de tendencia hacia la especialización. En el pasado, había una tendencia más acusada hacia la generalización. Entre diferentes ramas, de hecho, en los 2 cursos primeros había pocas variaciones, e incluían una potente carga lectiva de Matemáticas y Física, acompañadas de química y otras ciencias en grado variable. Actualmente, desde el primer curso, existe especialización. Sin embargo, la reducción temporal desde los 6 cursos de los años 80 y 90 en algunas universidades, hasta los 4 actuales, aparentemente suponen una merma importante de la carga lectiva. Pero en la práctica, con la implantación de los másteres con atribuciones profesionales propias, se ha vuelto a un esquema de escolaridad mínima de 6 años para

determinadas profesiones reguladas. La diferencia más importante desde nuestro punto de vista, y sin entrar en consideraciones relativas a la dificultad, es que actualmente se impone una especialización más temprana. Actualmente, los nuevos ingenieros entran en un mercado liberalizado de trabajo, donde a diferencia de otros tiempos, la mayoría acaban integrados en diferentes empresas e instituciones. La especialización se impone, pero lamentablemente a veces, a costa de un fundamento de base. En el extremo, la especialización tiene una tésitura muy estrecha, con pocas opciones de maniobra laboral. Los ingenieros con formación de base generalista, curiosamente, suelen acabar precisamente en los puestos más relevantes, de dirección y gestión. Los planes de estudio de no pocas universidades españolas, por razones que se nos escapan, suelen atender más a un juego de fuerzas entre Departamentos, Facultades y Escuelas, que a un interés en la Ingeniería. Nosotros creemos que se puede llegar a una buena especialización, sin perder por ello los conocimientos básicos, con tal de atender adecuadamente a los planes de estudio, con una estructura y asignaturas acordes a la rama y especialidad.

2.2. ESCUELAS TÉCNICAS E IMPLANTACIÓN DEL ABP

En este apartado, se comentan algunas estrategias posibles para la implantación del ABP en Escuelas Técnicas, y su relación posible con la mejora de la calidad de la docencia en las mismas.

2.2.1. PROBLEMÁTICA DE LA IMPLANTACIÓN DEL ABP EN INGENIERÍA

La aplicación de una didáctica no habitual es un cambio que supone el esfuerzo de docentes. A veces, no siempre hay disposición favorable para poder emplear la citada didáctica en las clases. Esto se entiende perfectamente normal,

dado que el ABP es una didáctica que en Enseñanzas Técnicas, en España, se viene empleando de forma reglada desde hace poco tiempo. Es de esperar ciertas reticencias en algunos casos, pues cualquier cambio en el ámbito docente suele venir acompañado de la reacción del medio docente correspondiente. Por ello, es aconsejable que antes de cualquier imposición se dé a conocer la didáctica en cuestión. Cursos de formación al respecto, o incluso la invitación como oyentes a clases con ABP implantado puede ser una estrategia aceptable que evite el rechazo inmediato a su implantación. Por otra parte, en forma no reglada el ABP sí se ha venido empleando en Ingeniería desde hace años: es habitual en clases de cálculo de estructuras enfrentar a los alumnos a problemas reales, que son objeto de análisis y comentarios, con apoyo del docente. Pero no ha habido en este sentido un conocimiento detallado de la didáctica en cuestión. Por lo que si se da a conocer a los profesores de Ingeniería el hecho de que en realidad el ABP ha formado parte de sus clases en no pocos casos, es muy posible que haya una mayor receptividad a la nueva (o en este caso no tan nueva) didáctica.

Por otra parte, el ABP no es un método didáctico aplicable a cualquier disciplina, inclusive en Ingeniería. Asignaturas más descriptivas o teóricas, no funcionan bien con ABP siendo conveniente en estos casos o bien continuar con métodos tradicionales, o permitir el ABP en segmentos concretos temporales referidos a ciertas partes de las citadas asignaturas. Por ejemplo, en una asignatura de legislación medioambiental, puede ser interesante el ABP en la realización de casos prácticos relativos a agentes y procesos de contaminación. Sin embargo, la fuerte carga lectiva requerida para exponer la teoría, no aconsejará el ABP como didáctica exclusiva, a no ser que un trabajo autónomo del alumno esté perfectamente integrado en la metodología docente. Por el contrario, asignaturas como el cálculo de estructuras, o la construcción, se acomodan mejor a una didáctica basada en el ABP. En cualquier caso, cualquier estrategia de imposición metodológica, no obstante, se desaconseja pues el ABP, sin una actitud afectiva positiva, se puede convertir para los alumnos y docentes en dificultades añadidas.

Por último, en lo concerniente a necesidad de recursos materiales para la correcta implantación de una ABP en las clases, el ABP no requiere de una gran

inversión en recursos materiales. Por otra parte no siempre se dispone de los mejores medios para favorecerlo. Es frecuente el inconveniente de aulas con mesas y sillas fijadas al suelo, dificultando el trabajo en subgrupos de 3, 4 o 5 alumnos. El aula tipo seminario, o las aulas para dibujo técnico habituales en Escuelas Técnicas (con mesas libres), se adecúan mucho mejor al desarrollo de la didáctica específica en el aula. Y en lo concerniente a las TIC, para poder implantar el ABP en una asignatura de Ingeniería, es fundamental poder disponer de una plataforma virtual donde poder consultar el material necesario, tanto para el trabajo autónomo como para la planificación y coordinación de actividades.

2.2.2. MEJORA DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA A TRAVÉS DEL ABP

El ABP como didáctica específica en una determinada Escuela Técnica es, en nuestra opinión y sin menosprecio de cualquier otra opinión mejor fundada, un indicio de calidad de la enseñanza. No es tan sólo el hecho de ser más o menos novedoso en el citado ámbito -la innovación docente puede, o no, implicar mejoras-, sino su adecuación a unas enseñanzas con implicación profesional de los alumnos partícipes de la didáctica, una vez terminada su formación de Grado, y si es el caso, Máster, en Ingeniería. La queja, a veces expresada más o menos explícitamente por los alumnos y el mundo empresarial que los acogerá en su mayor parte, es el trecho que separa la formación en la Escuela Técnica con la participación activa en el ejercicio de la profesión de Ingeniero o Arquitecto. Esa distancia, se acorta con el ABP por los siguientes motivos, entre otros:

1. El ABP emplea en su desarrollo problemas reales, o bien cercanos a la realidad. Los problemas y demostraciones teóricas no tienen cabida, más que como unos conocimientos de base que se exponen, se dan por dados, o inclusive se deben adquirir en el trabajo autónomo del estudiante.
2. En la resolución de problemas con empleo de una didáctica en clase con ABP se puede emplear cualquier tipo de material de apoyo, tal como será el

caso una vez se enfrenten los futuros ingenieros o arquitectos a problemas en el ejercicio de la profesión.

3. El ABP fomenta la interrelación entre los propios alumnos, y los alumnos y el profesor. El clima de confianza que se establece permite además romper trabas derivadas de la falta de comunicación, o inclusive, el desarrollo de competencias comunicativas no desarrolladas, o no lo suficientemente, al respecto. Por otra parte, los alumnos comprenden la importancia del trabajo colaborativo, siendo esta tónica habitual en bastantes puestos subordinados, o de mando, en la empresa.
4. En general, el ABP es un método didáctico que ameniza las sesiones de las clases. No obstante, ello no es óbice para que a veces se puedan derivar pequeñas tensiones mentales en la resolución de los ejercicios propuestos; pero dichas tensiones no pueden más que calificarse como un entrenamiento más intensivo por parte del estudiante. En definitiva, el estudiante llega al mundo real de la actividad profesional más preparado, más entrenado y más habituado mentalmente a circunstancias de estrés.

En conclusión, si los alumnos llegan tras su formación en una Escuela Técnica con ABP implantado mejor formados, más preparados en cuanto a entrenamiento en la resolución de problemas, con más competencias para trabajo en grupo y comunicación derivado de la práctica en el ABP, con respecto a una Escuela Técnica sin ABP, la calidad de la institución que presenta ABP, a igualdad del resto de variables, en teoría es mayor. De hecho, en otros países, ciertas universidades lo incluyen como parte de su oferta para atraer a alumnos, a sabiendas de que posteriormente pueden incluir en su currículum el haber recibido ABP.

No obstante, y en especial para Enseñanzas Técnicas dado que no está suficientemente implantado y ensayado el ABP, es necesario recordar las estrategias y postulados de base comentados en este marco teórico. Si no son adoptadas unas medidas para la implantación armoniosa, el resultado puede no ser satisfactorio. Por otra parte, debido al aspecto particular del ABP en Ingeniería y

Arquitectura, habría que comprobar si los mecanismos de evaluación de las instituciones educativas, son sensibles a las ventajas mencionadas. La evaluación de una institución educativa implicada en formar ingenieros, no sólo tiene que considerar elementos intrínsecos a la institución: también hay que recoger las demandas del mundo profesional, y como la institución (Escuela Técnica) atiende la demanda en términos de calidad de la formación otorgada.

El hecho de que los alumnos que sigan ABP en su plan de estudios, lo hagan saber en su currículum, a la postre hará que las Universidades en cuestión que tienen implantado el ABP, sean evaluadas mejor o positivamente en este aspecto de su enseñanza, que aquellas universidades que carecen de este método didáctico. Por otra parte, la demanda de titulados que acrediten haber recibido ABP puede ser determinante. La cuestión, en ese caso, es conocer si el mundo empresarial demandante de ingenieros y arquitectos está informado lo suficientemente de en qué consiste un ABP y las ventajas que aporta.

Aprovecharemos a continuación, para ilustrar la cuestión que nos ocupa, una interesante investigación con implicación en el fomento de la calidad docente. En el ámbito educativo universitario y en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior (en adelante EEES), Fernández Martínez (2008), en su tesis doctoral expone un interés en el fomento de la calidad en la docencia y el aprendizaje en los estudios universitarios. Por nuestra parte, no está de más decir que la tesis que exponemos precisamente se justifica por la intención de mejora de la docencia, en resonancia con la intención de la autora. La investigadora manifiesta su deseo de avance en el proceso de convergencia europea. En este contexto, el trabajo nuestro pretende ser una pequeña contribución en el ámbito de la evaluación sistemática de metodologías universitarias, y del ABP en particular. De esta forma, y en línea con las palabras de la autora, poder constituir un apoyo hacia aquellos enfoques en el ámbito de la instrucción de carácter más innovador, o más acordes con los principios del EEES, y con las exigencias de la actual sociedad de la información y del conocimiento. El ABP, como metodología activa, entendemos que es una propuesta favorable, siendo demostrada su mejora diferencial por los resultados finales obtenidos (pág.184 y ss.) Y una vez más

tenemos que decir que el desarrollo de competencias es otro de los elementos acordes con la intención de la autora, y clave para entender los beneficios del ABP. La metodología que emplea dicha autora en el estudio es cualitativa. Si bien en nuestro caso la información cualitativa, aportada por el diario de clase, es complementaria, no deja de ser útil la metodología seguida por la investigadora para integraciones de informaciones este tipo. Para nosotros, esto puede resultar importante en los aspectos competenciales, si bien sobrepasa los objetivos de la investigación presente, y por ello hemos decidido incluir una línea de investigación en este sentido (pág.209).

2.3. TIPOLOGÍAS DIDÁCTICAS EN ENSEÑANZAS TÉCNICAS

Acompaña a este marco teórico unas pinceladas sobre los métodos didácticos habituales en Enseñanzas Técnicas. Lo que une a una didáctica con otra, antes que cualquier objetivo subsidiario, es la necesidad de existir un proceso enseñanza-aprendizaje. Sin conocimiento a transmitir, y unos agentes a participar, no podemos hablar de didáctica. No obstante, en este apartado en particular, incidiremos en los aspectos diferenciales con el ABP, diseccionando si se permite cada didáctica, pues interesa a la investigación. El objeto no es otro que evitar la confusión entre didácticas que, por razón del nombre u otro aspecto, se confunde a menudo con lo que es, implica y necesita un ABP.

2.3.1. MÉTODO EXPOSITIVO

El método expositivo, o MET en el contexto del presente trabajo, consiste en impartir una clase magistral, unívoca en su mayor parte en el trasvase de información del profesor al alumno, con la excepción de los turnos de preguntas. Se suele en los últimos tiempos acompañar con apoyo de retroproyector. En el fondo, es el método tradicional más habitual, no sólo en ingenierías, sino en el resto de estudios universitarios. No siempre fue así, pues existen indicios de que en

algunas Escuelas Especiales, los trabajos de taller y en campo, tenían un peso considerable en la formación y evaluación de los alumnos. Pero con la integración de las Escuelas Técnicas en el Ministerio de Educación, y la libertad de cátedra unida a docentes con planteamientos didácticos más o menos tradicionales de las Facultades, ha hecho de este método el genérico por defecto para las Escuelas Técnicas. Y ello, inclusive, en asignaturas eminentemente prácticas, lo que ha conllevado una dificultad acrecentada para superar ciertas asignaturas, con respecto a otras que reciben metodologías didácticas activas. Todos conocemos casos de asignaturas que en Ingeniería eran evaluadas principalmente mediante pruebas objetivas a base de problemas, sin embargo, en clase durante todo el periodo docente no se hacían más de tres problemas (el ejemplo no es ficticio). El trabajo autónomo del estudiante en estos casos se hacía fundamental, y el empleo de libros, material con ejercicios resueltos y exámenes de otros años, era requisito imprescindible para poder tener opciones de aprobar la asignatura en cuestión. Los alumnos, a veces se limitaban a confiar en la diosa Fortuna, o como más prosaicamente se suele decir, ser agraciado con una “idea feliz”. Pero no todas las asignaturas en Ingeniería son por sus contenidos refractarias al MET. Otras asignaturas se han adecuado razonablemente bien a este método didáctico como, por ejemplo, la Legislación y el Catastro en ramas agrarias, o Legislación y Obras en ramas civiles. Aun así, MET, como único método didáctico y exclusivo, no es aconsejable en asignaturas de Ingeniería. Y ello es así porque, aún en las asignaturas ligadas al derecho mencionadas, los casos prácticos requeridos para dar formación académica adecuada a alumnos con futura práctica profesional, no se hacen. Los alumnos deben ser partícipes activos en la resolución de los mismos, para no cercenar la capacidad de resolución de problemas, o simplemente para no esterilizar esta capacidad por la atrofia impuesta.

Por otra parte, el MET sigue siendo imprescindible para dar las bases de las materias impartidas, independientemente de que se combine con otros métodos didácticos. No hay contradicción en lo que queremos decir. La condición del MET cambia radicalmente en sus efectos didácticos cuando se utiliza solo, o bien en combinación con otras didácticas. De hecho no aconsejamos, tal como hemos

comentado en varios aparatos, un ABP en Ingeniería sin ninguna formación impartida bajo la forma didáctica del MET. No obstante, la reducción a un mínimo imprescindible (en nuestro caso, 6 semanas) se puede conseguir con el material docente adecuado y la ayuda de la plataforma virtual. Por tanto, y concluyendo, el problema no es el empleo del MET en Ingeniería, sino su empleo exclusivo: un ABP inclusivo hacia el MET e integrado con el trabajo autónomo del alumno es, para nosotros, la mejor opción para asignaturas cuatrimestrales con contenidos de aplicación en Ingeniería.

2.3.2. REALIZACIÓN DE PROBLEMAS POR EL DOCENTE

Esta didáctica es preferible, en el caso general, al MET en exclusiva. Tradicionalmente, la didáctica habitual en materias de Ingeniería que requieran la resolución de problemas, ha consistido en una exposición acompañada de una serie de ejercicios tipo resueltos por el docente. Este método didáctico es una evolución con respecto al MET en exclusiva. En realidad, suelen ir acompañados ambos métodos didácticos en aquellas asignaturas que contengan teoría y problemas; como por ejemplo la asignatura de Termodinámica (y sus variantes de denominación). La cuestión fundamental, y muchas veces a petición del alumnado, es poder disponer de una colección de problemas amplia, de forma que los casos vistos en clase se conviertan en casos tipo. En asignaturas como por ejemplo la Física General de primer curso de ingeniería de todas las ramas, se dispone de buena bibliografía al respecto. Igual ocurre con la Mecánica Vectorial, de algunas ramas (Ingeniería Civil, Mecánica y otras). Pero en ciertas asignaturas surge un problema importante: es muy escasa la bibliografía relativa a problemas. En estos casos, la publicación de apuntes específicos para la asignatura es obligada para poder dar al alumno el soporte adecuado, si se pretende seguir este método didáctico. Pero no siempre ocurre así, y por nuestra información sabemos que al final son los alumnos los que tienen que compilar, de una forma un tanto informal, problemas y ejercicios de otros años.

Este método didáctico suele ir acompañado del MET, como se ha comentado, aunque hay algunas materias en cursos superiores que se adaptan bien a este método casi en exclusiva: por ejemplo, algunas asignaturas muy especializadas que suelen encontrarse como optativas bajo la forma de ampliaciones de asignaturas previamente impartidas: Ampliación de Geotecnia, Máquinas Hidráulicas II, Teoría de Circuitos II, Cálculo Avanzado de Estructuras, Elementos de Fijación y Sustentación de Máquinas y Equipos Industriales, y otras. El MET en estos casos ya ha sido de facto impartido en la asignatura previa correspondiente, por lo que la realización de problemas por el docente es inmediata, o al poco tiempo del comienzo de la impartición de la asignatura. Con respecto al ABP, todavía el profesor juega el papel activo en la didáctica, por lo que no podemos considerar a esta metodología docente como una variante del ABP. Pero consideramos que es preferible al MET en exclusiva en Ingeniería.

2.3.3. TRABAJO EN GRUPO Y TRABAJO DE LA ASIGNATURA

En este apartado incluimos dos métodos que suelen estar relacionados en la enseñanza-aprendizaje en Ingeniería: el trabajo en grupos (más o menos fijos), y el trabajo final de la asignatura. No suelen ser métodos tal cuales en exclusiva para una asignatura dada, sino más bien métodos combinados con el MET y el de realización de problemas por el docente. Cuando las asignaturas (pre-Bolonia) eran anuales, se solía evaluar al alumno en algunas materias, realizando un trabajo final que acompañaba al examen; bien como requisito o bien como apoyo a la calificación final. Por ejemplo, en las ramas agrarias (Montes y Agrónomos), era habitual en las asignaturas de botánica aplicadas para cada especialidad, realizar un herbario a lo largo del curso. Pero en la actualidad, con planes de estudio en los cuales las asignaturas apenas disponen de un cuatrimestre en muchos casos, se observa una tendencia a perderse el trabajo final en algunas asignaturas por razones de disponibilidad temporal. Al multiplicarse las asignaturas, es lógico que no se mantengan los trabajos en todas ellas, o en las que lo tenían. Por tanto, se

puede decir que el trabajo final ha quedado casi relegado a ciertos casos, y por supuesto, a la realización del correspondiente Trabajo Fin de Grado y Fin de Máster, que supera con mucho a los trabajos parciales de asignaturas consideradas particularmente.

En cuanto al trabajo en grupo, ha sido frecuente también la formación de pequeños grupos (2, 3 o 4 alumnos) fijos a lo largo del curso, y que firmaban todos ellos el trabajo final de la asignatura. Por ejemplo, era muy frecuente (y lo sigue siendo en algunas Escuelas) que la asignatura de Proyectos (con sus variantes de denominación: Proyectos y Emprendimiento, Oficina Técnica, etc.) requiriera de la entrega de un pequeño proyecto de Ingeniería a final de curso. Este proyecto era objeto de evaluación, revisión, tutorización, y no pocas veces, defensa. Esta forma de proceder se dificulta en la actualidad, tal como comentan los compañeros que imparten estas materias en el área de Ingeniería de Proyectos, por falta de tiempo para el alumno, derivada en parte de la poca carga lectiva dedicada en la actualidad (en torno a 6 créditos, frente a los 12 o 16 equivalentes de planes antiguos). Por otra parte, el profesor en los planes actuales, tiene que impartir a veces no pocas asignaturas, dividiendo la dedicación a cada una de éstas y dificultando la posible realización, revisión y fiscalización de los trabajos finales de la asignatura.

2.3.4. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

En este subapartado vamos a comentar la relación del ABP con otro método didáctico cercano y muy interesante, aplicado habitualmente en escuelas de Arquitectura, y más recientemente en el desarrollo de la fabricación de productos: el aprendizaje basado en proyectos. En cuanto a la relación del ABP con el aprendizaje basado en proyectos, refiriéndonos en nuestro caso a Ingeniería y Arquitectura, ambas son metodologías activas. Pero existen algunas diferencias. Para algunos autores (Mettas y Constantinou, 2008) consideran que el aprendizaje basado en proyectos es una metodología activa donde el enfoque se realiza sobre un producto final, diseño o proyecto a desarrollar; en definitiva, una idea que se pretende hacer realidad. Según Rodríguez-Sandoval y Cortés-Rodríguez (2009) el

aprendizaje basado en proyectos se fundamenta en un proyecto el cual es desarrollado a lo largo de la impartición de la asignatura en cuestión, siendo ésta la esencia de su estrategia pedagógica. Se puede decir, por tanto, que el aprendizaje basado en proyectos tiene siempre (y es un factor que lo condiciona) un eje central: el proyecto en sí. El aprendizaje basado en proyectos, desde el punto de vista de los autores, es especialmente adecuado a la enseñanza-aprendizaje de materias en las cuales el diseño juegue un papel fundamental, como por ejemplo, en asignaturas de Proyectos de Enseñanzas Técnicas. En el caso de las Construcciones, el ABP es, desde el punto de vista de los autores, más versátil que el aprendizaje basado en proyectos pues el primero no está ceñido a un proyecto únicamente sino a problemas asociados a casos prácticos, incluyendo problemas de maquinaria, instalaciones, y ejecución de obras. En cualquier caso, aunque ABP se refiera en su denominación a problemas y aprendizaje basado en proyectos a proyectos, en el ámbito de la Ingeniería no son metodologías mutuamente excluyentes, por lo que las apreciaciones sobre sus semejanzas y diferencias deben entenderse con flexibilidad.

Para finalizar, comentaremos algunas diferencias entre el ABP y aprendizaje basado en proyectos, como partes de un mismo conjunto de didácticas emparentadas; con respecto a otros métodos didácticos que pudieran confundirse. Tenemos:

- Mientras entre sesiones de ABP la composición de los grupos de trabajo puede ser variada, al cambiar el problema a resolver, en el trabajo de la asignatura los componentes no varían a lo largo del desarrollo del programa docente.
- En ABP y aprendizaje basado en proyectos, el trabajo en grupo es un medio fundamental para el desarrollo de la didáctica, mientras el “trabajo en grupo” como didáctica en sí es (habitualmente) acompañada de otras didácticas como MET y realización de problemas por el docente.
- El trabajo final de la asignatura es un requisito para la evaluación final, pero no es el medio, o no el único para calificar: su empleo en la didáctica suele ir acompañado de un MET con sus propios medios de evaluación. Por el contrario, en el aprendizaje basado en proyectos, el proyecto a lo largo del curso

es el medio fundamental para proceder a la captación de conceptos por los alumnos, e inclusive, a su calificación personal.

PARTE II. MARCO EMPÍRICO

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA

El marco empírico del presente trabajo informa sobre el desarrollo y los resultados de un experimento en el ámbito educativo universitario para responder al siguiente problema de investigación: ¿Existen diferencias significativas en los aprendizajes en Ingeniería del Riego y de Construcciones entre alumnos que han participado en un programa de enseñanza basada en un ABP, y otros alumnos que han participado en un programa de aprendizaje siguiendo un MET en exclusiva? Por tanto, detectar si existen dichas diferencias significativas sería el objetivo principal de la presente investigación. La existencia de diferencias significativas en un sentido positivo para el ABP justificaría su implantación frente al MET en exclusiva, en la impartición de las asignaturas implicadas en la investigación. En la evaluación, formalmente, la hipótesis de partida a falsar o verificar, y asociada a la respuesta a la pregunta que marca el objetivo principal es “el tratamiento dado mediante ABP no afecta al rendimiento académico”. La hipótesis alternativa es precisamente “el tratamiento dado mediante ABP afecta (positivamente) al rendimiento académico”. Asociado a éste objetivo principal se han fijado unos objetivos y metas específicas, comentadas en la primera parte del documento (pág.22 y ss.) El contexto del experimento realizado ha sido la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Huelva, y los alumnos implicados en la investigación durante el curso 2015-16 han sido pertenecientes todos ellos al Grado en Ingeniería Agrícola, según se detalla posteriormente (pág. 135). Un estudio piloto previo durante el curso 2013-14, para un primer acercamiento al problema, implicó también a alumnos del Grado en Ingeniería en Explotación de Minas y Recursos Energéticos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Comprende este apartado el desarrollo de la investigación realizada, exponiendo como se ha realizado siguiendo unas pautas prefijadas. Se desglosa en

los apartados de metodología y diseño de la investigación (pág.91), fases de la investigación y puesta en marcha (pág.111), toma de datos, instrumentos y medios de investigación (pág.135), y análisis estadístico (pág. 151).

A continuación se enumera la composición de un canon básico de referencias, dividido en dos bloques, sobre el cual se fundamenta y se aplican las técnicas correspondientes en el presente marco empírico. De esta forma, no redundaremos en las citas, sin omitir por ello información relativa a autores. Se citarán específicamente los autores enumerados en asuntos sobre los que sea necesario aportar alguna aclaración. También se citará la referencia en cuestión cuando sea de interés conocerla, como factor de decisión por nuestra parte, en algún punto. Tenemos:

- I. Los postulados generales de método científico son los clásicos de Hempel (1999), con la adaptación al campo social por Álvarez et al. (2005). Los principios instrumentales del método cuasiexperimental han tenido su base en los postulados de Lasa e Iraeta (2002). En el fundamento teórico del análisis estadístico destacamos los trabajos de García Pérez (2005a, 2005b, 2008 y 2010).
- II. Para la aplicación de la estadística inferencial al ámbito de la Educación se han tenido en cuenta los casos prácticos desarrollados por García Llamas, Pérez Juste y Río Sadornil (2006), y las aplicaciones estadísticas al ámbito de la Educación de Pérez Juste et al. (2009) y Rodríguez Santero (2015, 2017). Estas referencias son clave para entender el modelo comparativo establecido con las técnicas estadísticas empleadas. En el manejo de la herramienta estadística SPSS han sido de gran utilidad los manuales de Murillo y Martínez-Garrido (2012), y Ximénez y Revuelta (2011).

A estas referencias hay que añadir los casos prácticos de otros autores en casos análogos, ya comentados en el marco teórico. No hemos encontrado casos perfectamente similares al nuestro, si bien las referencias seleccionadas en el marco teórico con implicación de ABP en Ingeniería, tienen puntos de interés para nuestro estudio. Nos hemos movido en algunos campos conocidos bien por otros autores, y en otros aspectos se ha tenido que abrir camino. En este sentido, el

estudio piloto (Rodríguez, 2014), así como los primeros resultados de la evaluación con aplicación de la prueba de la mediana difundidos (Rodríguez y Fernández-Batanero, 2017a; 2017b) también son parte del fundamento de esta parte empírica. El lector interesado en algún aspecto concreto, como por ejemplo la aplicación y resultados con la prueba de la mediana, lo puede consultar en las referencias mencionadas, dado que se procurará no redundar demasiado en este documento sobre ciertos aspectos ya publicados.

2.1. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se describen las bases del método científico aplicado y el diseño del experimento con el método cuasiexperimental seleccionado. Se incluyen algunas reflexiones sobre el tipo de modelo empleado y qué es lo que se puede esperar del mismo. Se precisan los conceptos de eficiencia y eficacia en el contexto del presente trabajo, y por último se establecerán las variables a tener en cuenta, con una cláusula *ceteris paribus* asociada.

2.1.1. MÉTODO CIENTÍFICO APLICADO

El modelo empleado para la evaluación del ABP consiste en un modelo con un diseño cuasiexperimental, con los detalles que se incluyen en el apartado siguiente. En lo que concierne al carácter del modelo, desde el punto de vista del método científico, está enmarcado dentro de los modelos nomológico-inductivos, cuyo fundamento consiste en falsar o aceptar una hipótesis de partida aplicada a una o varias muestras y establecer las correspondientes hipótesis aceptadas (Álvarez et al. 2005; Zamora, 2005). Las conclusiones que se pueden deducir sobre el resultado obtenido sobre la citada muestra se pueden inducir para una población mayor, con ciertas reservas que comentamos a continuación. Entendiendo el modelo aplicado como nomológico-inductivo, o más precisamente, como inductivo-estadístico, se debe ser cauto a la hora de establecer inducciones

referentes a extrapolar hipótesis a otras muestras. En nuestro caso, tenemos una espada de doble filo: por un lado, el número de alumnos reducido en conjunto limita el alcance en este sentido, y por el otro, precisamente es ese número reducido de alumnos el que permite aplicar el ABP con la dedicación y medios que se requiere, o lo que es lo mismo, en profundidad. El ABP exige unos grupos reducidos, con subgrupos de trabajo, que limita el total de alumnos a tuturar. De lo contrario, se restaría veracidad a la especificidad didáctica (Woods, 2012). Por tanto, quizás sea más conveniente entender la potencialidad del modelo como adecuado en cuanto a la certidumbre de las conclusiones derivables, más que a la amplitud de las inducciones posibles para poblaciones mayores.

Por otra parte, en lo que al tratamiento estadístico se refiere (pág. 151 y ss.), el nivel de aplicación estadístico empleado es el que se denomina en la bibliografía tradicional como *contraste de hipótesis*, con ligeras variantes según distintos autores. Se han empleado métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos para la evaluación final. No hace falta decir más por ahora, pues entendemos que el lector encontrará el material específico posteriormente. Siguiendo con nuestro comentario, y partiendo de estas líneas elementales sobre la estadística aplicada, tenemos que retrotraernos a los estudios clínicos que han empleado métodos experimentales, con sus respectivas variantes (Álvarez Cáceres, 1996), para entender cómo y porqué se han extrapolado las conclusiones derivadas de los estudios con modelos análogos al ámbito de la Educación. La cuestión es simple: si se está estudiando el efecto de un medicamento o un determinado tratamiento, y el acento se pone en los posibles efectos adversos a que pudiera dar lugar, basta que una serie de individuos los manifiesten para que la información que aporte el experimento sea necesaria y suficiente. Esto es, que del experimento se confirme la hipótesis: el tratamiento produce efectos adversos en los pacientes. Y puesto que en el método científico clásico una hipótesis se considera cierta mientras no se demuestre lo contrario (Hempel, 1999; Álvarez et al. 2005), bastan unos pocos pacientes manifestando síntomas adversos para precisamente dar al traste con la hipótesis: el tratamiento no produce efectos adversos en los pacientes. Pero una cuestión muy distinta, y a tener en cuenta en Educación, es la perspectiva opuesta.

Esto es, otorgar la evaluación positiva a un método o programa educativo simplemente por confirmar la aparición de efectos positivos, como por ejemplo, la mejora en el rendimiento académico en unos sujetos sometidos a un experimento. Tal planteamiento es frecuente en estudios en el ámbito referido. La variabilidad existente entre los alumnos debido a diferencias de formación, aptitudes, niveles socioeconómicos, y otros factores socioculturales, añaden todavía más incertidumbre a la hora de extrapolar resultados.

Conforme a lo anterior nos vemos obligados, por tanto, a precisar algunas cuestiones relativas a nuestro caso: en primer lugar, si aparecen síntomas positivos esto no quiere decir que sean extrapolables a toda la población, o universo inclusive (alumnos de Ingeniería en nuestro caso). Lo que se puede asegurar es que el método o programa funciona en las condiciones del experimento. Desde una perspectiva positiva se puede decir que el programa es válido en esas condiciones, o dicho de un modo concreto y simple: funciona. Desde una posición más restrictiva habría que establecer para qué población se pueden considerar válidas las consecuencias de la aplicación del programa, y para qué nivel de significación estadístico esto sería aceptado. O inclusive, estudiar el tamaño del efecto como condicionante actual para extrapolar conclusiones a poblaciones mayores (Rodríguez Santero, 2017). En el caso que nos ocupa, difícilmente podríamos aceptar para un nivel de significación del 95% una población mayor que los alumnos de Ingeniería de las titulaciones implicadas. Un estudio de tamaño muestral se hace necesario en la aplicación de un modelo cuantitativo de base científica. Esta cuestión ha sido resuelta numéricamente en el apartado correspondiente (pág. 137). En términos generales, nuestro trabajo admite un error de precisión en torno al 14%, con una variación según los alumnos a los que se quieran extrapolar los resultados (población finita o teóricamente infinita). A modo de referencia, grosso modo, dicho error de precisión es menor, no obstante, que las diferencias de las medias en el rendimiento académico a favor del ABP, con ciertas variaciones según grupos y materias.

Sin embargo, y sin pretender ser *advocatus diaboli* de nuestro propio trabajo, creemos que detrás de ciertos cálculos estadísticos, habituales en informes

educativos, se esconde el error. Dicho error no lo es por la estadística, claro está, sino por el uso que se hace de ella a veces. Considerar que podemos extrapolar nuestras conclusiones a toda una población de alumnos de Ingeniería, teóricamente infinita, en el presente y en el futuro, con un margen de error determinado aunque sea elevado, nos parece poco menos que pretencioso. En este sentido adoptaremos una postura más humilde: en una población concreta de alumnos hemos empleado una didáctica específica (ABP), la hemos comparado con una tradicional (MET), y resulta que la primera es preferible por los resultados de rendimiento académico. Y esto lo podemos presentar como un experimento exitoso para esa población, sencillamente. No poco tiempo, trabajo y esfuerzo se ha requerido para llegar a esa conclusión. Y también no pocas implicaciones de importancia se pueden derivar: el ABP ha funcionado en Ingeniería para un caso concreto, el rendimiento académico se puede mejorar en dicho ámbito con la consiguiente reducción de la tasa de abandono, y otras implicaciones más. Y esto supone una referencia de interés para otros casos posibles. Pero el lector debe ser discreto a la hora de dar por hecho algunos resultados presentados aquí, como verdades universales para otros alumnos. Hay que entender el trabajo expuesto, por tanto, con las limitaciones de contexto y la advertencia dada; y de esta forma daremos credibilidad a un método científico correctamente aplicado. Para profundizar en esta delicada cuestión sin extrapolarlos de nuestro objetivo principal, hemos incluido en las líneas de investigación futura, dentro de una línea en el ámbito estadístico, un estudio del tamaño del efecto (pág.209).

2.1.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO CUASIEXPERIMENTAL EMPLEADO

La evaluación del ABP se realizó siguiendo un modelo con diseño cuasiexperimental. Se midió el efecto del tratamiento aportado (ABP o MET) sobre el rendimiento académico en 2 grupos experimentales y 2 grupos de control. Cada par grupo experimental-grupo de control se ha constituido atendiendo a cada materia experimentada por separado (Ingeniería del Riego y Construcciones). Los grupos de control que no recibieron ABP recibieron MET con realización de

problemas por el docente, durante todo el periodo lectivo. El modelo ha sido de tipo cuasiexperimental al no poder asegurar una asignación completamente aleatoria de los alumnos por separado (individualmente) a grupo de control o experimental. Pero la asignación de un grupo ya constituido por un determinado número de sujetos, a control o experimental sí se determinó de forma completamente aleatoria. Las pruebas objetivas de control de conocimientos, incluidas en la planificación temporal de actividades en las correspondientes guías docentes de las asignaturas respectivas (pág.150), han proporcionado el rendimiento académico vía calificación de las mismas. Han sido concebidas cuidadosamente para poder servir a los objetivos fijados en este trabajo (pág.142), a la vez que han tenido que atender a los objetivos propios de la correspondiente guía docente con los contenidos específicos a evaluar por cada asignatura.

En la puesta en práctica del ABP, antes del desarrollo del estudio de casos, se ha requerido de un período previo de docencia siguiendo un MET que proporciona las bases de conocimiento teórico sobre construcción, hidráulica y otras materias, sin las cuales no se pueden realizar las aplicaciones correspondientes de los conocimientos a los problemas. Esta circunstancia se ha aprovechado para poder efectuar una evaluación preliminar al ABP (pretest). En este caso, se reservó un período de MET con resolución de problemas por parte del profesor, cuya duración ha sido de 6 semanas para ambos pares de grupos experimental y de control. Este periodo de MET común para todos los grupos se ajustó conforme a los resultados del estudio piloto (pág.129), considerándose el mínimo posible que permite liberar el máximo tiempo disponible para el ABP en los dos grupos experimentales. La plataforma virtual Moodle contiene un repositorio de material técnico y apuntes que es especialmente importante para el trabajo autónomo y consulta del estudiante.

Dentro de cada grupo, se ha evaluado por tanto, el efecto del tratamiento aplicado (ABP o MET). El pretest se realizó en la primera semana del mes de abril, tras el periodo de MET común. El postest se aplicó tras las semanas de docencia siguientes hasta completar el cuatrimestre, habiéndose seguido un ABP o bien un MET sin solución de continuidad, según el grupo. Para la realización del

experimento, los alumnos han sido informados de las correspondientes metodologías docentes y de la investigación que se ha efectuado. Las guías docentes han incluido las pruebas objetivas y la semana en la que se realiza (pág.150), si bien se ha dispuesto de una semana de margen por razones operativas (disponibilidad de los docentes para vigilancia de las pruebas) y logísticas (disponibilidad de aulas y de otros medios). En total, puesto que se ha contado con 4 grupos, 2 grupos experimentales y 2 grupos de control pareados por materias, se han realizado 8 pruebas objetivas para la medición del rendimiento académico, 4 antes y 4 después del tratamiento. Estas pruebas han sido completamente independientes de los exámenes correspondientes a las convocatorias oficiales de junio y septiembre, ordinaria y extraordinaria respectivamente.

El experimento ha exigido una programación docente de las asignaturas cuidadosa, rígida se podría decir en comparación a cierta flexibilidad posible en condiciones ordinarias, dado que la limitación temporal por periodos impone un ajuste fuerte que no permite divagaciones. En términos generales, los alumnos que siguen únicamente el MET han recibido los conocimientos pasivamente y más relajadamente, si se quiere decir, dado que el esfuerzo activo se concentra en el docente. Pero, a la luz de los resultados, los conocimientos con MET han tenido menos asimilación dado el saber-hacer que ha permitido el ABP, según se desprende de las pruebas objetivas. La realización en clase de problemas por el docente, por tanto, para los grupos de control se ha extendido durante todo el período lectivo en el que los grupos experimentales han recibido ABP. La organización de los grupos de alumnos en bloques es lo que hace conceptualmente al método cuasi-experimental, tal como hemos comentado. La Ilustración 1 expone de forma gráfica la instrumentalización del modelo cuasiexperimental.

En el diagrama de la ilustración referida se tienen unas fases y operaciones propias al diseño cuasiexperimental aplicado, y que se integran dentro del esquema general de la investigación que posteriormente veremos en el mapa conceptual (pág. 112). Atendiendo a la descripción del modelo cuasiexperimental empleado, damos las siguientes indicaciones resumidas de los hitos marcados en el diagrama expuesto, matizadas por la instrumentalización requerida. Tenemos 3 fases:

- I. Diseño de un ABP para Construcciones e Ingeniería del Riego: ha comprendido la definición de los conocimientos teóricos, la selección de casos prácticos, e indicaciones generales a priori sobre los postulados a seguir en la implantación del ABP. El diseño cuasiexperimental, con definición del número de grupos y tipo de tratamiento a recibir, se ha necesitado establecer previamente a la fase siguiente.
- II. Aplicación y puesta en práctica del ABP: teniendo por fundamento las bases teóricas del ABP (pág.61 y ss.), se procedió a su implementación real en clase en los grupos definidos experimentales en la fase anterior. Cada curso ha generado una serie de indicaciones y correcciones sobre el siguiente, y que se han tenido en cuenta hasta dar por ajustada la implantación.
- III. Evaluación del ABP: ha comprendido la realización del pretest, postest y llevanza del diario de clase. Finalmente, con la información recopilada y su tratamiento se procedió a la evaluación final, con un análisis de resultados del que derivaron una serie de conclusiones.

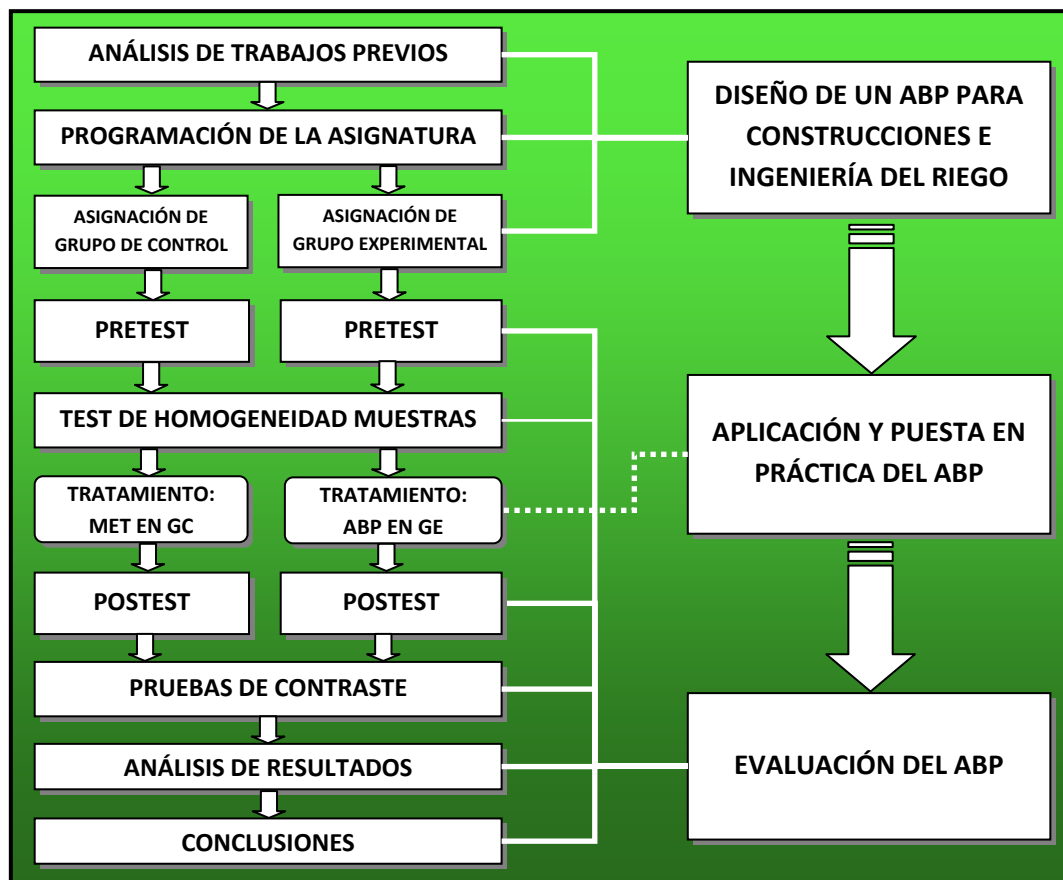


Ilustración 1. Instrumentalización del modelo cuasiexperimental.

Fuente: elaboración propia.

Las fases anteriores han requerido de una serie de operaciones, que a continuación de forma sucinta se describen:

- Análisis de trabajos previos: ha comprendido la revisión de la literatura específica relativa a casos de interés, así como la recopilación de información relevante del estudio piloto.
- Programación de la asignatura: conforme a los contenidos establecidos en la guía docente de la asignatura, se repartieron convenientemente a lo largo del período lectivo los temas. Se atendió a concentrar los conocimientos de base teóricos en las primeras 6 semanas de clase. El resto del período lectivo se dejó para aplicaciones, bien para casos prácticos en sesiones con ABP, o bien para problemas realizados en clase por el docente (MET).
- Asignación de grupos experimentales y de control: los alumnos se repartieron convenientemente en 4 grupos, 2 por materia, con un número de alumnos similar por cada par de cada materia. Un proceso de negociación se requirió, con ciertas dificultades. Una vez cerrados los grupos, con una moneda al aire se eligió el grupo experimental y el de control por cada par para cada materia.
- Realización del pretest: de acuerdo al calendario fijado y con el margen establecido de 1 semana, se procedió a realizar el pretest. La prueba fue la misma para el grupo experimental y de control de cada par por materia. Se realizó en el mismo lugar y a la misma hora (pág.148). La prueba se diseñó para que se pudiera medir la variable dependiente antes (pretest) y después (postest) del tratamiento.
- Test de homogeneidad de muestras: se requirió un trabajo de gabinete, antes de seguir con el experimento, para confirmar (o descartar) que las muestras son comparables. En primer lugar se determinó el tipo de análisis estadístico posible. Tras confirmar la normalidad de las muestras y $n > 20$ en todas ellas, nos decantamos por métodos paramétricos para el análisis estadístico, pero incluyendo no paramétricos en los anexos como un refuerzo complementario de las deducciones posibles. Luego utilizamos las pruebas T de Student y

ANOVA para muestras independientes. Se comprobó que las muestras son normales, siendo comparables discriminando por materias (agrupadas por pares), y sin discriminación por materias (4 muestras independientes).

- Tratamiento didáctico conforme a un MET en exclusiva: los grupos de control siguieron un MET durante todo el periodo lectivo. En una primera fase de conocimientos teóricos fundamentales, los grupos recibieron las mismas clases sin distinción en metodología y contenidos. Posteriormente, los problemas de aplicación fueron realizados íntegramente por el docente.
- Tratamiento didáctico conforme a un ABP con un periodo de MET previo: tras una fase inicial de 6 semanas siguiendo un MET, en los grupos experimentales se implantó el ABP con una serie de casos prácticos basados en proyectos e informes reales adaptados por el tutor. Siguiendo unos hitos en su resolución, hasta llegar a la culminación del caso, los subgrupos de alumnos formados para el ABP dentro de los grupos experimentales, permanecieron sin cambios en su composición. Al cambiar de caso, se desmontaron los subgrupos para formar otros nuevos para el siguiente caso. La dinamización en la clase y participación activa del alumnado fue intensa. El apoyo de la plataforma virtual Moodle fue crucial para disponer del material necesario.
- Realización del postest: de acuerdo al calendario fijado y con el margen establecido de 1 semana, se procedió a realizar el postest. La prueba fue la misma para el grupo experimental y de control de cada par por materia. Se realizó en el mismo lugar y a la misma hora (pág.148). El sentido lineal-temporal en la secuencia de realización de las pruebas ha sido de pretest-postest (sin correspondencia entre estos a modo de test-retest dado que las cuestiones y problemas son diferentes).
- Aplicación de las pruebas de contraste para el análisis comparado: en el análisis estadístico se fijó la variable dependiente, expresada mediante el rendimiento académico individual de los alumnos antes y después del tratamiento. La variable rendimiento académico depende, a su vez, de otras

variables (pág.146). El tratamiento (ABP o MET) constituyó la variable independiente. Mediante la prueba T de Student, ANOVA y las pruebas no paramétricas complementarias se detectaron diferencias significativas favorables a aquellos alumnos que han seguido un ABP, con los matices correspondientes.

- Análisis de resultados incluyendo información de las pruebas de contraste y del diario de clase: tras las pruebas efectuadas se realizó el análisis de resultados plasmado junto con la discusión asociada en el apartado correspondiente (pág.184 y ss.) De la prueba paramétrica ANOVA se dedujo que no existen diferencias significativas entre materias, tanto si se ha seguido un ABP como un MET. Sin embargo, de diario de clase se desprenden algunos problemas específicos en la implantación del ABP en la materia Ingeniería del Riego.
- Conclusiones: tras todo el proceso investigador, se determinaron las conclusiones atendiendo al cumplimiento del objetivo principal y los secundarios.

En síntesis, el cuadro presentado expresa un procedimiento lineal de experimentación que se repite para cada materia (Construcciones e Ingeniería del Riego), en donde aparecen un grupo experimental (GE) y un grupo de control (GC). El grupo experimental recibe el tratamiento ABP, y el grupo de control recibe MET, o si se quiere expresar conforme a los postulados clásicos de los métodos experimentales y cuasiexperimentales, “no recibe tratamiento diferencial” (Lasa e Iraeta, 2002). El cruce de información entre los grupos que han formado los pares de grupos por materias, a efectos de validación estadística, se ha realizado con el empleo de la pruebas T de Student (pág.174) y U de Mann-Whitney (pág.235), considerándose la información aportada por esta última complementaria de la primera. Para el análisis inter-materias se ha empleado ANOVA en el análisis paramétrico (pág.180), y la prueba H-ANOVA de Kruskal-Wallis en el análisis no paramétrico complementario (pág.239). La eficacia y eficiencia en la evaluación del ABP (pág.103), se ha nutrido del aporte de

resultados de la prueba χ^2 (chi cuadrado) con datos agregados dicotomizados en “APTO” y “NO APTO” (pág.241). Por otra parte, el análisis no ha podido ser diacrónico, recogiendo los resultados obtenidos durante varios cursos académicos, dados los cambios producidos a lo largo del periodo de ensayo (pág.129).

Para finalizar, comentaremos que el método cuasiexperimental tiene limitaciones, en particular, para extrapolar sus resultados con exactitud a otras muestras. Estas limitaciones no se refieren únicamente al tamaño de las muestras, sino a las variables extrañas que, como veremos posteriormente, no son controlables (pág.105). No obstante, para los fines propuestos de falsación o aceptación de la hipótesis de partida, el diseño con un modelo cuasiexperimental se ha considerado suficiente, con el apunte que se da en el siguiente apartado. Un estudio de tamaño muestral, que posteriormente veremos (pág.137), se incluye para poder precisar el alcance y error de precisión de los resultados, pero debe interpretarse con las advertencias dadas (pág.91).

2.1.3. INDUCCIÓN DE HIPÓTESIS POSIBLE

Como en todo trabajo de investigación, el que se ha expuesto también presenta limitaciones. Las limitaciones las podemos agrupar en dos categorías, sin delimitación neta entre ambas por estar relacionadas: limitaciones de alcance y limitaciones de profundidad. En las limitaciones de alcance nos referimos a la aplicación del ABP a las materias analizadas: Construcciones e Ingeniería del Riego, y para un total de alumnos implicados en el experimento de 96 sujetos, distribuidos en diferentes grupos. En cuanto a limitaciones de profundidad nos referimos al método cuantitativo utilizado, teniendo en cuenta la variable rendimiento académico. La investigación se ajusta a detectar si existen diferencias en el rendimiento académico con o sin ABP, por lo que otras variables, incluso las variables secundarias medidas a través de la herramienta de valoración, han quedado fuera de las pruebas estadísticas. Las pruebas estadísticas, por tanto, han quedado ceñidas al alcance de los objetivos propuesto. Fruto de las limitaciones

anteriores hay que entender las conclusiones a las que llegamos en su contexto. En cuanto a la limitación por el número de alumnos, hay que decir que es una limitación casi ineludible, dado que es imposible con los medios de que disponemos trabajar un ABP en grupos grandes. Es más, según autores relevantes en ABP, es sencillamente incompatible con la didáctica en cuestión (Barrows y Tamblyn, 1980).

El modelo cuasiexperimental empleado, por tanto, está limitado. Dentro de las limitaciones posibles nos vamos a fijar ahora en un aspecto de la lógica de proposiciones formal, pues interesa a la justificación de las conclusiones finales y discusión previa (pág.184 y ss.) Una limitación afecta, en el contexto filosófico-científico referido, a la inducción de hipótesis posible. En concreto, la hipótesis básica que se puede inducir con claridad, en forma proposicional, se puede expresar como sigue: *“el empleo de un ABP puede mejorar el rendimiento académico de los alumnos universitarios que reciben la enseñanza de Ingeniería del riego / de Construcciones, en el ámbito de las Enseñanzas Técnicas”*. Tenemos que **A** implica **B**, siendo **A** empleo de ABP, y **B** mejora del rendimiento académico. Aún así, esta hipótesis tiene limitaciones de generalización, dado el carácter concreto del experimento en una Escuela Técnica determinada, y en unas titulaciones y cursos específicos. Sin embargo, y desde el punto de vista de la falsación de hipótesis conforme al método científico, el método empleado sí es suficiente para establecer una inducción, pero de otra hipótesis que si bien es más leve en sus consecuencias, se puede dar como inducción completa, tras los resultados: *“una pérdida de rendimiento académico en los alumnos de algunas materias del área de Ingeniería de la Construcción no implica (siempre) el empleo de un ABP”* Formalmente **NO-B** no implica -siempre- **A**. Esta última hipótesis, aunque pudiera parecer de poco valor práctico, sí lo es conceptual a la hora de justificar y apoyar la implantación del ABP en Escuelas Técnicas de Ingeniería. Los contextos en las citadas escuelas, en lo que a rendimiento académico se refiere, suelen ser duros para los alumnos según se comentó en el marco teórico (con algunos matices) (pág.46). Las asignaturas adscritas al área de Ingeniería de la Construcción pueden resultar particularmente difíciles de afrontar para ciertos

alumnos. Por lo que si el índice de aprobados no es elevado, cualquier experimentación en el ámbito didáctico hay que justificarlo adecuadamente. Un empeoramiento de los resultados de rendimiento académico puede hacer muy difícil defender la implantación de un ABP.

Por tanto, se puede aseverar con una base científica, con base en los resultados obtenidos en el presente análisis, que efectivamente existen casos donde el ABP mejora el rendimiento académico de los alumnos, con respecto a otros métodos didácticos tradicionales. Y dichos casos se han dado en experimentos replicables, con los márgenes propios de variación que establece la investigación socio-educativa. Además, se ha realizado un análisis estadístico que se ha pretendido riguroso, para poder aseverar la afirmación descrita. Se tiene, por tanto, en lo que a inducción de hipótesis posible se refiere, una base para poder defender la implantación del ABP conforme a los resultados estadísticos obtenidos (pág.151 y ss.) y a sus conclusiones (pág.207).

2.1.4. EFICACIA Y EFICIENCIA EN LA EVALUACIÓN DEL ABP

Uno de los objetivos fijados tiene que ver con los términos eficacia y eficiencia. Existe confusión, con frecuencia, entre los términos eficacia y eficiencia. No son lo mismo, y sus matices lo comenzamos a tratar en el estudio piloto (Rodríguez González, C.A. 2014). Vamos a recuperar parte de la discusión al respecto pues interesa al presente trabajo. Se definen en el presente trabajo, la eficiencia y la eficacia como términos diferentes. Según la Real Academia Española (2016), el término “eficacia” responde a la “capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera”, mientras que “eficiencia” es la “capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado”. Otros diccionarios dan términos parecidos, pero diferenciando, en cualquier caso, eficacia de eficiencia. En el proceso enseñanza-aprendizaje, en el contexto de la enseñanza de la Ingeniería que nos ocupa, y a los efectos de poder emplear un lenguaje preciso y

acordado, vamos a definir la eficiencia como “la relación entre los recursos aportados (humanos, temporales y materiales), y los objetivos cumplidos, expresados por el rendimiento académico”. Aunque un desarrollo de competencias es necesario y deseable, no lo incluiremos en la definición dada empleada aquí por requerir a nuestro juicio de metodologías específicas para su valoración, en toda su amplitud y variedad, con un análisis posiblemente diacrónico. Por ello, hemos incluido una investigación específica para su evaluación en las líneas futuras de investigación (pág.209).

La eficacia en el aprendizaje, término parecido pero diferente como hemos visto, en el contexto educativo que nos ocupa lo vamos a referir a “una consecución de metas y objetivos mínimos establecidos”. La eficacia mínima exigida al estudiante se establece por los conocimientos mínimos que el alumno debe asimilar y saber aplicar, para poder aprobar una determinada disciplina. Por tanto, la eficacia de un método didáctico se plasma en la superación de la asignatura (aprobado o calificación superior). Por ello, para un esfuerzo mínimo requerido de un alumno, es un método eficaz si este proporciona el acceso al aprobado. Si lo imposibilita, o la hace muy dificultoso, el método didáctico sencillamente “no es eficaz”. Por otra parte, un método didáctico es más eficiente que otro (valorado por el rendimiento académico), si en relación a los mismos medios aportados, permite a los alumnos para un mismo nivel de esfuerzo una mayor calificación. Hablar de un método eficiente, según nuestra apreciación personal, sólo tiene sentido si el método permite el aprobado. Este punto en Enseñanzas Técnicas es del todo crucial. En los anexos se ha incluido, por ello, una prueba no paramétrica mediante la función chi cuadrado (χ^2), habiéndose dicotomizado la variable de escala correspondiente al rendimiento académico en “APTO” y “NO APTO” (cuando sea mayor o igual a 5, o menor que este valor respectivamente) y agregado los datos en función de haber recibido o no ABP (sin discriminar por materias). De nada nos serviría que hubiera diferencias significativas en los aprendizajes conforme a un ABP –inclusive refrendados por sendas pruebas estadísticas- si a un número apreciable de aprobados no diera lugar; o al menos, una diferencia apreciable (significativa) en el número de

aprobados. En el análisis de resultados posterior (pág.184 y ss.), la prueba no paramétrica χ^2 con la dicotomización mencionada (pág.241), a pesar de las limitaciones evidentes que presenta, ha resultado a nuestro juicio importante para complementar la discusión referida con respecto a los términos eficacia y eficiencia, y las conclusiones correspondientes.

Por tanto, en síntesis y expresado en una forma pragmática, podemos decir que la evaluación del ABP comprende eficacia y eficiencia, siendo la primera expresada por “el mayor o menor número de aprobados que proporciona un método didáctico”, y la mayor o menor eficiencia por “la mayor o menor calificación media obtenida una vez conseguido el aprobado”.

2.1.5. VARIABLES DE DISEÑO Y CLÁUSULA CETERIS PARIBUS

Los resultados, como hemos comentado anteriormente, tenemos que interpretarlos con cierta prudencia. Pero no únicamente por una limitación de alcance del objetivo principal, sino porque existen variables extrañas al experimento. Dichas variables extrañas y no deseables, pueden ser desde el estado de ánimo individual y general de los estudiantes por razones climáticas, hasta la interferencia de festividades como, por ejemplo, la de El Rocío, de gran repercusión en toda Huelva. El determinar qué variables extrañas se pueden considerar es, ya en sí mismo, difuso. La mayor precisión obtenible exigiría la eliminación, o reducción si no es posible, de tantas variables extrañas como sea posible. No se puede alterar, por nuestra parte, el calendario de festividades, ni tampoco disponemos de un artilugio que haga el clima más homogéneo y afable. Pero, no obstante, se ha procurado reducir el efecto de algunas de las variables extrañas a medida que ha avanzado la investigación, sin poder ser corregidas las interferencias en su totalidad.

Dada la peculiaridad que requiere el método científico aplicado al ámbito socio-educativo (Álvarez et al. 2005), se debe establecer una cláusula *ceteris paribus* -lo demás permanece igual-, para toda la investigación empírica. La

variable dependiente considerada es, como sabemos, el rendimiento académico y la independiente el tratamiento didáctico recibido mediante ABP, o bien MET. En la evaluación, la hipótesis a falsar o verificar es “el tratamiento dado mediante ABP no afecta al rendimiento académico”. A estas 2 variables, se les añade la cláusula *ceteris paribus* en cuestión, por lo que todo lo demás debe permanecer igual si se quiere hacer un experimento replicable conforme al método científico aplicado a un entorno social-educativo. Como medidas de aplicación de la citada cláusula, y al objeto de reducir o acotar el efecto de las variables extrañas al experimento, se han adoptado las siguientes:

- 1) El pretest y postest lo han efectuado los grupos experimentales y de control a la vez, y en el mismo lugar, para cada materia.
- 2) Los grupos experimentales y de control han efectuado pruebas idénticas para cada materia en el pretest y postest. Las pruebas, a su vez, no han sido repetidas a modo de test-retest (págs.142).
- 3) A todas las pruebas se les ha aplicado el mismo criterio de corrección con una valoración definida conforme a una función matemática (pág.146).
- 4) La corrección de exámenes ha sido triangulada por otro profesor con docencia en el área.
- 5) Las pruebas objetivas han sido revisadas antes de su redacción definitiva por un profesor, independiente de la docencia en las materias implicadas en la evaluación, pero especialista en la rama de conocimiento. El profesor experto ha sido el Doctor Ingeniero de más antigüedad en la Universidad de Huelva en activo.
- 6) Los resultados finales han sido revisados mediante un muestreo aleatorio simple. Se extrajeron 2 pruebas individuales al azar de cada pretest y postest por materia sin discriminar por tratamiento (8 pruebas en total), y se corrigieron paralelamente por el profesor experto sin conocer la nota dada por el profesor responsable de su corrección inicial.

Como resultado de las correcciones a los respectivos Planes de Investigación y de las modificaciones efectuadas correspondientes (pág.129), las medidas anteriores se han ido revisando, corrigiendo y cerrando para el curso académico 2015-16 con respecto a los cursos anteriores. En concreto, la medida anterior número 3 ha sufrido variaciones, precisándose la herramienta de evaluación en cursos sucesivos. Se añadió la medida 5 que amplía el juicio del profesor experto a las pruebas objetivas, antes inclusive de ser utilizadas para el pretest y postest correspondiente.

Como variables extrañas, que no se han podido controlar totalmente y que han podido afectar al experimento, tenemos detectadas las siguientes:

- a) Lugar de impartición de las clases.
- b) Horario de las clases.
- c) Interferencia de festividades.
- d) Cambios en el origen geográfico del alumnado.
- e) Cambios en la formación previa del alumnado.

Las variables extrañas enumeradas no se han podido controlar completamente en los cursos académicos en los que se ha desarrollado el experimento. Las tres primeras variables no responden a errores sistemáticos, precisamente porque cambian de un año para otro. En la medida de lo posible, un estudio diacrónico con varios cursos académicos consecutivos implicados podría atemperar, digámoslo así, el efecto de dichas variables sobre los resultados de rendimiento académico. Dejamos para las líneas futuras de investigación una posible investigación que disminuiría la interferencia de estos errores (pág.209). La primera variable extraña enumerada no se ha podido modificar por motivos de asignación de aulas durante todo el cuatrimestre para una misma titulación. La falta de espacios concretos en ciertos horarios es sistémica al campus de La Rábida, en tanto y en cuanto no se produzca el traslado de la E.T.S.I. al Campus de El Carmen en Huelva, hecho que en el curso 2016-17 ha comenzado. Por lo demás es habitual que ciertos horarios y aulas tengan demandas superiores a la oferta, por

lo que no hay que entender este problema como local, sino más bien como general. Para más detalles, ver el contexto físico del experimento (pág.135). La segunda variable extraña, al igual que la primera, no ha sido controlable al completo puesto que los horarios de teoría no lo permiten, si bien en el curso 2015-16 para una buena parte de las sesiones prácticas, y tras un esfuerzo negociador por ambas partes (alumnos y docentes), se ha llegado a conseguir un horario consensuado con los alumnos, compatible con el resto de prácticas de la titulación. Dicho horario consensuado ha cubierto una buena parte de la carga docente. Pero lo que no es posible, ni ahora ni nunca, es trabajar con un horario simultáneo para las sesiones de ABP y MET con un mismo docente, por razones obvias. Se procuró, no obstante, que los horarios de los grupos con ABP y MET tuvieran una cierta “amabilidad” para el curso 2015-16, digámoslo así, dados los problemas detectados en cursos anteriores. Por ejemplo, los horarios de prácticas los viernes por la tarde-noche no han tenido en el pasado demasiada aceptación por parte de los alumnos. Las ausencias de alumnado en estos casos parece ser que fueron notables, por lo que este hecho se corrigió para los subsiguientes cursos, y en particular, para el curso 2015-16. Por otra parte, la asignación de grupos con diseño cuasiexperimental ha sido aleatoria, no estableciéndose anticipadamente un horario para ABP o MET. Una vez cerrados los grupos y sus horarios es entonces cuando se asignó aleatoriamente cada grupo (con su horario independiente) a MET o ABP.

En cuanto a las festividades suponen un factor de interferencia absolutamente incontrolable. Y esto se produce tanto en los cursos experimentados como en los futuros cursos por venir. Sin embargo, el efecto de interferencia por festividades se puede tipificar como error aleatorio; con lo cual, cuantos más cursos académicos se analicen su efecto se matiza progresivamente. Por las mismas razones que para la variable extraña primera, dejamos para las líneas futuras de investigación un apunte en este sentido (pág.209). De entre las festividades, en Huelva es la de El Rocío la que provoca mayor impacto dadas las fechas en las que se suele presentar: mayo o junio. Además, no sólo puede provocar interferencias en las clases, sino también problemas de calendario para las pruebas objetivas posttest.

Las dos últimas variables extrañas (“d” y “e”), si bien han sido claramente detectadas y pueden haber afectado a la investigación, es imposible por nuestra parte eliminar su afección. Con respecto a los cambios en el origen geográfico del alumnado, actualmente se han extinguido las antiguas titulaciones de Ingeniería Agrónoma de segundo ciclo en Córdoba, y a su vez en Sevilla se unificaron años atrás las escuelas de Ingeniería Técnica Agrícola de las dos previamente existentes, desapareciendo la emplazada en el “Cortijo de Cuarto”. La Universidad de Sevilla no tiene entonces las mismas posibilidades de acoger a todos los alumnos interesados en cursar el Grado en cuestión. A su vez, el alumnado que en otros tiempos quisiera hacer la antigua Ingeniería Agrónoma, siendo Córdoba el lugar más cercano desde Huelva para cursarla, se ve ahora obligado a realizar primeramente un Grado, y después un Máster oficial específico. Ya no es necesario ir a Córdoba para hacer la antigua Ingeniería Agrónoma, pues se requiere en todos los casos hacer previamente el Grado en Ingeniería Agrícola. Estas situaciones afectan a un porcentaje no determinado del total de alumnos. Lo cierto es que ya no tienen salir de la provincia dichos alumnos, sino que se pueden formar a nivel de Grado en Huelva. Por tanto, los alumnos de Grado en Ingeniería Agrícola en la E.T.S.I. de la Universidad de Huelva, desde 2012 han experimentado un apreciable aumento en su número, si bien ha habido una cierta reducción en el curso 2016-17. Estas circunstancias no están actualmente estabilizadas. Al paso de los años es de esperar que poco a poco se produzca un equilibrio, pero lo cierto es que el experimento se efectuó durante este proceso.

Por otra parte, con respecto a los cambios en la formación previa del alumnado, hay una percepción por parte de los docentes de que la base Matemática y Física con que los alumnos llegan a la Universidad, tan necesaria en las materias afectadas por la investigación, es deficiente. Existe una concordancia de opinión entre docentes en Ingeniería, no despreciable, de que ha habido una bajada en el nivel formativo de los alumnos procedentes de bachillerato en los últimos años. Parece ser que el polémico incremento de deberes y tareas en la formación pre-universitaria, con respecto a tiempos pasados, no ha dado los frutos que se supone que deberían haber dado. Y aunque tratar esa cuestión sobrepasa los límites de este

trabajo, lo cierto es que es en la docencia universitaria donde se sufre, a posteriori, el problema. Dichas carencias, por otra parte, es deseable que se solventaran en las correspondientes asignaturas de primer curso de forma que cuando llegan los alumnos a los cursos siguientes, donde están las Construcciones e Ingeniería del Riego, no hubiera problemas de formación previa exigible. Pero la realidad es bien distinta, y muchos alumnos cursan las materias que nos ocupan teniendo pendiente asignaturas de primer curso. El establecer pre-requisitos entre asignaturas ya fue una estrategia utilizada en el pasado, pero en Enseñanzas Técnicas se abandonó dado que el periodo de escolaridad medio de un estudiante al finalizar la carrera resultaba excesivo. Por nuestra parte tampoco nos parece una estrategia demasiado interesante. En cuanto a la afección de esta variable, tampoco podemos interferir.

Por último comentar que existen otras variables extrañas, difíciles de detectar y controlar. Entre éstas se pueden enumerar: la cercanía de viajes de prácticas y cercanía de exámenes de otras asignaturas. Es sabido que cuando hay un examen cerca, las ausencias de alumnado aumentan en varias asignaturas del curso afectado. Con respecto a los viajes de prácticas, existe un procedimiento reglado al respecto, y es parte de la formación de los alumnos. Por nuestra parte hemos procurado facilitar y armonizar dichos viajes con la docencia en las materias que impartimos. Y a nivel individual, entre otras variables extrañas que adoptan formas más impredecibles, podemos mencionar el estado de ánimo durante las pruebas objetivas (a su vez puede estar afectado por el clima local, agitación debida a la política nacional, circunstancias familiares, etc.), motivación personal para superar la asignatura (razón, a su vez, de otros factores), enfermedades puntuales y/o crónicas, problemas de atención por diversas causas (exceso de uso del móvil, publicidad excesiva por diversos medios, falta de descanso apropiado, problemas debidos al exceso de estimulantes, etc.) Pero no todas las variables extrañas afectan o son debidas al alumnado. El docente responsable de la docencia, como ser humano que es, también está sujeto a diversas vicisitudes que hacen que un día no sea igual a otro, y por ello, también introduzca un sesgo fruto de la variabilidad en su esfera personal y académica. El

diario de clase ha sido la herramienta que nos ha permitido registrar todos estos factores, y enumerarlos en este apartado.

En síntesis, como podemos ver, no existen razones para poder creer que un modelo completamente experimental hubiera sido factible en el ámbito y problema de investigación que nos ha ocupado (ver modificaciones en el desarrollo de la investigación, pág.129).

2.2. FASES DE LA INVESTIGACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

El seguimiento y consecución del problema de investigación planteado, tanto en su vertiente teórica como empírica, ha seguido las fases y operaciones del mapa conceptual general adjunto. A su vez, dicho mapa engloba los requerimientos del modelo con diseño cuasiexperimental planteado, cuyas fases se estructuraron en el apartado correspondiente (pág.94), y que repetimos a continuación:

- 1) Diseño de un ABP aplicado a las asignaturas de Construcción e Ingeniería del Riego.
- 2) Aplicación y puesta en práctica del ABP.
- 3) Evaluación del ABP.

A continuación, se expondrá el mapa conceptual general dando algunas indicaciones acerca de las operaciones no descritas con anterioridad. Posteriormente se expondrán las fases 1 y 2 del diseño cuasiexperimental, proporcionando los factores clave que permitan visualizar la implantación y seguimiento del ABP. La evaluación, tal como se concibió y aplicó, se verá posteriormente desglosada y detallada en los apartados relativos a toma de datos e instrumentos y medios de investigación (pág.135), análisis estadístico (pág.151) y discusión con inclusión de información relevante del diario de clase (pág.184).

2.2.1. MAPA CONCEPTUAL GENERAL

El mapa conceptual general adjunto, con el diagrama de flujo del proceso en conjunto, proporciona de forma gráfica el esquema completo de la investigación realizada. Se pueden observar los hitos seguidos, si bien la secuencia temporal no siempre ha seguido estrictamente una linealidad, pues al detectarse incidencias en algún punto del proceso, se ha tenido que volver atrás a rehacer el proceso defectuoso. El estudio piloto se realizó en el curso 2013-14, deduciéndose importantes conclusiones a tener en cuenta en los cursos siguientes. En el curso 2015-16 se hicieron algunas correcciones mencionadas en el apartado correspondiente (pág.129), siendo una de las más importantes la modificación de la herramienta de valoración de las pruebas objetivas.

Otros diagramas que acompañan al documento se relacionan con el mapa conceptual adjunto, si bien los matices difieren. En concreto, la ilustración ya vista que recoge la instrumentalización del modelo cuasiexperimental (pág.97) se refiere a los detalles del diseño cuasi-experimental de forma secuencial, pero anacrónica. Los diagramas relativos a los métodos estadísticos utilizados, que se exponen posteriormente (ilustraciones 5 y 6, págs.154 y 155), se enfocan a la secuenciación de las pruebas estadísticas. El mapa conceptual general que nos ocupa incluye el proceso general seguido durante los cursos académicos experimentados, incluido el estudio piloto y las correcciones efectuadas. Se podría decir que el mapa conceptual general engloba, grosso modo, las fases y operaciones incluidas en los diagramas mencionados. En cuanto a la discusión, por razones de estilo propio se decidió englobarla en un único apartado de análisis de resultados y discusión (pág.184). Propio a este mapa conceptual son las fases de corrección reiterativa y la redacción del informe final.

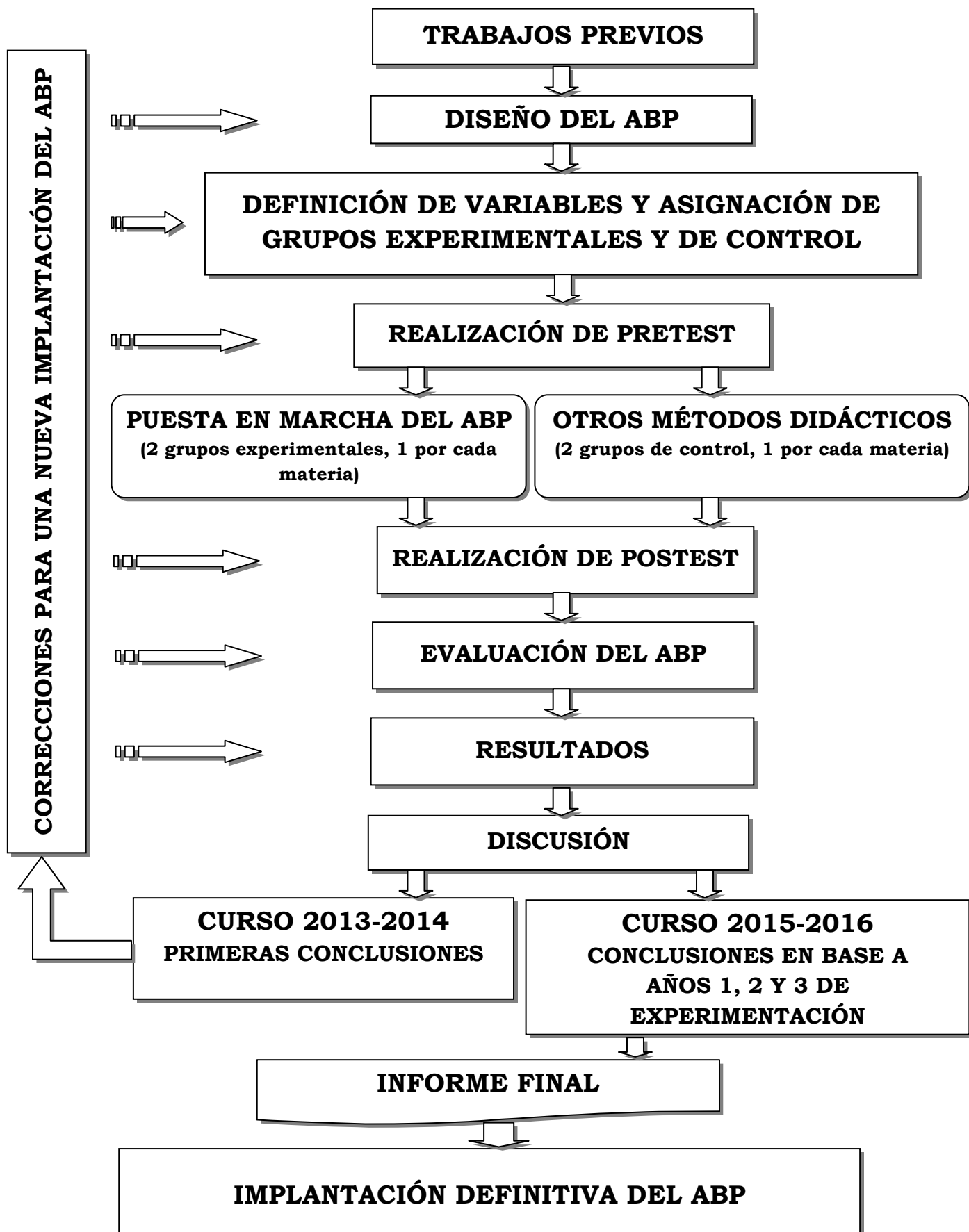


Ilustración 2. Mapa conceptual general. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. DISEÑO, IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL ABP

Este apartado se podría sintetizar en lo que algunos autores denominan estrategia de enseñanza-aprendizaje seguida. Nosotros preferimos desglosar el alcance de dicho concepto en dos apartados: las bases teóricas del ABP en Ingeniería, donde se dan los fundamentos de la estrategia aplicada a la docencia desde una perspectiva teórica y formal (pág.61 y ss.), y el presente apartado que nos ocupa, donde daremos los puntos que comprende el procedimiento que el docente necesita para la implantación y gestión de las sesiones ABP. La forma expuesta en este documento sobre la cuestión, teórica y empírica por separado, atiende a lo que creemos será la mejor forma de transmitir el conocimiento adquirido durante estos años con base en la experiencia efectuada. Pero la linealidad expuesta poco tiene que ver con la realidad del contenido informado, dado que un proceso reiterativo ha sido necesario: no pocos problemas fueron apareciendo a lo largo del proceso. Por tanto, los postulados de base orientados a la Ingeniería, expuestos en el marco teórico, se han nutrido de la puesta en práctica del ABP, y viceversa. Una advertencia daremos, no obstante, para los docentes que quieran implantar un ABP en una determinada materia: mientras los postulados de base son generales para el ABP en Ingeniería (y por extensión, en Enseñanzas Técnicas incluyendo Arquitectura con las debidas adaptaciones), en este apartado nos referiremos específicamente al procedimiento seguido en las materias objeto de evaluación. Dichas materias son Construcciones Agrarias -a la que nos hemos referido como Construcciones a secas a lo largo del documento- e Ingeniería del Riego. Aún así, procuraremos que la exposición sea útil y generalizable para otros casos parecidos.

El diseño del ABP para las asignaturas implicadas ha comprendido los siguientes pasos:

- 1) Examinar los objetivos de cada asignatura conforme a los programas oficiales aprobados de forma reglada por los órganos competentes de la Universidad. Asociado a los objetivos están los contenidos, con mayor o menor grado de

detalle, enumerados por bloques y temas en las guías docentes correspondientes.

- 2) Separar de los contenidos totales de la asignatura aquellos temas que estén formados por contenidos científico-técnicos de base.
- 3) Programar mediante un MET los temas de base del apartado anterior, procurando dar apoyo en la plataforma virtual Moodle con el material de necesario (apuntes de teoría y problemas).
- 4) Analizar los temas de aplicación y buscar casos prácticos que los cubran. Los casos no necesariamente tienen que ser netamente orientados a cada tema, pero en conjunto deben cubrirlos todos. Cada caso se debe dividir, reducir, o adaptar en “hitos de resolución”, que comprenderán a su vez pequeños problemas dentro de un mismo caso. El ajuste temporal de cada caso con sus hitos de resolución respectivos se deben precisar conforme se implanta el ABP año tras año. No es un proceso lineal, sino aproximativo, y requiere tiempo.
- 5) Sobre la base de la planificación temporal de las enseñanzas, se debe dividir en MET y ABP la asignación temporal de los temas de base y los casos de aplicación. Mientras en MET el docente irá desarrollando los temas de aplicación con ejercicios hechos por él en clase, en ABP cada caso debe abarcar diferentes temas, que se solaparán necesariamente.
- 6) En la plataforma virtual se debe incluir material de apoyo para MET y ABP. Los ejercicios y teoría de MET no será explicitada en clase, sino que formará parte del trabajo autónomo del estudiante de ABP. Los casos de ABP son publicados sin dar las soluciones, que se darán en las sesiones correspondientes.

En cuanto a la implantación del ABP comprende:

- 1) El docente debe realizar las gestiones administrativas oportunas para disponer debidamente de las aulas necesarias para las respectivas sesiones (en caso de que esta labor no hubiera ya sido hecha al comienzo del curso).

- 2) Se deben asignar los grupos a experimental (ABP) o control (MET), de forma completamente aleatoria.
- 3) Los temas seleccionados de base deben impartirse mediante un MET común para ambos grupos, experimental y de control.
- 4) Tras 6 semanas, se debe realizar el pretest, conforme al procedimiento fijado (pág.148).
- 5) Dan comienzo las sesiones de ABP. El grupo experimental participante del ABP requiere de una subdivisión interna en subgrupos, de 3 ó 4, (5 en algunos casos) alumnos máximo. Esta subdivisión no es definitiva a lo largo del periodo ABP, sino temporal para cada caso de estudio.
- 6) Se escoge el primer caso de estudio, dándose el enunciado y la información pertinente. Se fijan unos plazos para cada hito de resolución (soluciones parciales dentro de cada caso concreto) y para la solución final al caso. Los alumnos comienzan a trabajar por subgrupos, sin intercambios de información entre dichos subgrupos. Se permite la comunicación, consultas de material diverso, internet y ejercicios previos resueltos.
- 7) El tutor debe gestionar los tiempos adecuadamente. Debe compaginar cierta distensión, con cierta presión para que los alumnos trabajen satisfactoriamente. No debe entrometerse en los asuntos de cada subgrupo, que en cierta medida deben trabajar como “cajas negras”, para de esta forma responsabilizarse del tiempo y esfuerzo sugerido. Los hitos de resolución son exigidos a medida que el caso avanza. Una vez llegado el momento, el tutor asume el rol de profesor y expone la solución en detalle, con auxilio de proyector y las TIC que considere oportunas para el caso (ver ejemplo: Ilustración 3, Caso de Estudio 7: Nave industrial para almacén).
- 8) Finalizado el caso primero, los subgrupos se disuelven para formar otros nuevos, intercambiándose los alumnos. Se repiten los puntos 6 y 7, con un caso nuevo.
- 9) Terminado el periodo ABP se realiza el postest conforme al procedimiento fijado (pág.148).

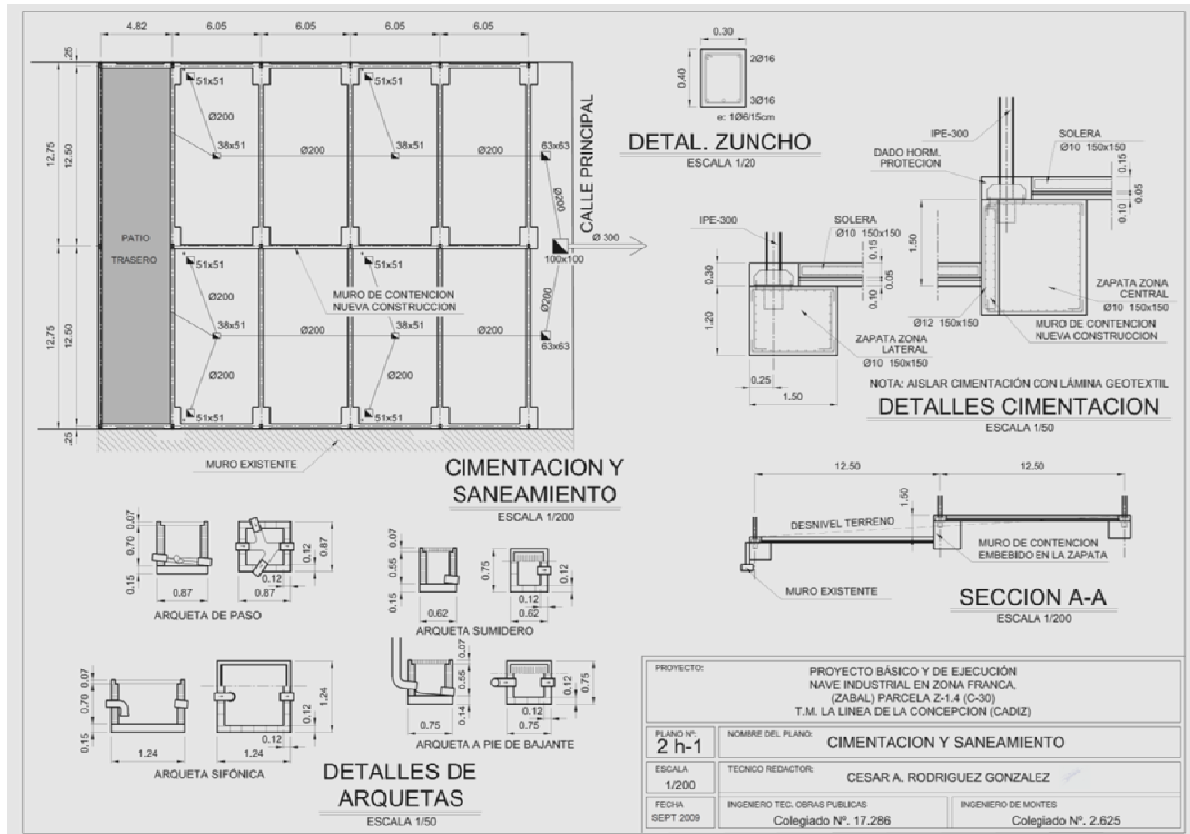


Ilustración 3. Caso de Estudio 7: Nave industrial para almacén. Plano de Cimentación

Independientemente del grupo, experimental o de control, la docencia recibida debe dar cumplimiento a los objetivos de la asignatura correspondiente. Para Construcciones Agrarias dichos objetivos han sido:

- Conocer las tipologías estructurales habituales en construcciones agrarias y edificios rurales.
- Dar a conocer al alumno los materiales de construcción habituales en obras rurales.
- Proporcionar al alumno los conocimientos y prácticas necesarios para poder abordar el cálculo de estructuras metálicas y de hormigón.
- Conocer las tipologías de cimentaciones habituales en ámbito rural.
- Dar al alumno las bases de ingeniería del terreno y geotecnia para dimensionar y calcular algunas cimentaciones generales.
- Poder realizar, a modo de culminación de los objetivos anteriores, el diseño y cálculo de una construcción.

Para Ingeniería del Riego los objetivos fijados han sido:

- a) Proporcionar las bases de hidráulica necesarias para el diseño y cálculo de una instalación de riego.
- b) Dar a conocer al alumno los materiales y componentes habituales de las redes hidráulicas de riego.
- c) Conocer los métodos de medición de caudales.
- d) Conocer los fundamentos hidráulicos del flujo en lámina libre.
- e) Proporcionar conocimientos básicos sobre bombas hidráulicas.
- f) Poder realizar, a modo de culminación de los objetivos anteriores, el diseño y cálculo de un sistema de impulsión con red de riego.

En cuanto a los contenidos, agrupados en bloques y temas en las asignaturas respectivas, han sido:

▪ **CONSTRUCCIONES AGRARIAS:**

Bloque I. Materiales de construcción.

- Tema 1. Generalidades.
- Tema 2. Materiales pétreos y tradicionales.
- Tema 3. Materiales cerámicos y muros de fábrica.
- Tema 4. Hormigón.
- Tema 5. Materiales metálicos.
- Tema 6. Madera.

Bloque II. Tipologías constructivas.

- Tema 7. Naves agroindustriales.
- Tema 8. Silos y tolvas.
- Tema 9. Muros de contención.
- Tema 10. Obras de paso y drenajes.

- Tema 11. Obras de tierra.
- Tema 12. Balsas de riego.
- Tema 13. Canales y acequias.
- Tema 14. Caminos rurales.
- Tema 15. Depósitos de agua.

Bloque III. Cálculo de estructuras y Cimentaciones.

- Tema 16. Elasticidad.
- Tema 17. Resistencia de los Materiales.
- Tema 18. Teoría de Estructuras.
- Tema 19. Estructuras metálicas.
- Tema 20. Estructuras de hormigón.
- Tema 21. Estructuras de madera.
- Tema 22. Ingeniería de Cimentaciones.

Bloque IV. Procedimientos constructivos.

- Tema 23. Maquinaria y medios auxiliares.
- Tema 24. Inventariación, valoración y medición de obras.

Bloque V. Gestión de obras agrarias.

- Tema 25. Programación de obras.
- Tema 26. Dirección de obras de construcción.

El bloque V no es objeto de examen, enlazándose con la asignatura de Proyectos en conocimientos a adquirir por los alumnos, en donde es objeto de estudio en profundidad. Los alumnos reciben sobre este tema una sesión expositiva al final del periodo lectivo, sobre la gestión de un proyecto de ejecución y la Dirección de Obra correspondiente.

▪ **INGENIERÍA DEL RIEGO:**

Bloque I. Fundamentos hidráulicos.

- Tema 1. Hidrostática.
- Tema 2. Hidrodinámica I. Cinemática de líquidos.
- Tema 3. Hidrodinámica II. Transporte de fluidos por tuberías.
- Tema 4. Hidrodinámica III. Cantidad de movimiento.
- Tema 5. Bombas hidráulicas.
- Tema 6. Cálculo de sistemas de impulsión.

Bloque II. Riego localizado.

- Tema 7. Características y definiciones.
- Tema 8. Emisores. Tipologías y disposiciones.
- Tema 8. Cálculo de una instalación de riego por goteo.
- Tema 9. Puesta en obra y aplicaciones.

Bloque III. Riego por aspersión.

- Tema 10. Generalidades.
- Tema 11. Cálculo de tuberías y emisores.
- Tema 12. Diseño y puesta en obra.
- Tema 13. Aplicaciones a céspedes deportivos.
- Tema 14. Cálculo de una instalación de riego por aspersión.

Bloque IV. Canales y acequias.

- Tema 14. Flujo en lámina libre. Sección óptima.
- Tema 15. Dimensionamiento de canales.
- Tema 16. Vertederos y estructuras de disipación.

- Tema 17. Acequias y obras accesorias.

Bloque V. Depósitos y balsas de riego.

- Tema 18. Dimensionamiento de depósitos.
- Tema 19. Dimensionamiento de balsas.

Bloque VI. Obras de drenaje

- Tema 20. Dimensionamiento de obras de paso y drenajes.

Para la preparación de los casos del ABP e impartición de los programas de las asignaturas, conforme a los temas anteriores, se requiere de un material técnico y bibliográfico. Dicho material es amplio, incluyendo material inédito. En la bibliografía y referencias (pág.211 y ss.) se incluye parte del material utilizado. No tiene mucho sentido citar a todos los autores y referencias que el lector podrá encontrar en dicho apartado del documento. En cuanto al seguimiento del ABP, daremos algunas indicaciones, a sabiendas de que la experiencia práctica en la llevanza de las sesiones es muy difícil de transmitir por escrito. Las sesiones con MET no difieren de lo ya conocido sobre el método expositivo. Gradualmente se va impartiendo el temario prefijado a través de una colección de problemas, que el docente va gradualmente desarrollando en clase con nivel aproximadamente creciente de dificultad por cada tema específico. A su vez, se dejan una serie de ejercicios propuestos, y que los alumnos podrán consultar en línea a través de la plataforma Moodle, o bien descargarlos directamente en un formato pdf o equivalente. El estudiante que sigue un MET, más pasivo en el proceso enseñanza-aprendizaje en clase que en ABP, deviene activo en su estudio privado. La implantación no conlleva acciones diferentes de las habituales docentes. Tampoco percibirá el alumno un cambio drástico con respecto a los primeros temas de base, que también se fueron ilustrando con ejercicios.

En caso del ABP las acciones difieren, por ambas partes. La implantación conlleva lo que con una expresión prosaica solemos llamar “manos a la obra”. Tras un trabajo de gabinete, que implicó preparar unos materiales escritos con mayor o menor grado de elaboración sobre unos proyectos y estudios reales, requiere ahora

de la implementación en clase. El estudiante partícipe del ABP va a percibir claramente un cambio: de una actitud pasivo-receptiva en clase, a una participación que se exige, y no es exactamente voluntaria. Por otra parte, aunque va requerir del estudiante un esfuerzo en cada sesión, también se le debe motivar para ello. Hay que recordarle que es precisamente el trabajo en subgrupos, dentro de las sesiones ABP, un modelo de lo que en la realidad, la vida profesional futura, les impondrá con mayor o menor grado de variación. La motivación es un factor clave en ABP.

La experiencia nos dice, tal como lo hemos registrado en el diario de clase, que las mayores reticencias a la participación activa en clase se producen en los primeros días. Cualquier cambio conlleva esfuerzo, y los alumnos no son una excepción a ello. Sin embargo, y tras algunas sesiones, el alumno va degustando el vino nuevo del conocimiento que le va brindando el ABP. E inclusive, cierta socialización se pronuncia claramente para aquellos alumnos que, a los ojos del docente, parecen algo más tímidos. La exigencia de sus propios compañeros de grupo, irá tirando de aquellos que muestren más inercia. Y lo curioso es que no existe una tendencia unívoca: otros días serán otros alumnos los que tiren de los primeros, pues como dice la voz popular, no existe un día igual a otro. De nuestra experiencia podemos decir que el ABP, con respecto a los alumnos, los armoniza, el ABP une.

Tenemos que hacer una referencia en este apartado al trabajo autónomo del estudiante. El trabajo autónomo del estudiante se revela fundamental en la aplicación del ABP para ambas materias, pero en particular para la materia Ingeniería del Riego. Las carencias en Ciencias Físicas, fundamentales, han obligado a preparar unos apuntes específicos, los cuales están a disposición de los alumnos en la plataforma virtual. Una colección de problemas resueltos se acompaña al material teórico para servir de ayuda. No se concibe un exitoso ABP sin un trabajo autónomo del estudiante, tanto para el fundamento hidráulico, como para el estudio en privado de aquellos temas que, por razón de la metodología ABP, no serán objeto de exposición conforme a un MET. En Construcciones

tampoco se está eximido de un trabajo autónomo. El profesor debe dar toda la información en soporte adecuado para facilitar dicha tarea al alumnado.

Los aspectos importantes para la puesta en práctica y seguimiento del ABP, además de lo anteriormente comentado, son:

- ✓ Revisión de las aulas de impartición de ABP para comprobar que sean adecuadas. Como mínimo se requiere de espacio suficiente para repartir los subgrupos dentro del aula sin que interactúen entre ellos. Si hay, por ejemplo, 5 subgrupos de 4 alumnos cada uno, un aula de unos 70-80 m² sería el ideal pues pueden trabajar sin trasvase de información entre subgrupos. Lo deseable sería que las mesas y sillas tuvieran movilidad (no estuvieran fijadas al suelo), pero en nuestro caso, en general, no ha sido posible.
- ✓ Planificación de las sesiones teniendo en cuenta festividades y ausencias por viajes de prácticas. Los casos prácticos fijados para cubrir los temas de las asignaturas no necesariamente hay que impartirlos todos en un mismo curso académico. Pero sí un mínimo necesario para cubrir el temario exigido. Con el paso de los años, al igual que ocurre con las colecciones de problemas, se irá estableciendo una valiosa colección de casos de estudio. El docente, con base en su experiencia y de acuerdo a las vicisitudes del curso y calendario académico correspondiente, programará los casos de estudio que se darán en ese año concreto. En nuestro caso establecimos una numeración decimal sencilla, disponiendo ya de cierto acervo de casos, incluyendo éstos a su vez planos, información de proyectos, informes técnicos, estudios, certificados y libros de obras, material fotográfico, y otros.
- ✓ Formación de subgrupos cerrados por cada caso. Y a su vez, formación de otros subgrupos nuevos intercambiando los alumnos, para casos diferentes. La relación caso-subgrupo es fundamental, al igual que hito de resolución-caso (ver postulados básicos del ABP establecidos para Ingeniería, pág.61 y ss.)
- ✓ Establecer reglas concretas en el aula para evitar anticipar la solución del ejercicio en cuestión, y a su vez, fomentar la capacidad de resolución del mismo. Cada hito de resolución necesita un tiempo dado, y antes de culminar

no se debe dar solución alguna. Si hay algún subgrupo especialmente rezagado, tampoco debe permitir retrasar en exceso el tiempo de resolución.

- ✓ Establecer reglas para las tutorías: por ejemplo, es frecuente que tras un problema de cierta dificultad, a título individual aparezcan alumnos queriendo conocer la solución de antemano. El profesor debe ser firme sobre el calendario, y no dar antes de tiempo la solución global para el caso en estudio. No obstante, en problemas complejos se pueden adelantar hitos de resolución y comprobar algunas soluciones parciales. Esto se hará siempre en clase para todos los alumnos.
- ✓ Ajustar la dificultad de los problemas propuestos a las capacidades de los alumnos. Este punto es, quizás, uno de los más complejos. Lo cierto es que no concebimos este ajuste en un único curso académico, sino que tras varios años se puede cerrar un programa de casos de estudio por materia implicada en ABP. Como orientación, para un primer año de implantación del ABP sin generar un descalabro en la docencia, se pueden fijar 3 casos de estudio con 2 ó 3 hitos de resolución cada uno. Esto puede llevar, aproximadamente y dependiendo de la materia y caso, como mínimo unas 10 sesiones de 1,5 horas. Al año siguiente, y con base en la experiencia del curso anterior, se irán añadiendo casos que incluyan temas del programa de la asignatura progresivamente más complejos. No es interesante empezar por los temas más difíciles para implantar un ABP, y tampoco emplear los temas de base, más propios a un MET (pág.115). Es mejor programar temas de dificultad intermedia, que incluyan aplicaciones técnicas, para comenzar a implantar un ABP.

Como ilustración, se expone información del diario de clase sintetizada y relativa a la llevanza del caso nº11, de Ingeniería del Riego. El caso versa sobre el diseño y cálculo de un anillo hidráulico y del sistema de riego correspondiente a un Hospital público, en la provincia de Huelva. El proceso seguido es:

- 1) Se expone en un retroproyector la información útil al caso, incluyendo el problema a resolver. En el caso 11, comienza con: “Por encargo del

departamento de Servicios Generales del Hospital Infanta Elena, el técnico que suscribe va a proceder a la redacción del Proyecto, que se ha denominado: Obras de Modernización de la red de riego en zonas ajardinadas del Hospital Infanta Elena de Huelva. Este Proyecto servirá de base para los trámites legales y administrativos necesarios, así como para la ejecución y dirección de las obras. Para la consecución de este objetivo, se ha planteado un estudio en tres fases: Fase I: Gabinete. Recopilación de información técnica y gráfica que sirva de base para las siguientes fases. Fase II: Campo. Recopilación de información de campo, determinación de estado actual y primeras propuestas y/o alternativas. Fase III: Gabinete. Tratamiento y análisis sistemático de la información registrada en las fases anteriores y determinación de solución óptima”. Los alumnos deben percibir que el caso exige su responsabilidad para su propio aprendizaje. El docente-tutor asume un rol de *facilitador* únicamente, dejando de lado su rol tradicional. A los alumnos se les va dando la información referida, en forma tal que la disponibilidad temporal (4 sesiones) lo permita. Los subproblemas seleccionados para el curso 2015-16 del caso 11 han sido 3, constituyendo estos los 3 hitos de resolución clave del caso:

- i. Determinación del esquema general de una parte de la red proyectada (diseño).
- ii. Cálculo del anillo hidráulico.
- iii. Cálculo del riego del ajardinamiento (selección de 3 parterres con técnicas distintas de riego localizado, por aspersión y nebulización).

2) Se establecieron los subgrupos de trabajo. En Ingeniería nosotros recomendamos 3 ó 4 alumnos por subgrupo por la experiencia adquirida previamente. Los alumnos han entendido, pese a algunas reticencias, que una característica fundamental del ABP con respecto a otras metodologías activas es que en cada resolución de un caso ello implica la deconstrucción de los subgrupos previamente formados para construir unos nuevos subgrupos de trabajo para el caso siguiente. Al finalizar cada caso práctico los estudiantes cambian de subgrupo y trabajan con un nuevo subgrupo, permitiéndoles

adquirir práctica con una variedad de diferentes personas. En total habrán trabajado en tantos subgrupos de trabajo diferentes como casos prácticos se hayan impartido. En la primera sesión del caso 1, no obstante, el docente dejó que de forma natural que se agruparan los alumnos, por afinidades personales. Habitualmente es frecuente la asociación por lugares de procedencia, aficiones o intereses. Se facilita así el comienzo del ABP, si bien en el caso 2, al iniciar la formación de nuevos subgrupos era resaltable los gestos de desagrado de algunos alumnos al tener que abandonar su cómodo y estable (pero poco interesante para ABP) primer subgrupo rígido de trabajo.



Foto 2. Alumnos de Grado en Ingeniería Agrícola en una sesión de ABP sobre Ingeniería del Riego. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva. Curso 2015-16. Fotografía de colección privada del autor.

3) Posteriormente, con auxilio de una guía (previamente disponible en el repositorio digital) y que deben llevar a las aulas, la problemática propuesta representa el desafío que los estudiantes tienen que enfrentar. Tienen que repartirse el trabajo, e inclusive, modificar roles dentro del grupo dado que los

alumnos tienen más facilidades para ciertas tareas que para otras. Existe un intercambio de conocimientos. Para el diseño hidráulico de la red que compone el primer subproblema se les proporcionó información gráfica, y material de consulta a modo de referencia. El tutor no debe ceder ante la presión de dar la solución final antes de tiempo, y debe dejar que, a pesar de ciertas fricciones en clase, los subgrupos intercedan por sí mismos en la búsqueda de la solución.

- 4) En este sentido el docente adquiere el papel de tutor. El profesor, que asume el rol de tutor, debe procurar que los estudiantes encuentren por ellos mismos la mejor ruta de entendimiento y gestión del problema. Por ejemplo, en el caso práctico que nos ocupa, fue liberando progresivamente información que hizo que la solución llegara por los propios alumnos. El diseño, como característica propia, siempre tiene una componente flexible, o artística inclusive, de forma que no hubo soluciones idénticas en los 6 grupos de trabajo. Pero cada solución parcial correspondiente a uno de los 3 hitos de resolución debió de ser viable, y fue objeto de comentario antes de pasar al siguiente hito. De este modo llegamos a un factor clave del ABP:
- 5) Enfrentarse a los problemas desarrolla competencias. Y de hecho, los alumnos que han seguido ABP han aprendido por sí mismos, con una ayuda directa muy pautada, a resolver problemas de sistemas de riego. En el cálculo del anillo hidráulico (hito de resolución 2), se ciñeron a una única opción de diseño proporcionada por el tutor. En este caso, su resolución sí fue, a diferencia del diseño, una solución única: el diámetro óptimo y el sistema de bombas requerido (potencia, caudal, disposición en el cuadro de bombas, etc.) La colocación de una ventosa en el punto más elevado del sistema fue objeto de un pequeño acertijo en clase, pues su determinación exacta no era tan sencilla. En este sentido:
 - 6) El aprendizaje autodirigido genera nuevo conocimiento. Durante este aprendizaje autodirigido, los estudiantes han trabajado juntos, discutiendo y comparando soluciones ingenieriles. Este aspecto del ABP es para los futuros ingenieros quizás el más importante por el saber-hacer que ello ha procurado. Una vez cerrados los 3 subproblemas (hitos de resolución), el docente volvió a

tomar una actitud activa en el fin del estudio del caso, comentando las diferentes vicisitudes a modo de epílogo. En forma amena y más distendida expuso las soluciones de cada subgrupo, y como llegó cada uno a “su” solución. Se culmina la sesión final exponiendo cual debiera haber sido la solución, o una solución factible. Las sesiones fijadas para este caso fueron 4 sesiones de 2 horas, con un margen de una sesión adicional para comentar la solución final. El trabajo ha sido intenso, y no ha permitido holguras en la programación. Algunos alumnos han sentido cierto estrés, pero dado que este caso fue el último y uno de los más interesantes, el entrenamiento recibido en ABP durante los meses de marzo, abril y primera quincena de mayo de 2016 facilitó su abordaje.

Como indicación final, se puede decir en las sesiones con los grupos es conveniente fomentar un clima a veces distendido, en particular cuando la experiencia del profesor tutor detecte cierta apatía o tensión innecesaria, polos opuestos pero ambos enemigos del éxito del ABP. Para resolver un problema se requiere atención, a veces mal confundida con tensión: son dos cuestiones completamente distintas. El docente puede ser en determinados momentos graciable en lo posible, sin restar por ello seriedad -en el sentido de formalidad- a la tarea que nos ocupa. Y de esta forma, a modo de válvula de escape, nos sirve para quitar un exceso de compresión que no siempre es deseable mantener, y en ningún caso de forma continua. No obstante, a veces se buscará intencionalmente la intensidad e implicación en el momento, para ejercer lo que en el ámbito profesional a veces se dice como “capacidad para aguantar la presión”. El buen hacer del docente estará, por tanto, en la búsqueda del equilibrio y la selección adecuada del momento para intensificar o generar cierta distensión al paso de un problema.



Foto 3. Alumnos de Grado en Ingeniería Agrícola captados en un momento de distensión durante una sesión de ABP. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva.

Curso 2015-16. Fotografía de colección privada del autor.

2.2.3. MODIFICACIONES EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A lo largo de los cursos en los que hemos desarrollado el trabajo con ABP, han ido surgiendo diversas vicisitudes. No ha sido, en absoluto, un trabajo estático, y ni tan siquiera fijo de un curso para otro. De hecho, algunos eventos han impuesto correcciones para la implantación del ABP en el curso siguiente. Pero también revisores externos, anónimos, a través de la herramienta de fiscalización

académica que supone de facto la entrega del respectivo Plan de Investigación anual, han sugerido, sino impuesto, algunas de las correcciones que se han tenido que ir haciendo. No cabe aquí discutir las, ni enumerar todas y cada una de ellas, dado que ya el trabajo que se expone las integra. Por otra parte, la aprobación de cada Plan y su revisión posterior, fue un trabajo ejecutado ya. No obstante, hay algunas correcciones que sí merecen la pena comentar, valiéndonos también de la información registrada en el diario de clase para el curso 2015-16. Estas correcciones y modificaciones, junto a los resultados de rendimiento académico, han sido el pivote que ha permitido dar por cerrado y concluida la implantación del ABP. Una aproximación reiterativa (ver mapa conceptual general, pág.113) es la que se ha dado desde el punto de vista del proceso. Por ello, desde el estudio piloto hasta el curso 2015-16, debemos destacar las siguientes modificaciones con respecto a la propuesta de ABP inicial:

- Al inicio de la investigación formal que se expone, en septiembre de 2014, y tras el estudio piloto (curso 2013-14), se realizó la modificación conceptual más importante que consistió en la transformación de un diseño experimental en cuasiexperimental. Esto se debió a dos razones: por un lado por la imposibilidad de asignar de forma completamente aleatoria cada alumno a un grupo experimental o de control, ya que hubo de hacerse por grupo al completo, si bien de forma completamente aleatoria en ese nivel, y por otro lado, ante la imposibilidad de controlar todas y cada una de las variables que afectaban al experimento.
- Tras el estudio piloto y las correcciones a que dio lugar, se produjo la modificación procedimental más importante: ceñirse a una única titulación de Grado. Dado que un análisis comparado entre Grados puede dar lugar a confusión, sino directamente a error, debido a diferencias formativas, de aptitudes previas de los alumnos, etc.; -e incluso, a cierta polémica llegado el caso-, se decidió restringir el ámbito de estudio. Por razones de asignación de docencia en el Plan de Organización Docente y por el mayor número de alumnos, el Grado en Ingeniería Agrícola fue el elegido.

- La herramienta de valoración de las pruebas objetivas ha sufrido variaciones. Para el curso 2015-16 adoptó la forma que consideramos definitiva, siendo la función matemática que la define dependiente de varias variables en las que se incluyen elementos como planteamiento de los problemas, orden y limpieza en las pruebas, razonamiento lógico y teoría. Esto ha permitido una corrección, a nuestro juicio, más justa y representativa del esfuerzo del estudiante ejercido en su prueba. Además, permitirá en un futuro establecer correlaciones entre las distintas variables dependientes de la función (ver líneas futuras de investigación, pág.209).
- La prueba de la mediana ha servido a los fines de la investigación. Técnica robusta, muy exigente, que toma la mediana por referencia para establecer unos rangos, por encima y debajo de ésta. Se empleó tanto en el estudio piloto como en cursos siguientes, incluido el curso 2015-16. Pero la información que nos puede brindar la citada prueba es limitada. Ceñida a la validez estadística supera los objetivos de su utilización, pero descriptivamente resulta limitante para el análisis de resultados y discusión que aquí presentamos. Por ello, en este documento el análisis efectuado es distinto al presentado en los respectivos Planes de Investigación. Se han utilizado técnicas paramétricas y no paramétricas conforme a lo descrito en el apartado estadístico correspondiente (pág.151).
- Un cuidado progresivamente creciente se fue imponiendo en la composición de las muestras que componen los grupos experimentales y de control. Tras el estudio piloto, se exigió la asistencia a las sesiones ABP o MET con al menos un 80% del total de las mismas, para poder participar de la evaluación. Para premiar la asistencia, y sin discriminar a los grupos con MET, se consideró la posibilidad de subir hasta 1 punto la nota del examen final (que no se debe confundir con el posttest, dado que son pruebas independientes). Implementar esto exigió dos acciones: el control de asistencia en cada sesión, e incluir en la guía docente de cada asignatura en cuestión, dentro de los métodos de evaluación, el “seguimiento del estudiante”. Dicho seguimiento incluye la realización de las pruebas de control de conocimiento (pretest y posttest) y el

control de la asistencia a los grupos reducidos, donde se dieron las sesiones ABP y de problemas con MET.

- A lo largo de los cursos se ha ido añadiendo nuevo material para el trabajo autónomo del estudiante, tanto en Construcciones como en Ingeniería del Riego. En la plataforma Moodle se ha depositado paulatinamente la información correspondiente, que ha incluido: transparencias de clase, material para el estudio de casos, colección de problemas, apuntes de teoría, normativa y manuales diversos. En particular, para Construcciones se han facilitado enlaces con videos de interés sobre procedimientos constructivos, y utilización de maquinaria de movimiento de tierras y elevación. No sabríamos recalcar suficientemente la importancia del trabajo autónomo del estudiante, sin el cual no habría disponibilidad temporal para las sesiones ABP. Este trabajo autónomo permite ver con la antelación suficiente, información que será necesario conocer de antemano para tener posibilidades de éxito en los diferentes hitos de resolución de cada caso práctico. Las sesiones de ABP tenderían a convertirse, sin el trabajo autónomo, en sesiones de lectura que agotarían el tiempo de clase disponible.
- A medida que se han sucedido los cursos académicos, las variables extrañas se han intentado reducirlas al mínimo posible. Los horarios, se comprobó, afectan sobremanera a la asistencia. Por ello, se debe abrir un proceso negociador (pág.115) para acordar el horario de grupos reducidos. El problema surge cuando aparecen las interferencias con los horarios de otras asignaturas, pero en esto cada curso ha tenido sus peculiaridades propias. En cualquier caso, poner clase en horas poco agradecidas para los alumnos, es garantía de menor asistencia con respecto a otros horarios más afables.
- Los casos prácticos estudiados en las sesiones con ABP, se han ido ajustando a la disponibilidad temporal. Una tendencia a quedarse “atrapado”, se podría decir, en un caso concreto ralentizaría la exposición de los temas correspondientes, y obstaculizará la buena llevanza de las clases. Progresivamente, tras los cursos experimentados, se ha podido cerrar un

programa conveniente con empleo de casos de estudio, correspondientes a su vez a casos reales adaptados. En la práctica, la disponibilidad temporal para el ABP ha sido un factor restrictivo. Teniendo en cuenta que cada caso se desgaja en hitos de resolución (pág.115), no han faltado problemas para resolver -y desde luego no ha sobrado tiempo-. En caso de intentar reproducir un ABP con características similares a las que nos ocupa, es recomendable a los docentes implicados tomar en consideración este punto, del todo crítico. (ver las recomendaciones dadas en el diseño, implantación y seguimiento del ABP, pág.114 y ss.)

2.2.4. PLANIFICACIÓN TEMPORAL

En la tabla adjunta se desgranar los diferentes hitos seguidos en el trabajo que se expone, con la asignación temporal correspondiente. Las tareas que han comprendido la investigación empírica han permitido muy poca flexibilidad en las fechas dadas, puesto que han dependido del calendario docente de la Universidad de Huelva. En las fases de análisis de resultados, discusión, conclusiones y redacción del informe final, una vez realizada la investigación empírica, hubo pequeñas variaciones en la culminación de los hitos respectivos con respecto a la propuesta inicial. En concreto, ha habido una dilatación en los tiempos, pero considerada necesaria para poder atender a las tareas con el cuidado que se requiere. Por ello, esta planificación es actualizada con respecto a la incluida en el última Plan de Investigación. Las tareas expuestas no son exactamente secuenciales, dados ciertos solapes necesarios. Hay una cierta correspondencia con el mapa conceptual general (pág.113), si bien las tareas expuestas atienden a las necesidades de planificación temporal. Tenemos:

Tabla 1. *Planificación temporal actualizada.*

TAREAS	FECHAS
Estudio Piloto	Fecha Inicio: enero 2014 Fecha Término: mayo 2014
Estado del arte y realización del Marco Teórico. Actualización cada año (1, 2 y 3)	Fecha Inicio: octubre 2014 Fecha Término: enero 2017
Diseño de la Investigación con las correcciones oportunas en base a resultados del año anterior e indicaciones de la Comisión de Doctorado. Actualización cada año (1, 2 y 3)	Fecha Inicio: octubre 2014 Fecha Término: Primera quincena de febrero 2016
Presentación de los resultados año 2 en las Jornadas de Doctorado de la Facultad de Educación de la Universidad de Sevilla	Septiembre de 2016
Trabajo de campo año 3 con ABP definitivo (parte práctica cuantitativa: aplicación del programa, pruebas de control periódicas: pretest y postest).	Fecha Inicio: 22 de febrero 2016 Fecha Término: mayo 2016
Presentación de los resultados año 3 en las Jornadas de Doctorado de la Facultad de Educación de la Universidad de Sevilla	Septiembre de 2017
Análisis de los Resultados del año 3, discusión, y elaboración de informe final.	Fecha Inicio: Junio 2016 Fecha Término: febrero 2017

2.3. TOMA DE DATOS Y MEDIOS DE INVESTIGACIÓN

En este apartado se expone en qué ha consistido la toma de datos, y los instrumentos y medios de investigación utilizados, incluyendo en primer lugar el contexto del experimento.

2.3.1. *CONTEXTO DEL EXPERIMENTO*

En cuanto al emplazamiento de la investigación, se ha efectuado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, de la Universidad de Huelva. Actualmente se denomina Escuela Técnica Superior, si bien la Escuela ha pasado por diferentes nombres, siendo los últimos Escuela Universitaria Politécnica “La Rábida” y Escuela Politécnica Superior “La Rábida”. El origen de la Escuela, no obstante, es muy anterior. En 1.901 se crea en Huelva la Escuela de Minas, entonces Capataces y Maestros de Minas, para pasar más tarde a Facultativos de Minas. Años más tarde aparecen los Peritos (ayudantes en algunas ramas) y, por último, los Ingenieros Técnicos. En los años 70 se incorporaron las Escuelas de las ramas Forestales, Industriales y Agrícolas. El objetivo era atender la demanda de sectores muy importantes en la provincia de Huelva. Posteriormente, se incorpora a la entonces denominada Escuela Universitaria Politécnica “La Rábida” la Diplomatura en Informática. El primer curso de Diplomatura en Informática se impartió en el curso 88/89, siendo una de las primeras Escuelas Técnicas en España en impartir tal titulación. En 1.993 se crea la Universidad de Huelva. Posteriormente la Escuela pasa a llamarse Escuela Técnica Superior de Ingeniería “La Rábida” una vez que incorpora Ingeniería Química a su oferta de estudios (para más información, ver (<http://www.uhu.es/etsi/la-escuela/>)).

El nombre del Campus “La Rábida” hace referencia a la zona donde se emplaza, que a su vez tiene el mismo nombre que el convento franciscano de Santa María de la Rábida, situado en el término de Palos de la Frontera. Actualmente el nombre “La Rábida” se ha eliminado de la Escuela, que se prevé se traslade

definitivamente a Huelva, al Campus de “El Carmen”, en el curso 2017-18. Para el curso 2016-17 ya se ha procedido al traslado de la mayor parte de la docencia a Huelva, incluyendo los Grados que han sido afectados por la investigación. El nuevo edificio, con las aulas donde se imparte la docencia, se denomina aulario “José Isidoro Morales”, si bien el experimento en su totalidad se llevó a cabo en varios edificios del Campus “La Rábida” (Palos de la Frontera). En el marco teórico se comentaron algunos aspectos de interés, para entender la evolución de la Escuela, y que ha sido el contexto físico docente de la investigación (pág.70).



Foto 4. Campus “La Rábida”. E.T.S.I. Universidad de Huelva.

Fuente: <http://www.uhu.es/etsi/>

Las asignaturas sobre las que se ha efectuado el experimento fueron todas impartidas en El Campus de “La Rábida”, en Palos de la Frontera. En el curso 2013-14, las sesiones ABP del estudio piloto (Rodríguez González, 2014), que afectó a los Grados en Ingeniería Agrícola e Ingeniería de Explotación de Minas y Recursos Energéticos, se impartieron en el edificio “Aldebarán”, y tras la experiencia que se tuvo se hizo un esfuerzo para trasladar la docencia a otros edificios con mejores instalaciones. En el curso 2015-16 se pudo finalmente impartir el 60-70% de la docencia en un aulario en mejores condiciones (“Alonso Barba”), y un porcentaje menor se impartió en el edificio “Vicente Rodríguez Casado”, con condiciones medias-buenas de adecuación.

Con respecto al análisis comparado entre ABP y MET, y para evitar la interferencia de variables extrañas, se impartió de forma equilibrada sin distinción

en porcentaje por tipo de tratamiento didáctico y aulas asignados. La mejor percepción de los alumnos de unas aulas en mejores condiciones facilita la labor docente. Desde el punto de vista de medios docentes, la disponibilidad de retroproyector y TIC es del todo necesaria. Las pruebas objetivas se realizaron como sigue: pretest en “Alonso Barba” (muy buenas condiciones) y el postest en “Vicente Rodríguez Casado” (condiciones medias-buenas). Aunque cambió el lugar para el pretest y el postest, no ocurrió así para una misma asignatura y tipo de prueba (pretest o postest). De haberse producido algún sesgo por el cambio de aulas será por igual en ambos grupos, experimental y de control agrupados por pares y materia.

2.3.2. ANÁLISIS DE TAMAÑO MUESTRAL

Los sujetos a los que se ha aplicado la investigación que se expone han sido los alumnos de la E.T.S.I. de la Universidad de Huelva de las asignaturas de Construcciones Agrarias y de Ingeniería del Riego, ambas de la titulación de Grado en Ingeniería Agrícola, del curso 2015-16. En el curso 2013-14 en el estudio piloto se incluyeron alumnos de la asignatura Construcción y Obras de la titulación de grado en Ingeniería en Explotación de Minas y Recursos Energéticos. En el curso 2015-16 se han descartado de la muestra los datos obtenidos de alumnos que no sean de la titulación de Grado en Ingeniería Agrícola, para evitar sesgos producidos por diferencias de formación. Ha sido esta medida una de las modificaciones más importantes, tal como comentamos (pág.129). Aún siendo impartidas varias asignaturas para diversas titulaciones desde el Área de Conocimiento de Ingeniería de la Construcción, se decidió circunscribir toda la investigación a alumnos del Grado en Ingeniería Agrícola. Con respecto a las muestras de datos, dicha decisión no ha tenido grandes consecuencias, al no existir problemas en la composición de los diferentes grupos experimentales y de control. No ha existido falta de alumnos para equilibrar las muestras formadas por datos procedentes de alumnos del Grado en Ingeniería Agrícola, no siendo necesario (ni conveniente) la incorporación de alumnos de otras titulaciones. Por otra parte,

grupos con más de 30 alumnos se han considerado inviables para implantar y tutorar un auténtico ABP (pág.61 y ss.)

Los alumnos implicados, en sentido amplio, han sido 166. Y en sentido estricto sin incluir ni al estudio piloto ni cursos posteriores con ABP parcialmente, han sido 96 en total, repartidos en diferentes grupos. La mitad han correspondido a grupos experimentales (en concreto 48 alumnos). Los alumnos partícipes del experimento han sido una selección de todos los alumnos con docencia en el área de Ingeniería de la Construcción. El doctorando, autor de la presente tesis, es docente con más de 18 años de antigüedad en la Universidad de Huelva, y el acceso a la muestra ha sido fácil. La condición sine qua non para poder efectuar la investigación cursada es incluir la metodología didáctica ABP, las pruebas de evaluación, cronograma y la forma de evaluar a los alumnos, en las correspondientes guías docentes de las asignaturas respectivas.

Por las modificaciones apuntadas a lo largo del proceso (pág.129 y ss.), no ha sido posible agregar los datos de diferentes cursos. Por tanto, estrictamente hablando, la muestra de datos útil para la evaluación del ABP se ha referido únicamente a los resultados de pretest y postest del curso 2015-16. Cualquier intento de vestir la evaluación con alumnos de otros cursos experimentados, desvirtuaría toda la investigación. Los cambios sucesivos hacen incorrecto asimilar cualquier dato de un curso para otro. Grosso modo, los alumnos implicados en la investigación en sentido lato, incluyendo al estudio piloto y ABP parcialmente implantado, han sido más de 200 alumnos incluyendo varios cursos académicos. Por lo demás, ha sido precisamente en el curso 2015-16 cuando hemos dado por concluido el proceso de diseño e implantación de un ABP en las materias afectadas. Si bien es cierto que perdemos en capacidad para extrapolar los resultados, ganamos en veracidad de los mismos (ver pág.101). En resumen, los grupos definidos por materias han quedado como siguen:

Tabla 2. *Composición de los grupos experimentales y de control*

	Curso 2015-16			
	Grupos Experimentales		Grupos de Control	
	CA	IR	CA	IR
Ingeniería Agrícola (%)	100	100	100	100
Ingeniería Agrícola (n)	26	22	26	22
Total por materia:				
Construcciones Agrarias	52			
Ingeniería del Riego	44			
Total GE				48
Total GC				48
TOTAL (N)				96

A continuación daremos algunas indicaciones sobre el tamaño muestral. Debemos dejar claro, antes de seguir, que las indicaciones dadas a continuación son del todo orientativas. De hecho, en el nivel de contraste de hipótesis, es habitual en algunos estudios obviar un análisis de tamaño muestral por las razones referidas anteriormente (pág.91). No obstante, para tener una referencia de la amplitud y precisión de las conclusiones del estudio, se ha realizado un análisis con empleo del programa MAS II, de Vicente Manzano (2000), adjuntándose una tabla donde se incluye el error de precisión asociado a un valor de población. De esta forma se puede estimar, orientativamente claro está como hemos dicho, el error que cometemos al extrapolar nuestros resultados. Para el estudio de tamaño muestral se han descartado los datos de alumnos de los grupos de control, no sometidos a un tratamiento didáctico con ABP. Tres valores son incluidos a modo de referencia para el tamaño poblacional: el número total de alumnos de grado de segundo curso con docencia en el área de Ingeniería de la Construcción (redondeados a 260), el número total de alumnos de la E.T.S.I., promediados de los últimos 5 años (aproximados a 1.500) y una población indeterminada constituida por todos los alumnos de Ingeniería (supuesta infinita a efectos de cálculo estadístico, aunque sea harto inexacto). Tenemos para 48 alumnos de grupos experimentales que han recibido ABP los siguientes valores:

Tabla 3. *Estudio de tamaño muestral*

	Grados Universitarios Docencia en IC (260 alumnos)	Escuela Técnica Superior de Ingeniería (1.500 alumnos)	Alumnos de Ingeniería (población indeterminada)
Error de precisión	0,128 (12,8%)	0,139 (13,9%)	0,142 (14,2%)
Distancia estandarizada (Z)	1,96	1,96	1,96
Varianza poblacional (V)	0,25	0,25	0,25
Nivel de significación	95%	95%	95%
Tamaño muestral (n)	48	48	48

Por tanto, podemos considerar un error de precisión que rondará aproximadamente un 14 %, para un nivel de significación del 95%. El mayor error se dará para una población mayor, como por ejemplo todos los alumnos de Ingeniería, considerada ésta como una población no cuantificable (infinita estadísticamente). Tal como se verá en el análisis estadístico, las diferencias significativas favorables al ABP, tomando como referencia las medias de los valores de rendimiento académico por grupo (pág. 174), superan en la prueba de contraste esta horquilla del error estimado. Con lo cual se podría decir que podemos extrapolar nuestros resultados a una población mucho más grande, infinita teóricamente. Realmente, más allá de cualquier artificio estadístico, por favorable que nos resulte en nuestro caso, hay que ser prudente a la hora de extrapolar resultados a poblaciones mayores. En base a lo que comentamos en relación a las limitaciones del método (pág.91, pág.101), una postura más veraz sería decir que hemos aplicado un ABP a unos grupos de alumnos, y tras revisar las muestras formadas por los resultados de pretest y posttest (en total 192 datos de rendimiento académico), los resultados han sido favorables para el ABP frente al MET. Esta experiencia, a su vez, es de cierta relevancia en el contexto considerado dada la especificidad y problemática de las Enseñanzas Técnicas (pág.46). En cuanto a un mayor tamaño de la muestra -que no son los alumnos en sí mismos, sino los datos derivados del pretest y posttest por separado que éstos realizan-, sería en principio deseable, pero esto estaría alejado del ámbito del ABP en Ingeniería con los medios docentes de que disponemos actualmente, dado que se requiere de

grupos pequeños de trabajo (no mucho más de 25 alumnos por grupo). Dicho condicionante, que se exige para implantación del ABP en Ingeniería, impera sobre otros criterios.

No es infrecuente omitir el estudio de tamaño muestral mencionado anteriormente en ciertos ensayos experimentales y cuasiexperimentales en razón de lo expuesto en los párrafos anteriores, pero si es el caso, y sin dudar de la competencia científica de los autores de estos trabajos, ello se deberá posiblemente a connotaciones derivadas de los aspectos reseñados anteriormente sobre estudios clínicos (Álvarez Cáceres, 1996). Recordemos que la presencia de efectos adversos en muestras muy pequeñas es suficiente para dar por válida la hipótesis alternativa: el tratamiento en cuestión produce un determinado efecto adverso, y esto es independiente del tamaño muestral. En estudios estadísticos con nivel de contraste de hipótesis, por tanto, nos podemos encontrar con numerosos estudios que no realizan análisis de tamaño muestral. Por otra parte, la determinación del tamaño muestral no implica necesariamente una normalidad en sentido estadístico. En nuestro caso, damos por hecho que no existe opción de empleo de estadística paramétrica sin una comprobación previa de normalidad aplicada a cada muestra por separado. Esto se ha efectuado con los datos de rendimiento académico obtenidos en el pretest (pág.160 y ss.), tanto en grupos experimentales como de control, y distinguiendo por materias; y de forma análoga con los datos de postest (pág.164 y ss.). El tamaño muestral es reducido, pero con un número superior a 20 registros por cada muestra de datos. Además de la cuestión relativa a la normalidad en sentido estadístico, ha sido efectuado un estudio de homogeneidad de muestras, el cual se incluye previamente al análisis comparado y al análisis de resultados. Dicho estudio es fundamental para poder garantizar la fiabilidad en el análisis comparado. Se ha realizado de forma independiente entre los grupos experimentales y de control para Ingeniería del Riego y para Construcciones con resultados satisfactorios, como veremos posteriormente (pág.168).

2.3.3. INSTRUMENTOS Y MEDIOS DE INVESTIGACIÓN

La evaluación del efecto del tratamiento aportado se ha cuantificado mediante las pruebas objetivas referidas, antes y después del tratamiento, constituyéndose el pretest y postest respectivamente en los instrumentos para la obtención de los datos muestrales. Dichas pruebas se han realizado sobre la misma base de conocimientos teóricos, si bien las aplicaciones han tenido más desarrollo en el temario cuando se ha realizado el postest. Los alumnos van incrementando el bagaje de conocimientos a medida que avanza la asignatura, y este factor debe ser tenido en cuenta en la calibración de la amplitud de conocimientos a evaluar y dificultad de las pruebas objetivas. Los conocimientos, en sentido lato, incluyen lo que se ha impartido y desarrollado en clase más una parte no despreciable que incluye un trabajo autónomo del estudiante con la ayuda de la plataforma virtual Moodle. El modo de evaluar a los alumnos ha sido con unas pruebas que han guardado un estrecho parecido en su estructura y contenido con los ejercicios realizados en clase, tanto si han seguido un ABP o bien un MET. Las diferencias fundamentales entre el trabajo en clase durante las sesiones de ABP con respecto al procedimiento que se ha seguido durante la realización de las pruebas objetivas han sido:

- 1) No permitir intercambio de información entre alumnos, para poder evaluarlos individualmente. En la parte práctica, que supone la mayor parte de la nota en la evaluación, se ha permitido consulta de material diverso: libros, apuntes, casos, problemas, normas, etc.
- 2) La transformación de un caso en un ejercicio práctico más ajustado en tiempo y forma a un examen. No es viable introducir un caso análogo a los seguidos en las sesiones de ABP en su integridad, con todos sus hitos de resolución, dado el requerimiento de tiempo al que podría dar lugar.
- 3) Introducción en la prueba objetiva de una parte teórica tipo test, donde no se ha permitido la consulta de material escrito. Esta parte será útil para evaluar el trabajo autónomo del estudiante; en particular, el estudio individual y ejercicio de la memoria.

Para no desvirtuar ni desvincular las pruebas del tratamiento didáctico recibido, el problema de la parte práctica se ha asemejado a un caso real, bien calibrado en dificultad y permitiendo el tiempo requerido para su resolución. Se ha buscado, por tanto, la representatividad de los conocimientos evaluables individualmente. Los problemas han sido armonizados también con respecto al MET, buscando la menor distinción posible entre el tipo de problema hecho en clase y en las pruebas. Obviamente no se han repetido los ejercicios, pero han guardado una estrecha relación con los problemas de clase, tanto de MET como de los casos de ABP. Las pruebas han comprendido, por tanto, una parte teórica y una parte práctica que se detallan posteriormente. En la parte práctica -de mayor peso-, como hemos mencionado, cada alumno ha podido utilizar todo el material escrito que considerase conveniente: libros de teoría, apuntes, problemas, exámenes resueltos, casos, etc; si bien no se han permitido móviles ni dispositivos en línea para evitar trasvases de información entre alumnos. La corrección de las pruebas objetivas, tal como se comentó, ha sido triangulada mediante otro profesor del área con docencia en el área de Ingeniería de la Construcción, especialista en la materia. Las pruebas objetivas, a su vez, fueron sometidas a la aprobación final por el profesor Doctor Ingeniero de más antigüedad en la E.T.S.I. con afinidad a la docencia del área, también especialista. La aprobación final incluye una valoración del equilibrio en la dificultad de las pruebas para los diferentes grupos y una revisión de la triangulación en la corrección de las mismas, siguiendo un muestreo aleatorio simple con extracción al azar de 8 pruebas en total (pág.105).

El instrumento de medición ha consistido en pruebas objetivas para evaluación de conocimientos similares para los grupos experimentales y de control. Las pruebas objetivas se ajustan a la evaluación de conocimientos adquiribles y según las reglas establecidas en la guía docente de la asignatura en cuestión, publicada y revisada anualmente en la página web de la Universidad de Huelva. La objetividad responde a la herramienta empleada en la valoración final del examen del alumno, pues es la misma para todos. La prueba objetiva tiene la forma de un examen, si bien con la peculiaridad de que se dispone de todo tipo de material escrito por parte del alumno para la parte práctica. En las Enseñanzas

Técnicas el examen se asemeja más a una prueba objetiva que en otras ramas científicas experimentales. No es suficiente la perspectiva científica tradicional de “describir el fenómeno”, como por ejemplo el movimiento o trayectoria de un vehículo: el coche, además, *tiene que funcionar*. Dicho de otro modo según el contexto educativo en Ingeniería tradicional: los problemas a los que son sometidos los alumnos tienen que ser resueltos, con un planteamiento adecuado y con unos resultados numéricos acertados. El rendimiento académico, a su vez, es expresado habitualmente por la nota numérica que el alumno obtiene en el correspondiente examen evaluativo de conocimientos. Pero esto llevado al extremo convertiría los exámenes en meros reflectores de cálculos, y orientados por un empirismo cuyo único fin es encontrar los valores que el profesor espera.

Una perspectiva con unas miras un poco más abiertas nos influyó progresivamente. De hecho, en el EEES y en relación al importantísimo tema de desarrollo de competencias profesionales mediante ABP comentado (pág.67), dedujimos que sería preferible que la corrección de las pruebas incluyeran más componentes que el mero resultado. Se pretendió evaluar a los alumnos, conforme a los requerimientos de la enseñanza en Ingeniería, como hemos comentado, pero también buscando una amplitud mayor. Y si bien hay profesores que efectivamente incluyen en su baremo personal de apreciación otros factores además del mero resultado, lo cierto es que para una mayor objetividad y, si se quiere, justicia entre los propios evaluados, una pormenorización detallada de la forma de evaluar numéricamente las pruebas tenía que ser explicitada.

En el estudio piloto, para el curso académico 2013-14 ya se hizo una primera aproximación, y se trabajó con una función maestra que proporcionaba el rendimiento académico en función de tres componentes. Un modelo matemático sencillo se estableció, y permitió a la medición de tres variables independientes, la obtención del rendimiento académico como variable dependiente. En concreto, el rendimiento académico era valorado por la solución final numérica obtenida, planteamiento coherente y presentación formal (exposición razonada, limpieza y orden en la prueba). El mayor peso recayó en la solución numérica final aportada, algo obvio en Ingeniería, pero también se incluyeron elementos que premian otras

competencias, inclusive algunas transversales, suponiendo hasta un 30% de la calificación. El mayor inconveniente era, sin duda, la corrección de las pruebas, dado que de facto implicaba 3 correcciones independientes por cada prueba (4 una vez que se incluyó en el curso 2015-16 una parte evaluable de teoría).

Entre el curso 2015-16, y tras la experiencia de cursos anteriores aproximando una herramienta de valoración lo más objetiva posible, se llegó a la decisión de valorar no sólo los resultados numéricos, sino también los planteamientos, el orden y limpieza de los manuscritos, razonamiento lógico y conocimientos teóricos. Se hicieron algunas modificaciones con respecto a la forma de valorar las pruebas, intentando incluir un modo de valorar el trabajo autónomo en su vertiente de estudio individual y ejercicio de la memoria. Estas modificaciones, dicho sea de paso, impiden una agregación de los datos estadísticos para un análisis diacrónico englobando en un único grupo experimental o de control alumnos de dos o más cursos académicos experimentados (pág.151). El cambio de formato de las pruebas impidió la agregación de datos, dado que no fue un cambio leve. Dichos cambios afectaron, inclusive, a la estructura general de las pruebas objetivas. En su formato definitivo se componen de una parte teórica sin apuntes, y otra práctica en la que se permiten apuntes. El porcentaje de una parte y otra es del 30% y 70% para Construcciones y del 20% y 80% respectivamente para Ingeniería del Riego. El distinto peso de cada parte, según la materia de que se trate, atiende a los contenidos del programa de cada asignatura.

La parte teórica se ha implantado en las pruebas debido a que tras el estudio piloto realizado en el curso 2013-14, se detectó que es sumamente importante el trabajo autónomo por parte del alumno para asimilar los conocimientos de base que se requieren. Sin esos conocimientos de base la solución a los casos prácticos no es satisfactoria. Se pudo comprobar que por falta de base no se disponía de las herramientas necesarias, tanto en Ingeniería del Riego como en Construcciones. Con la implantación de la parte teórica en las pruebas objetivas, sin permitir apuntes en dicha parte y participando de la nota global en forma no despreciable (30% para Construcciones y 20% para Ingeniería del Riego.), el alumno se vio

obligado a intensificar el estudio autónomo que de otra forma no se realiza, o con menor dedicación. Ciertamente el valor real de la parte teórica creemos que ha sido tanto el ejercicio de la memoria (con las ventajas que implica, no solo académicas sino para la vida práctica) como su aplicación a la resolución de la parte práctica. El estudio de conceptos y material teórico evaluados en dicha parte de la prueba objetiva será, a su vez, ventajoso para la realización de los problemas de la parte práctica. La inclusión de la parte teórica en las pruebas objetivas comprendemos que ha sido una medida coercitiva que obliga a los alumnos a estudiar individualmente. Pero de los resultados, antes y después de la modificación, se desprende que ha sido efectiva. Su valor en el ABP es más complejo de detectar, pero por los resultados obtenidos en el curso 2015-16 y de la información recopilada en el diario de clase, parece ser que ha tenido un efecto positivo claro. Ya no fue necesario, o no tanto, tener que pararse en las sesiones con ABP para explicar aspectos teóricos de base, y que se supone deberían ya estar asimilados.

La expresión que ha proporcionado la nota final de las pruebas para el curso 2015-16 ha sido:

Ecuación 1

$$R = K_1 \cdot \left(\frac{10 \cdot A - 3,3 \cdot F}{n} \right) + K_2 \cdot (0,70 \cdot V + 0,20 \cdot P + 0,10 \cdot F)$$

Siendo:

R: Resultado final de la prueba, de 0 a 10 siendo 5 el aprobado.

K_1 : Coeficiente de ponderación de la parte teórica. Para Construcciones 0,30 y para Ingeniería del Riego 0,20.

K_2 : Coeficiente de ponderación de la parte práctica. Para Construcciones 0,70 y para Ingeniería del Riego 0,80.

n : Número de preguntas del test teórico (10 para el curso 2015-16).

A: Respuestas acertadas en el test de la parte práctica (de 0 a 10).

- F:* Respuestas erróneas en el test de la parte práctica (de 0 a 10).
- V:* Valoración del resultado final obtenido en la parte práctica (de 0 a 10).
- P:* Valoración de los planteamientos de los problemas de la parte práctica (de 0 a 10).
- F:* Valoración de los aspectos formales de la parte práctica (orden y cuidado en la exposición, limpieza y razonamiento lógico).

En total, en el curso 2015-16 se efectuaron 8 pruebas objetivas con una parte teórica y una parte práctica cada una. Para cada prueba, se han medido 4 variables independientes: teoría, solución final numérica, planteamiento y aspectos formales. De estas variables, y conforme a la ecuación 1, se han obtenido los resultados de rendimiento académico que se adjuntan. Para Construcciones y para Ingeniería del Riego, para el curso 2015-16 tenemos los siguientes resultados de las pruebas objetivas, antes (pretest) y después (postest) de tratamiento didáctico aportado:

Tabla 4. Resultados de pruebas objetivas para Construcciones. Curso 2015-16

Pretest				Postest			
Grupo de control		Grupo experimental		Grupo de control		Grupo experimental	
1,6	4,0	1,3	4,5	2,0	5,0	1,3	7,2
2,0	4,0	2,0	4,7	2,2	5,0	2,5	7,4
2,2	4,0	2,0	4,8	2,3	5,3	3,0	7,5
2,5	4,2	2,4	5,0	2,5	5,5	3,3	7,7
2,8	4,4	2,6	5,0	3,0	5,7	3,7	8,0
2,8	4,5	2,6	5,0	3,3	5,8	4,0	8,0
3,0	4,5	2,8	5,2	3,4	6,0	4,5	8,0
3,2	4,5	3,5	5,3	3,7	6,0	5,0	8,2
3,3	4,7	3,5	5,5	4,0	6,1	5,0	8,4
3,4	5,0	3,7	5,6	4,2	6,2	6,0	8,5
3,5	5,5	3,8	5,6	4,5	6,5	6,6	8,5
3,7	5,7	4,0	6,0	5,0	7,0	6,8	8,7
3,8	6,5	4,2	6,2	5,0	7,2	7,0	9,0

Fuente: elaboración propia.

Nota: orden ascendente por cada grupo y prueba.

Tabla 5. *Resultados de pruebas objetivas para Ingeniería del Riego. Curso 2015-16*

Pretest				Postest			
Grupo de control		Grupo experimental		Grupo de control		Grupo experimental	
1,5	3,7	1,0	4,0	3,0	5,0	3,0	6,8
2,2	3,8	2,0	4,0	3,0	5,2	3,3	7,0
2,2	4,0	2,4	4,2	3,3	5,7	4,0	7,0
2,4	4,0	2,4	4,3	3,5	6,0	4,7	7,2
2,5	4,2	2,8	4,5	3,5	6,0	5,0	7,4
2,7	4,2	3,0	4,6	3,8	6,2	5,5	7,7
3,0	4,5	3,0	5,0	4,0	6,5	5,8	7,8
3,0	4,5	3,2	5,0	4,0	7,0	6,0	8,0
3,2	5,0	3,3	5,0	4,5	7,5	6,2	8,2
3,4	5,0	4,0	5,5	5,0	7,7	6,5	8,5
3,5	5,7	4,0	5,7	5,0	8,0	6,8	8,6

Fuente: elaboración propia.

Nota: orden ascendente por cada grupo y prueba.

En cuanto a los medios de la investigación, son los propios medios docentes del área de Ingeniería de la Construcción, la colaboración de un profesor experto del área de Ingeniería de Proyectos (Doctor Ingeniero más antiguo de la Universidad de Huelva en activo) y los medios materiales de que ha dispuesto la Universidad de Huelva. No ha habido unos costes adicionales apreciables sobre los costes ordinarios vinculados a la docencia programada. No ha habido tampoco contraprestación económica alguna para ningún profesor por participar en la investigación.

2.3.4. PROCEDIMIENTO DE LA TOMA DE DATOS

El procedimiento seguido en la toma de datos se realizó procurando que se interfiriera lo menos posible al alumno en las pruebas objetivas, de forma que pudieran desarrollar las ventajas del tratamiento didáctico recibido, sin distinción entre un grupo y otro. Para ello, se ha permitido disponer de cuanto material escrito considere necesario en la parte práctica, tal como se ha mencionado. El procedimiento para realizar la prueba ha sido un anuncio en la plataforma Moodle y en clase, con la fecha, hora y lugar de realización de las pruebas. Se proporcionó

al alumno previamente ejercicios de pruebas del curso anterior, para que pudiera tener una referencia del tipo y grado de dificultad. Se indicó el tiempo de que disponían -algo que hemos visto es una cuestión muy sensible para los alumnos-, especialmente en la parte práctica donde siempre demandan más tiempo. Los grupos experimentales y de control efectuaron sus pruebas en los mismos lugares y a la vez, con el mismo enunciado en las pruebas. La distinción entre unos y otros se hace a posteriori, con el nombre y registro del alumno. Para poder corregir la prueba, los alumnos deben haber asistido a las sesiones de ABP o MET en un 80% mínimo sobre el total, tal como se determinó conveniente tras el estudio piloto (pág.129).

El pretest se requirió para estimar las diferencias que pudieran aparecer entre los grupos sometidos al experimento, siendo necesario para un test de homogeneidad de muestras. Puesto que hasta el pretest (6 semanas) no han recibido los dos pares de grupos el tratamiento diferencial (ABP), nos ha servido para detectar diferencias, si las hubiere, y su tipo y magnitud. En los resultados, se ha comprobado que no hay diferencias significativas en las muestras según los datos desprendidos del pretest, lo que hace a las muestras que componen los grupos comparables entre sí. No obstante, en los cuatro grupos hay algunas diferencias que se pueden ver en el análisis correspondiente (pág.160 y ss.). Tras 9 a 10 semanas (teniendo en cuenta la interferencia de festividades), y una vez finalizado el tratamiento ABP en los grupos experimentales, conforme al calendario fijado se procedió a realizar los postest. Con los resultados de las pruebas se procedió a su vez a realizar un análisis comparado con diferentes técnicas estadísticas (pág.174 y pág.180), paso previo para poder realizar la discusión correspondiente (pág.184).

Una formalidad legal ha sido impuesta debido a quejas ocurridas en reuniones de docencia de Grado durante cursos anteriores: las pruebas, parciales, exámenes, etc. que no estén dentro de las convocatorias oficiales se deben programar al comienzo del curso para evitar interferencias y la no asistencia a clase en otras asignaturas. La programación docente de las pruebas es, no obstante, y tal como indican la guías docentes, orientativa. Las guías docentes de las asignaturas implicadas en la evaluación en el curso 2015-16, Ingeniería del Riego

y Construcciones Agrarias, programaron sus pruebas durante las semanas 10 y 15, si bien en la práctica el pretest se realizó antes, en la semana 6, dado que el periodo MET ya concluyó entonces. Para evitar los problemas mencionados por el desajuste, se dio un aviso previo corrigiendo la semana acordada inicialmente. El establecer, como fue el caso, una programación con 8 meses de antelación y dadas ciertas incertidumbres y festividades, no favoreció el ajuste exacto de la semana de pretest y de inicio del ABP. Finalmente se realizaron ambas pruebas, pretest y postest, para las materias objeto de evaluación sin más problemas circunstanciales que reseñar. En la ilustración siguiente se recoge, a modo de ejemplo, la programación efectuada en julio de 2015 para Construcciones Agrarias (homóloga de la de Ingeniería del Riego):

9. Organización docente semanal orientativa:							Pruebas y/o actividades evaluables	Contenido desarrollado
Semanas	Grupos Grandes	Grupos Reducidos Aula Estándar	Grupos Reducidos Aula de Informática	Grupos Reducidos Laboratorio	Grupos Reducidos Prácticas de campo			
#1	3	0	0	0	0			
#2	3	0	0	0	0			
#3	3	1.5	0	0	0			
#4	3	1.5	0	0	0			
#5	3	1.5	0	0	0			
#6	3	1.5	0	0	0			
#7	3	1.5	0	0	0			
#8	3	1.5	0	0	0	Comienzo de sesiones prácticas de ABP		
#9	3	1.5	0	0	0			
#10	3	1.5	0	0	0	Primera prueba ABP individual	Realización del primer ejercicio individual para evaluar los conocimientos y competencias adquiridos según el aprendizaje basado en problemas	
#11	3	1.5	0	0	0			
#12	3	1.5	0	0	0			
#13	3	1.5	0	0	0			
#14	2.4	1.1	0	0	0			
#15	0	1	0	0	0	Segunda prueba ABP individual	Realización del segundo ejercicio individual para evaluar los conocimientos y competencias adquiridos según el aprendizaje basado en problemas	
	41.4	19.6	0	0	0			

Ilustración 4. Organización semanal orientativa. Extracto de la guía docente de la asignatura “Construcciones Agrarias”. Recuperado de:
<http://www.uhu.es/etsi/guias/index2.php?grado=1&curso=2015>

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Comprende este apartado el filtrado de datos, las operaciones estadísticas relativas a comprobar la normalidad de las muestras, los contrastes de hipótesis relativos al estudio de homogeneidad de muestras y los contrastes relativos al análisis comparado. Al tratarse de una investigación fundamentalmente cuantitativa en lo que a determinar el objetivo principal se refiere, la validación estadística ha sido un factor clave. El diseño cuasiexperimental ha contado con una variable dependiente, una variable independiente y una hipótesis de partida a validar o a falsar: “el tratamiento diferencial con ABP no genera diferencias significativas en el rendimiento académico de los alumnos, con respecto al MET”. La variable dependiente depende, a su vez, de otras variables dependientes de segundo orden que ya han sido definidas al detallar la herramienta de medición (pág.142 y ss.)

2.4.1. MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

Los métodos estadísticos utilizados han sido paramétricos y no paramétricos. Dentro de los métodos paramétricos se han utilizado la prueba T de Student para comparar los grupos experimentales y de control, por materias independientemente; y la prueba ANOVA para evaluar en conjunto los resultados de rendimiento académico de los 4 grupos establecidos. Los métodos no paramétricos se han considerado complementarios de los primeros, si bien como veremos en el análisis de resultados y discusión (pág.184 y ss.), la prueba χ^2 (chi cuadrado), con dicotomización de los resultados de rendimiento académico en “APTO” y “NO APTO” ha permitido dar respuesta al objetivo específico nº 2, relativo a establecer si el ABP es preferible a otras didácticas en el contexto de los términos “eficacia” y “eficiencia” (pág.103). La prueba de la mediana ya se aplicó con éxito en el estudio piloto (Rodríguez, 2014) para los datos del curso 2013-14, relativos a Construcciones, y para los datos del curso 2015-16 en 2 trabajos destinados a la difusión (Rodríguez y Fernández-Batanero, 2017a; 2017b). La

prueba de la mediana es una técnica robusta que permitió un primer acercamiento al problema de la evaluación de las materias implicadas. Los métodos paramétricos, que nos han permitido profundizar en la evaluación, se justifican al poder asegurar las dos condiciones siguientes en el ámbito educativo (Rodríguez Santero, 2015):

- 1) Todas las muestras comprenden $n > 20$ datos, tanto en pretest como en posttest independientemente.
- 2) Todas las muestras formadas por los datos de pretest (antes de cualquier tratamiento) y de posttest (tras el tratamiento diferencial) han cumplido la condición de normalidad.

La preferencia por los métodos paramétricos responde a la información que nos proporcionan, más completa que la que podríamos obtener con métodos no paramétricos. No obstante, no hemos querido obviar tampoco un análisis no paramétrico que se anexa y que consideramos complementario del primero, con la anotación dada para la interesante prueba χ^2 . Estos métodos no paramétricos son perfectamente válidos, si bien presentan ciertas limitaciones a la hora de extrapolar deducciones. Por otra parte, como hemos comentado al comienzo del apartado, previamente a exponer los resultados finales incluidos en esta tesis se ha realizado un contraste no paramétrico mediante una técnica estadística robusta: la prueba o test de la mediana. Los resultados del análisis estadístico aquí presentados se complementan con la información ya presentada como resultados contrastados. En estos casos, la postura fue conservadora, siguiendo las recomendaciones de autores de reconocido prestigio en el ámbito de la Educación, según se dedujo de casos relativos a la evaluación de tratamientos didácticos en grupos de alumnos reducidos (García Llamas et al., 2006). Estos primeros resultados implicaron un avance bien fundamentado estadísticamente por la robustez de la técnica empleada. La herramienta informática utilizada fue entonces el programa estadístico R (García Pérez, 2011). Pero tras comprobar la posibilidad de emplear técnicas paramétricas, se ha dado un paso más en el análisis de los datos disponibles, permitiendo llegar a algunas deducciones adicionales.

En cuanto a los métodos estadísticos concretos utilizados en el análisis paramétrico que aquí se expone han sido los siguientes:

1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el estudio de normalidad de muestras. Se ha empleado tanto en comprobaciones previas con datos de pretest (pág. 160) como para las muestras de datos de postest (pág. 164).
2. Prueba T de Student para muestras independientes, tanto en el estudio de homogeneidad de muestras (pág.169) como en el análisis comparado entre grupos experimentales y de control agrupados en pares discriminados por materias (pág.174).
3. Prueba ANOVA para los grupos implicados incluyendo las dos materias. Comprende tanto el estudio comparativo con 1 factor como contrastes post hoc, para determinar entre qué medias (asociadas a mediciones de datos de los grupos) existen diferencias significativas. Los detalles de aplicación de esta prueba son amplios, por lo que en el apartado correspondiente profundizaremos sobre ello (pág.180).

Acompaña a esta memoria unos anexos (pág.233 y ss.), en donde se incluye información extendida sobre la prueba ANOVA (pág.243) y los resultados de las pruebas no paramétricas, diferentes de la prueba de la mediana ya incluida en las referencias indicadas anteriormente. En concreto se incluyen:

1. Prueba U de Mann-Whitney, tanto para el estudio de homogeneidad de muestras como para el análisis comparado discriminado por materias (pág.235).
2. Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis para el estudio comparativo de los 4 grupos partícipes del experimento, incluyendo las dos materias (pág.239).
3. Prueba χ^2 (chi cuadrado) para un análisis no paramétrico con datos dicotomizados, en apto y no apto, agregados por tratamiento y sin discriminar por materias (pág.241).

El objetivo de incluir esta información procedente del análisis no paramétrico con las pruebas enumeradas no es otro que complementar el análisis

paramétrico y no paramétrico de la mediana, realizado con anterioridad. No se duda de la posibilidad de empleo de técnicas paramétricas, por lo que no hay que entender el análisis no paramétrico como fórmula de recambio para posturas fundamentalistas. No obstante, como hemos dicho, consideramos el análisis no paramétrico complementario del paramétrico efectuado, y por ello lo hemos trasladado a los anexos evitando cargar en exceso el documento memoria. La prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis nos servirá para reforzar los resultados de la prueba ANOVA para las 4 muestras, donde una muestra de datos de postest presenta una distribución no homocedástica con respecto a las demás (pág.180).

A continuación, se incluyen en las ilustraciones 5 y 6 unos diagramas donde de forma gráfica se pueden ver el lugar que ocupan las diferentes pruebas estadísticas con respecto a los grupos formados. Tenemos:

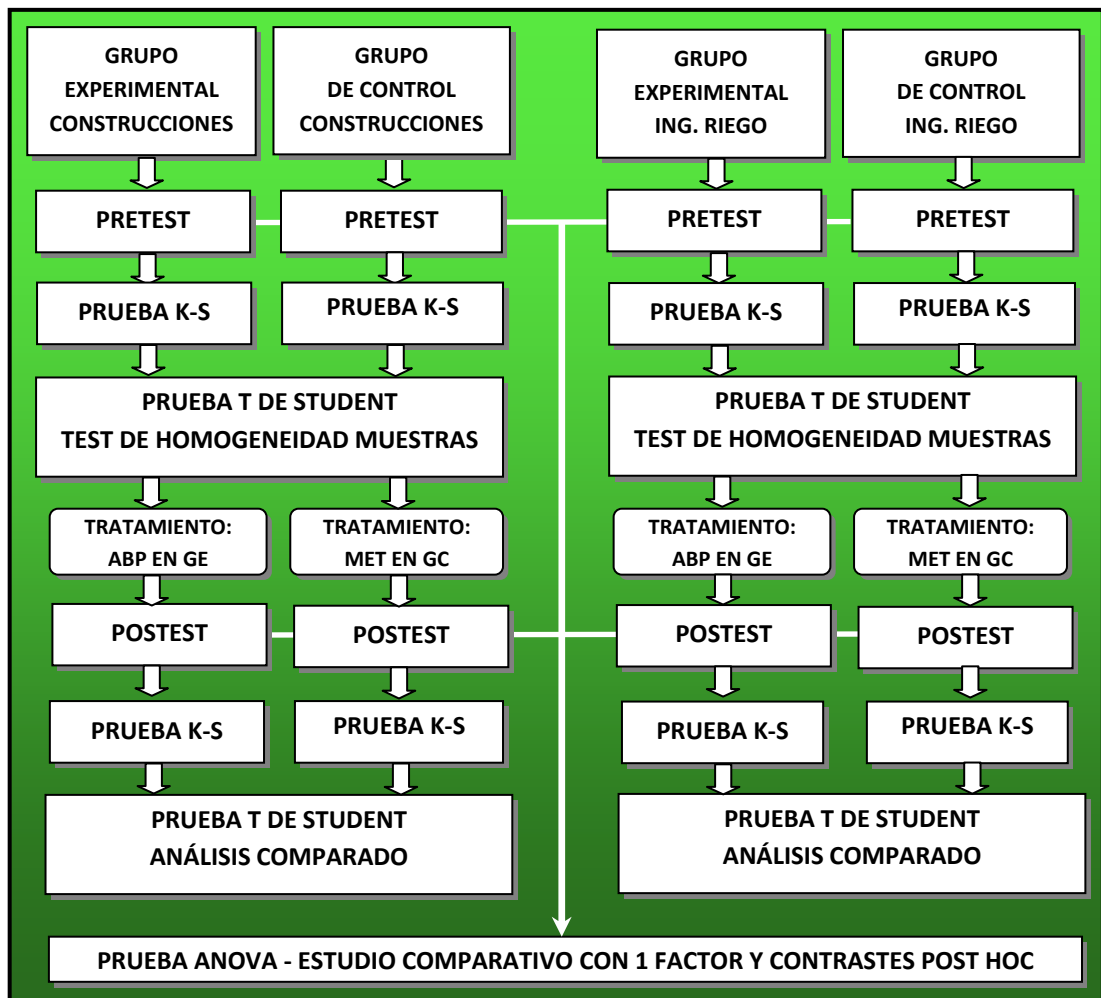


Ilustración 5. Pruebas estadísticas paramétricas. Fuente: elaboración propia.

Con respecto al diagrama anterior, la prueba K-S, si bien es una técnica no paramétrica su integración en la metodología estadística que hemos utilizado es para el estudio de normalidad en un contexto de empleo de técnicas paramétricas. Por ello se incluye en el diagrama anterior, y no en el siguiente, dedicado a las técnicas no paramétricas, dado que para el análisis no paramétrico no se requiere la comprobación de normalidad.

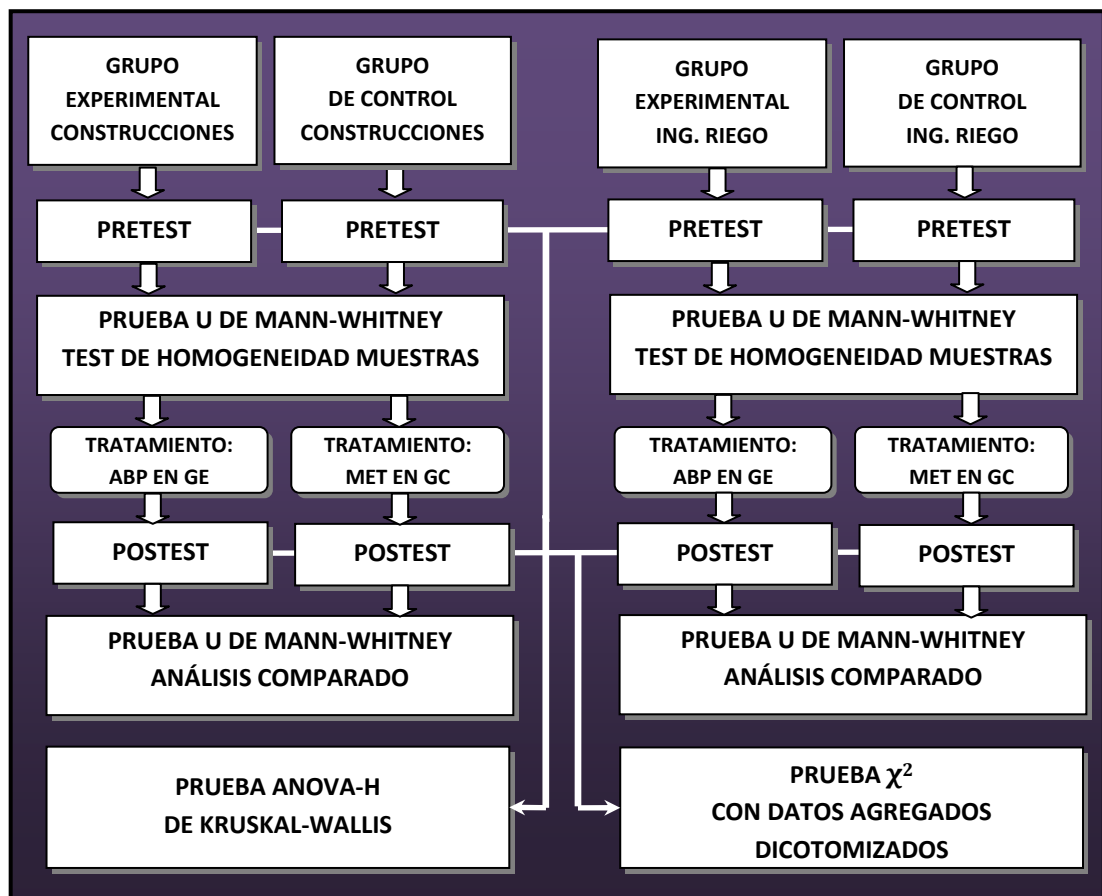


Ilustración 6. Pruebas estadísticas no paramétricas. Fuente: elaboración propia.

En el análisis paramétrico y no paramétrico, cuyos resultados se incluyen en este documento, la herramienta informática utilizada ha sido SPSS (versión 22). El nivel de confianza fijado ha sido de $\alpha = 0,05$ en las pruebas realizadas y en el estudio de tamaño muestral expuesto anteriormente (pág.137), nivel de confianza habitual en la investigación en Educación (Murillo y Martínez-Garrido, 2012; pág. 43). La evaluación mediante un análisis comparado del rendimiento académico con empleo de las técnicas estadísticas referidas, para la amplitud y objetivo

principal de la investigación efectuada, se considera necesario y suficiente. Se ha obviado un análisis comparado entre pretest y postest para muestras relacionadas, dado que no se discute aquí el efecto que pueda producir un determinado tratamiento didáctico: MET o ABP de forma aislada. Lo que se discute es la diferencia significativa posible en el proceso de enseñanza-aprendizaje entre uno y otro método, y para lo cual se han implementado los correspondientes grupos experimentales y de control, en dos pares asociados a las dos materias experimentadas.

2.4.2. FILTRADO DE DATOS Y COMPROBACIONES PREVIAS

El filtrado de datos ha estado ceñido a la eliminación de la muestra de aquellos datos asociados a sujetos que puedan interferir en los resultados, al introducir algún sesgo. En este sentido, el estudio piloto (Rodríguez, 2014) ha aportado una valiosa información. Se dedujo entonces que los alumnos del programa Erasmus y otros intercambios, podían introducir –de forma involuntaria claro- variables extrañas: problemas con el idioma, diferencias de nivel formativo, diferentes procedencias de ramas académicas, etc. Las muestras, por tanto, han eliminado los datos vinculados a estos sujetos, siendo que cualquier eliminación es costosa, dado que las muestras ya son reducidas de por sí. Pero, no obstante, en la evaluación del último curso académico, y que comprende los resultados definitivos, tan solo hubo que eliminar los datos vinculados a un alumno procedente de un intercambio.

Más importante, desde un punto de vista técnico-estadístico, es la eliminación de los datos correspondientes a alumnos que no han seguido finalmente el programa de evaluación. Se ha seguido manteniendo, para el año 3, la condición de asistencia mínima del 80%, considerada necesaria tras los resultados del estudio piloto (pág.129). Asimismo, no se han considerado los datos de alumnos que se han presentado únicamente al pretest, y después han abandonado la asignatura, o no se han presentado al postest. En estos casos, ha habido un total de 4 alumnos que no han participado finalmente, o bien han

abandonado la asignatura. Los 4 alumnos han correspondido a la materia Ingeniería del Riego. Por otra parte, para no desvirtuar el experimento, no se ha considerado un criterio razonable de filtrado de datos la eliminación de aquellos datos que han sido extremos, con respecto a la escala de medida (de 0 a 10). Es habitual en el contexto de las Enseñanzas Técnicas que se presenten algunas calificaciones muy bajas.

En cuanto a las comprobaciones previas, la de normalidad en los diferentes grupos por separado, han constituido una condición cuyo cumplimiento ha debido darse para poder hacer un análisis paramétrico. La técnica escogida, de tipo no paramétrica, ha sido la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S en adelante). La aplicación de la prueba K-S para el estudio de normalidad de muestras ha sido del tipo K-S para una única muestra, con repetición de la prueba en las 4 muestras disponibles de pretest y en las 4 de postest. Algunos autores recomiendan el test de Shapiro-Wilk (1965), cuando se tengan muestras comprendidas entre 20 y 50 datos, como es nuestro caso. Pero, por nuestra parte, creemos que la preferencia por dicho contraste responde a un intento de justificar la normalidad en grupos de datos reducidos donde se quiera dar mayor peso a los datos extremos (lo que no es nuestro caso). No podemos hablar de una mayor robustez real y extrapolable a todos los casos, dados que por otra parte la prueba K-S parece ser más sensible con los valores cercanos a la mediana. No en vano, las diferencias entre una prueba y otra en buena parte de los casos son mínimas (Rodríguez Santero, 2017). Por otra parte, en el ámbito educativo –entre otros- sigue siendo la prueba K-S la más frecuentemente utilizada para garantizar la normalidad de una muestra, con resultados hasta la fecha, en general, satisfactorios.

Acompañamos los resultados numéricos con los histogramas de frecuencias y la distribución normal superpuesta, para ilustrar gráficamente cada prueba K-S. Se puede ver que en el pretest, con mayor o menor aproximación, los resultados se acomodan bastante bien a una distribución normal. Las 4 muestras de pretest se asemejan a una distribución normal, con una simetría más o menos marcada. Evidentemente la aproximación a una distribución normal es con el margen que permite la prueba K-S. En este sentido, y como el lector puede intuir por la

información gráfica y numérica reflejada en las tablas, la muestra correspondiente al grupo experimental de Ingeniería del Riego, dentro de los datos de pretest, es la que más se aleja de una distribución teórica normal, si bien cumple estrictamente las condiciones impuestas.

Con respecto a las muestras de postest, la normalidad se cumple, si bien difiere apreciablemente con respecto a los datos de pretest. Por ello, hay dos cuestiones importantes, que se comentarán con más detalle en el análisis de resultados y discusión (pág.184 y ss.): existe una mayor dispersión de los datos con respecto al pretest, y lo que es más crítico con respecto a las exigencias de ANOVA, la simetría de las distribuciones se ha alterado (en particular para el grupo experimental de Construcciones). No obstante, insistiremos en que se ha cumplido en todas las muestras, postest incluido, la condición de normalidad; y con creces en las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Ingeniería del Riego. Más ajustadamente se ha cumplido en las muestras de datos relativos a Construcciones. En particular, la muestra correspondiente a los datos de postest del grupo experimental de Construcciones, la prueba K-S se cumple cerca del límite de tolerancia exigido.

Por tanto, de los resultados del estudio de normalidad se deduce la posibilidad de emplear un análisis paramétrico. No obstante, se detecta que en el postest los datos han presentado mayor dispersión y una pérdida de simetría en algunas muestras, con respecto a los datos de pretest.

Los pasos seguidos, formalmente, para comprobar la normalidad en las 8 muestras correspondientes a los datos tanto de pretest como de postest de los 4 grupos implicados en el experimento, han sido los siguientes:

❖ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA**

- 1) Diseño cuasiexperimental, de 4 grupos independientes de resultados de pretest, y otros 4 grupos independientes de resultados de posttest con una variable independiente y muestras con $n > 20$. En total 8 muestras.
- 2) Nivel de medida de escala.
- 3) Hipótesis bilateral:
 - a. H_0 : No existen diferencias significativas entre la distribución de la muestra y la distribución normal.
 - b. H_1 : Existen diferencias significativas.
- 4) Contraste no paramétrico. Prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S).
- 5) Pasos:
 - a. Obtención de la distribución de frecuencias observadas acumulada.
 - b. Obtención de la distribución con las frecuencias teóricas acumulada.
 - c. Calcular la máxima discrepancia D entre ambas distribuciones.
 - d. Comparar D máximo con el valor máximo admisible de D por la prueba K-S. A través de su estadístico D, que se obtiene con la máxima diferencia entre las frecuencias teóricas y las observadas, se debe comparar éste con el valor crítico de D que permite la prueba.

COMPROBACIÓN CON SPSS:

Si el nivel de significación asintótico (bilateral) es superior a α , aceptamos entonces la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1). A la inversa, si el nivel de significación asintótico (bilateral) es inferior o igual a α , rechazamos la hipótesis nula (H_0) y se acepta, entonces, la hipótesis alternativa (H_1). Tenemos para las 8 muestras las tablas de resultados con SPSS y los histogramas de frecuencias con la distribución teórica normal superpuesta que se adjuntan a continuación:

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO EXPERIMENTAL - PRETEST - CONSTRUCCIONES**

Tabla 6. Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Pretest. Construcciones.

		Pretest
N		26
Parámetros normales ^{a,b}	Media	4,1077
	Desviación estándar	1,37548
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,128
	Positivo	0,098
	Negativo	-0,128
Estadístico de prueba		0,128
Sig. asintótica (bilateral)		0,200 ^{c,d}

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Como $0,200 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente al grupo experimental de Construcciones sigue una distribución normal.

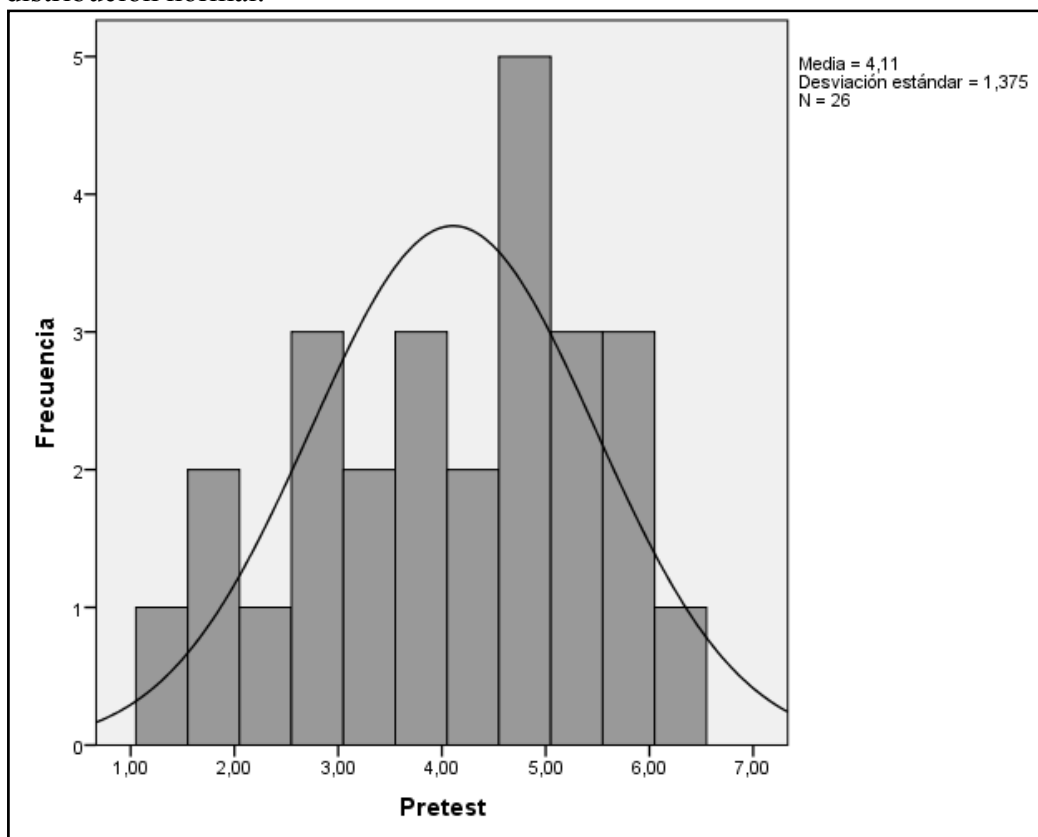


Ilustración 7. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Pretest. Construcciones.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO DE CONTROL - PRETEST - CONSTRUCCIONES**

Tabla 7. Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Pretest. Construcciones.

		Pretest
N		26
Parámetros normales ^{a,b}	Media	3,8192
	Desviación estándar	1,16585
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,087
	Positivo	0,087
	Negativo	-0,062
Estadístico de prueba		0,087
Sig. asintótica (bilateral)		0,200 ^{c,d}

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Como $0,200 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

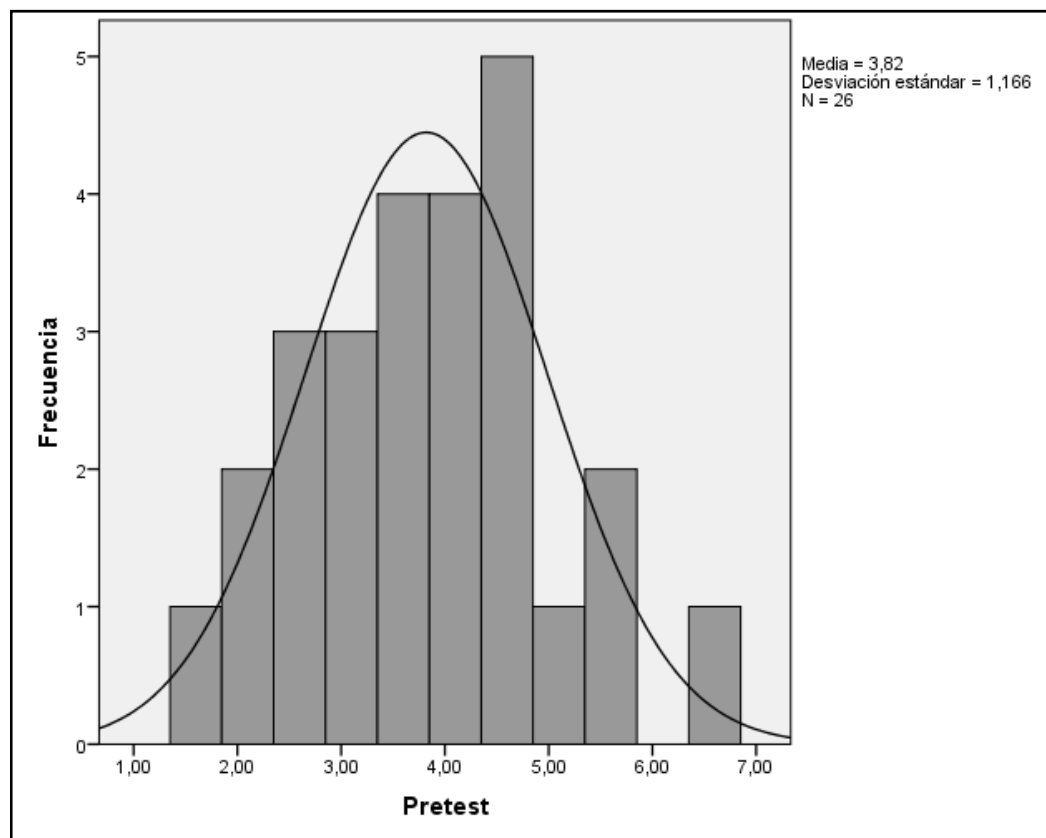


Ilustración 8. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Pretest. Construcciones.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO EXPERIMENTAL - PRETEST - INGENIERÍA DEL RIEGO**

Tabla 8. Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Pretest. Ing. Riego.

		Pretest
N		22
Parámetros normales ^{a,b}	Media	3,7682
	Desviación estándar	1,20293
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,167
	Positivo	0,062
	Negativo	-0,167
Estadístico de prueba		0,167
Sig. asintótica (bilateral)		0,111 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Como $0,111 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

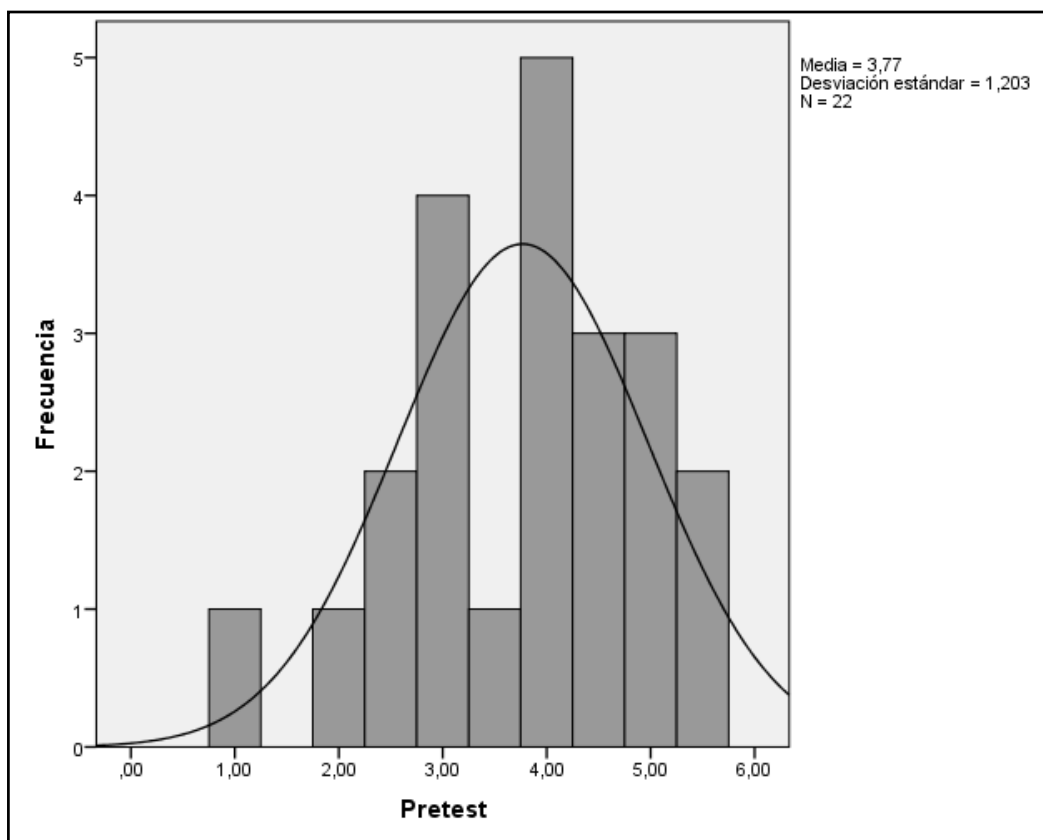


Ilustración 9. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Pretest. Ing. Riego.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO DE CONTROL - PRETEST - INGENIERÍA DEL RIEGO**

Tabla 9. Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Pretest. Ing. Riego.

		Pretest
N		22
Parámetros normales ^{a,b}	Media	3,5545
	Desviación estándar	1,06267
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,072
	Positivo	0,067
	Negativo	-0,072
Estadístico de prueba		0,072
Sig. asintótica (bilateral)		0,200 ^{c,d}

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Como $0,200 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

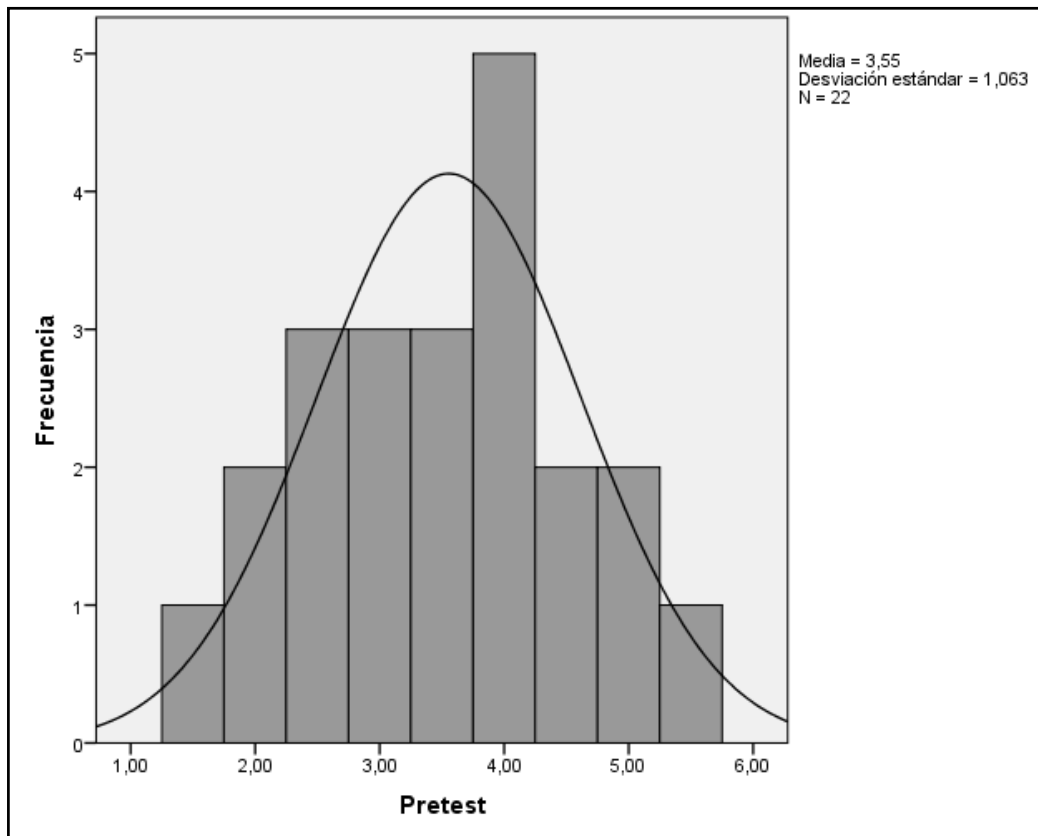


Ilustración 10. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Pretest. Ing. Riego.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO EXPERIMENTAL - POSTEST - CONSTRUCCIONES**

Tabla 10. Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Posttest. Construcciones.

		Posttest
N		26
Parámetros normales ^{a,b}	Media	6,3000
	Desviación estándar	2,22495
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,169
	Positivo	0,112
	Negativo	-0,169
Estadístico de prueba		0,169
Sig. asintótica (bilateral)		0,054 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Como $0,054 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

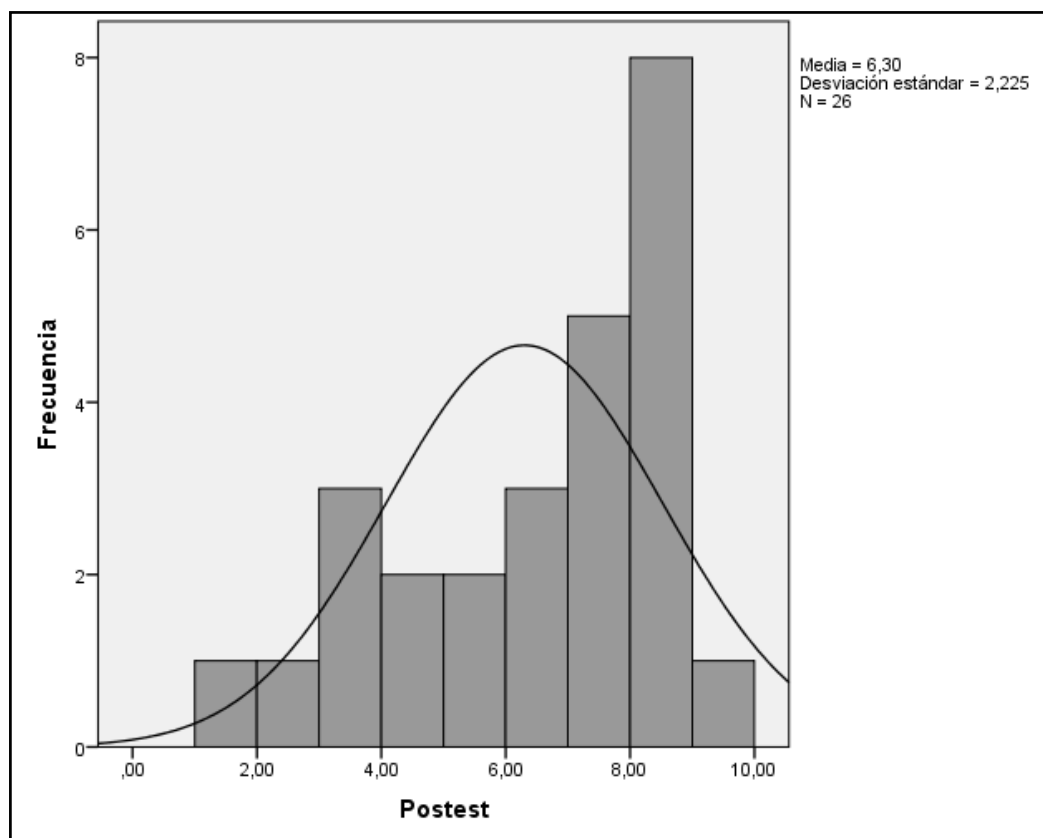


Ilustración 11. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Posttest. Construcciones.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO DE CONTROL –
POSTEST - CONSTRUCCIONES**

Tabla 11. Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Postest. Construcciones.

		Postest
N		26
Parámetros normales ^{a,b}	Media	4,7077
	Desviación estándar	1,52838
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,153
	Positivo	0,080
	Negativo	-0,153
Estadístico de prueba		0,153
Sig. asintótica (bilateral)		0,122 ^c

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.

Como $0,122 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

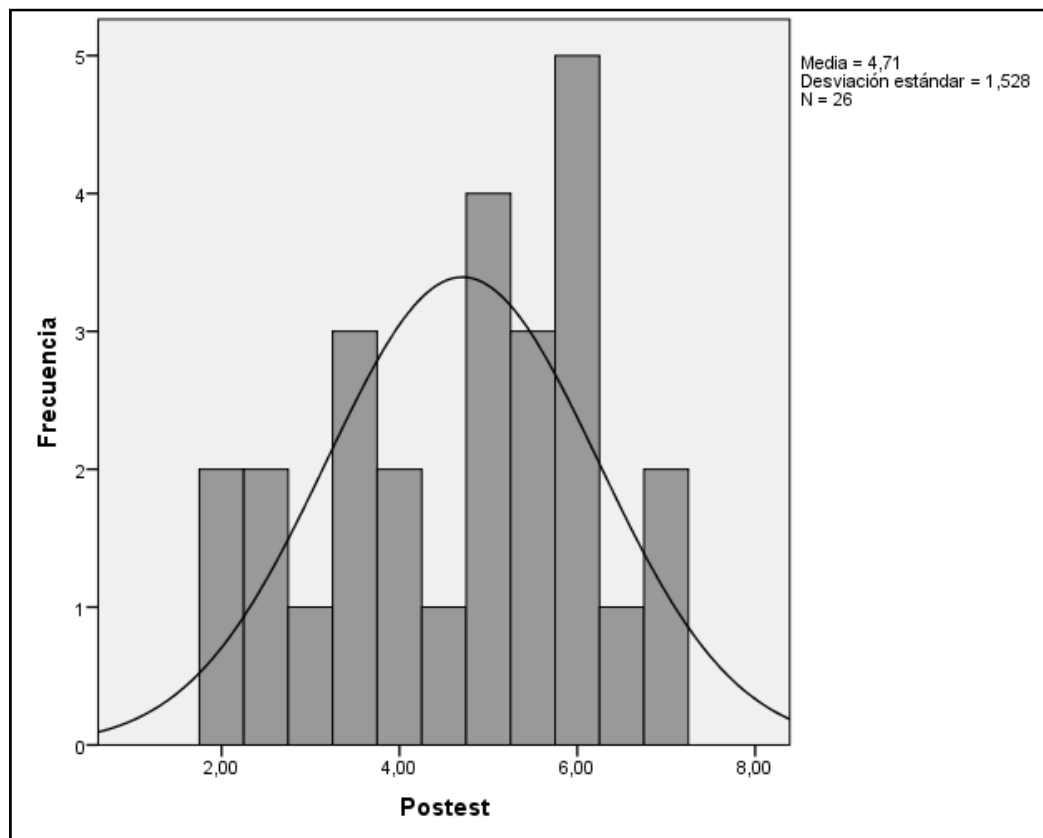


Ilustración 12. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Postest. Construcciones.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO EXPERIMENTAL -
POSTEST- INGENIERÍA DEL RIEGO**

Tabla 12. Prueba K-S para una muestra. Grupo experimental. Postest. Ing. Riego.

		Postest
N		22
Parámetros normales ^{a,b}	Media	6,4091
	Desviación estándar	1,61154
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,141
	Positivo	0,087
	Negativo	-0,141
Estadístico de prueba		0,141
Sig. asintótica (bilateral)		0,200 ^{c,d}

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Como $0,200 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

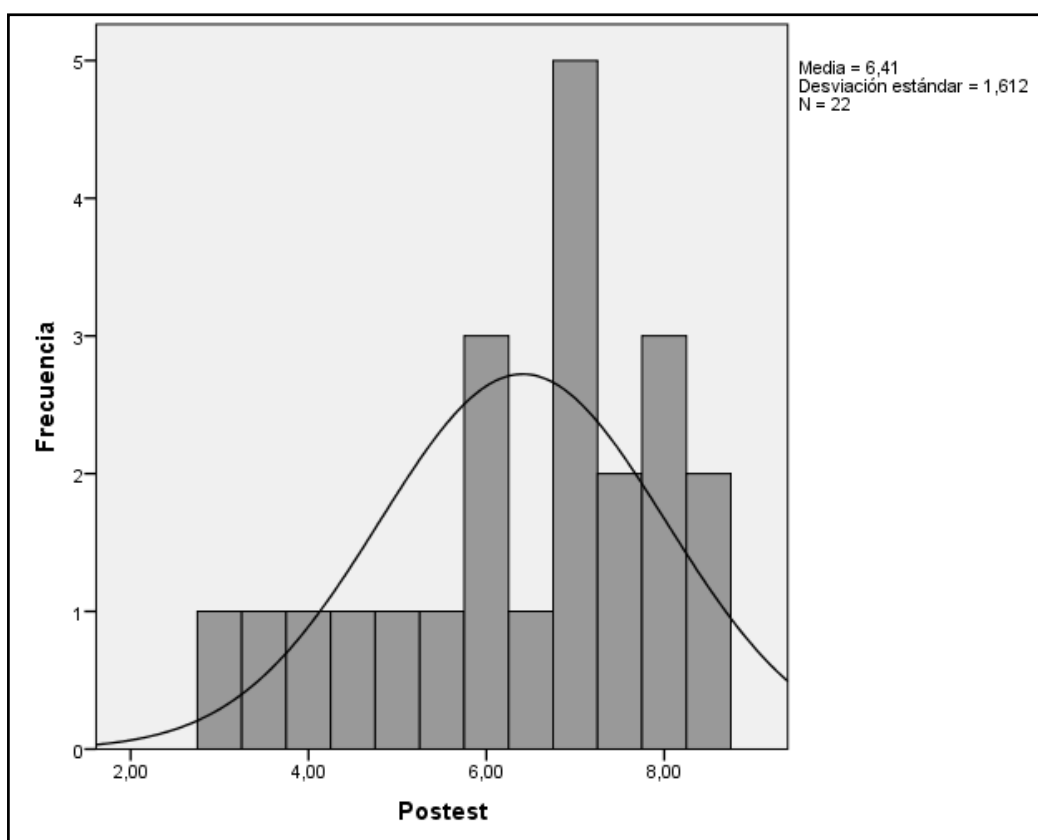


Ilustración 13. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo experimental. Postest. Ing. Riego.

▪ **PRUEBA K-S PARA UNA MUESTRA: GRUPO DE CONTROL -
POSTEST - INGENIERÍA DEL RIEGO**

Tabla 13. Prueba K-S para una muestra. Grupo de control. Postest. Ing. Riego.

		Postest
N		22
Parámetros normales ^{a,b}	Media	5,1545
	Desviación estándar	1,56319
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,134
	Positivo	0,134
	Negativo	-0,084
Estadístico de prueba		0,134
Sig. asintótica (bilateral)		0,200 ^{c,d}

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Como $0,200 > \alpha = 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que la muestra correspondiente sigue una distribución normal.

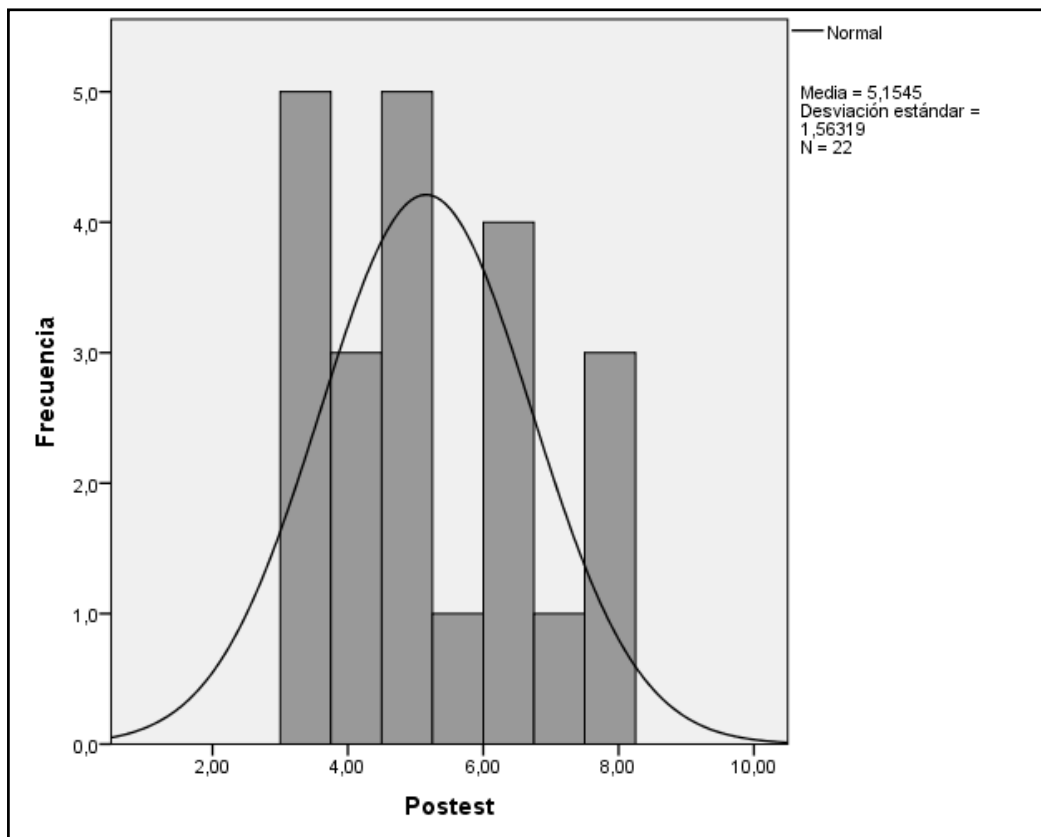


Ilustración 14. Histograma de frecuencias y distribución teórica normal. Grupo de control. Postest. Ing. Riego.

2.4.3. ESTUDIO DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS POR MATERIAS

El test de homogeneidad de muestras se hace necesario para asegurar que son comparables las muestras por pares (grupo experimental y de control). Y esto es independiente de si las muestras tienen o no normalidad. Por tanto, independientemente de si las pruebas de contraste a aplicar son paramétricas o no paramétricas, el test de homogeneidad se debe aplicar a todos los casos. En este sentido, el pretest juega un papel fundamental pues no sólo permite ver el posible incremento del rendimiento académico a posteriori una vez realizado el postest, sino que permite detectar si existen o no diferencias significativas al comienzo del estudio entre un grupo experimental y otro de control. Y esto se debe realizar tanto en Construcciones como en Ingeniería del Riego. En nuestro caso han sido validadas favorablemente todas las muestras, como se verá a continuación.

El cuidado en la composición y filtrado de las muestras se hace necesario dado que el análisis comparado puede verse anulado si no se cumple el test de homogeneidad. Por otra parte, una vez filtradas las muestras y cerrada la composición de cada grupo, por mucho cuidado que se haya tenido, no existe una ley que demuestre que las muestras sean (o no) homogéneas. No obstante, con los cuidados mencionados no es habitual que existan grandes diferencias entre los datos relativos a los grupos formados, dado que en su composición intervienen factores aleatorios.

En este apartado se incluye el test de homogeneidad de muestras con empleo de la prueba T de Student, considerado el más elemental en el contexto paramétrico, y también el primer y más básico test que se debe cumplir. En los anexos se incluye el mismo test con la prueba U de Mann-Whitney en un contexto no paramétrico (pág.235), y el test de homogeneidad de muestras con la prueba ANOVA –sin distinción por materias- en el contexto paramétrico de la citada prueba. El test de homogeneidad de muestras con ANOVA, el más avanzado, no distingue entre materias, tratando por igual a las 4 muestras de pretest. Se puede consultar en los anexos, habiendo sido el resultado satisfactorio (pág.243).

Los puntos que definen la prueba efectuada son:

❖ **TEST DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS – PRUEBA T DE STUDENT**

- 1) Diseño cuasiexperimental, de dos grupos independientes (agrupados en pares por materias), con una variable independiente, muestras con $n > 20$ y distribución normal.
- 2) Nivel de medida de escala.
- 3) Hipótesis bilateral:
 - a. H_0 : No existen diferencias entre ambos grupos.
 - b. H_1 : Existen diferencias significativas.
- 4) Contraste paramétrico. Prueba T de Student para muestras no relacionadas formadas por los grupos de control y experimentales, agrupados por pares atendiendo a la materia.
- 5) Pasos:
 - a. Obtención de las medias para las dos muestras independientes (μ , μ_0).
 - b. Comprobación de que las muestras a comparar tengan una varianza homogénea y dispersión similar en sus distribuciones. Para ello se requiere una prueba paralela de homocedasticidad, habiéndose escogido la prueba de Levene para ello, habitual en el ámbito de estudio (Murillo y Martínez-Garrido, 2012; pág.45).
 - c. Comparación de medias ($H_0: \mu = \mu_0$; $H_1: \mu \neq \mu_0$) utilizando el estadístico T (ó t según nomenclaturas) como referencia para este contraste.

COMPROBACIÓN CON SPSS:

En primer lugar es necesario ver los resultados de la prueba de Levene, incluida en los resultados tabulados adjuntos del contraste en cuestión. Para ello, vemos en la fila donde se indica que se han asumido varianzas iguales. Comprobamos si el nivel de significación –o probabilidad de que las varianzas sean iguales- es menor

que el nivel de confianza (α). Si es menor, asumimos varianzas iguales. Y si es mayor, no aceptamos ese supuesto. En este caso la herramienta estadística SPSS hace una pequeña corrección. Este caso no nos debe preocupar, dado que la prueba T de Student sigue siendo fiable, a condición de que los tamaños de las muestras a comparar no difieran apreciablemente en el número de datos, como es nuestro caso (Markowski y Markowski, 1990). Una vez definido el estadístico de referencia a escoger, según los resultados de la prueba de homocedasticidad mencionada, comprobamos si el nivel de significación asintótico (bilateral) es superior a α . Si ese es el caso, aceptamos entonces la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1). A la inversa, si el nivel de significación asintótico (bilateral) es inferior o igual a α , rechazamos la hipótesis nula (H_0) y se acepta, entonces, la hipótesis alternativa (H_1).

A continuación se incluyen los respectivos test para las dos materias analizadas.

▪ PRUEBA T DE STUDENT PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES: GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL- PRETEST - CONSTRUCCIONES

Tabla 14. *Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Construcciones.*

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pretest	Grupo Experimental - Construcciones	26	4,1077	1,37548	0,26975
	Grupo de Control - Construcciones	26	3,8192	1,16585	0,22864

De la tabla adjunta siguiente asumimos varianzas iguales, ya que $0,206 > 0,05$. Se considera por tanto que las muestras tienen una distribución homocedástica. Con respecto a la validación mediante la prueba T, como $0,419 > 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Construcciones tienen

medias parecidas. Por tanto, las muestras las consideramos homogéneas a nivel de pretest.

Tabla 15. Comprobación de homogeneidad de muestras. Construcciones.

	Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Dif. de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	1,641	0,206	,816	50	0,419	0,28846	0,35362	-0,42180	0,99872
No se asumen varianzas iguales			,816	48,693	0,419	0,28846	0,35362	-0,42227	0,99919

En el siguiente gráfico podemos observar que las medias son muy parecidas entre ambos grupos (4,1 en grupo experimental y 3,8 en grupo de control).

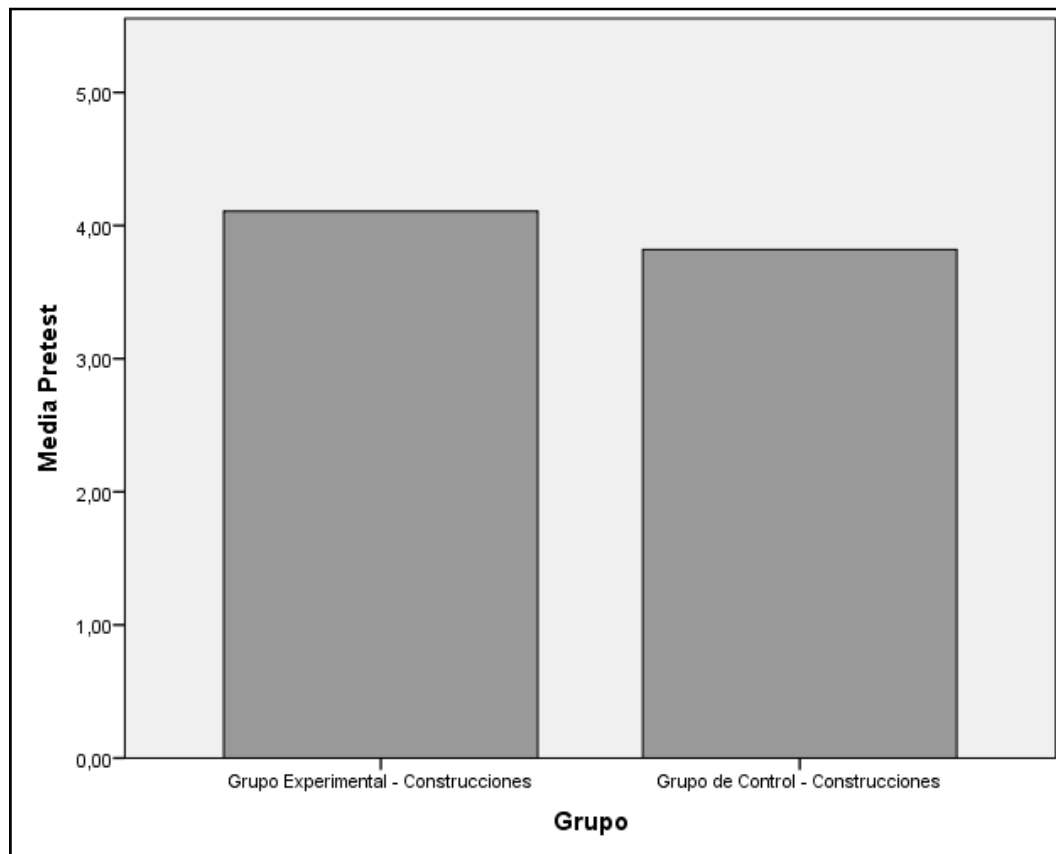


Ilustración 15. Comparación de medias. Pretest. Construcciones.

▪ **PRUEBA T DE STUDENT PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES: GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL– PRETEST – INGENIERÍA DEL RIEGO**

Tabla 16. Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Ingeniería del Riego.

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pretest	Grupo Experimental - Ing. Riego	22	3,7682	1,20293	0,25647
	Grupo de Control - Ing. Riego	22	3,5545	1,06267	0,22656

Tabla 17. Comprobación de homogeneidad de muestras. Ingeniería del Riego.

	Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Dif. de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	0,401	0,530	,624	42	0,536	0,21364	0,34221	-0,47696	0,90423
No se asumen varianzas iguales			,624	41,371	0,536	0,21364	0,34221	-0,47727	0,90455

De la tabla adjunta asumimos varianzas iguales, ya que $0,530 > 0,05$. Se considera por tanto que las muestras tienen una distribución homocedástica. Con respecto a la validación mediante la prueba T, como $0,536 > 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Construcciones tienen medias parecidas. Por tanto, las muestras las consideramos homogéneas a nivel de pretest. En el siguiente gráfico podemos observar que las medias son muy parecidas entre ambos grupos (3,8 en grupo experimental y 3,6 en grupo de control).

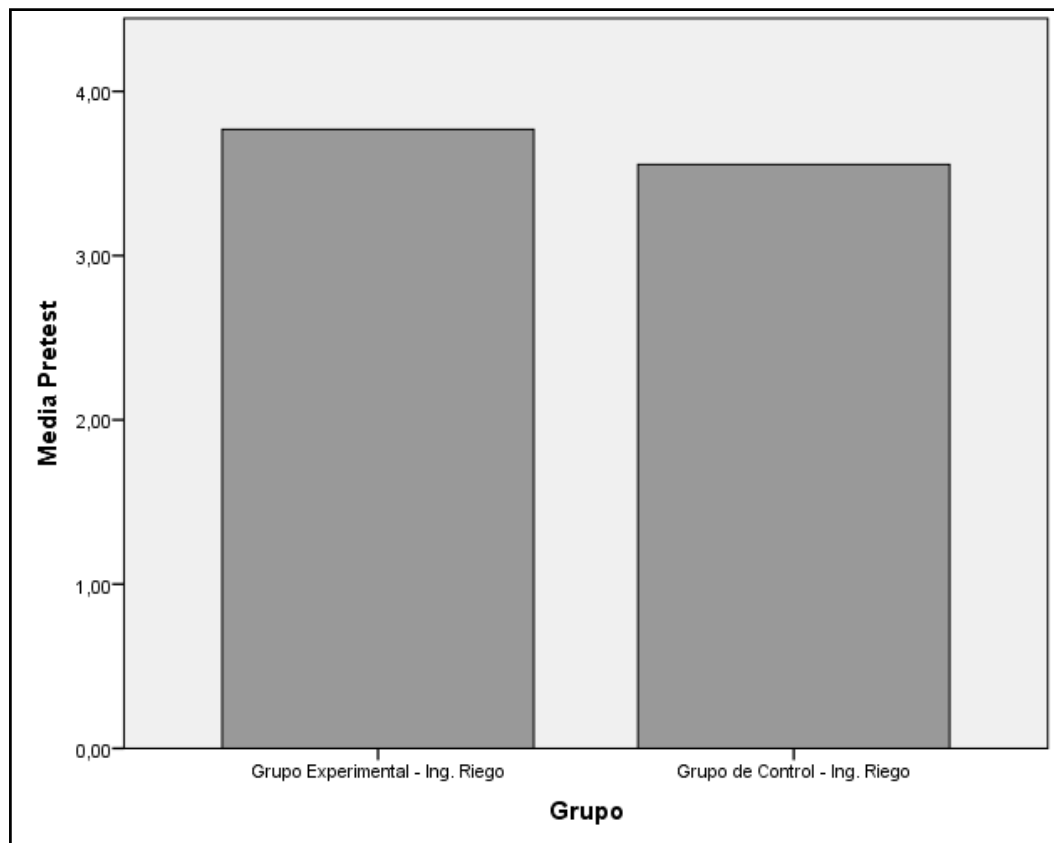


Ilustración 16. Comparación de medias. Pretest. Ingeniería del Riego.

En comparación con las muestras correspondientes a Construcciones, podemos comprobar que existen algunas diferencias, siendo en Ingeniería del Riego las puntuaciones en el pretest, en general, inferiores. No obstante, los pares de muestras comparados son sensiblemente homogéneas, y por tanto, válidas para continuar con nuestro análisis estadístico conforme a la metodología fijada.

Como hemos comentado al comienzo del apartado, en el anexo 4 (pág.243) se incluye información extendida con un test de homogeneidad de muestras sin discriminar por materias, utilizando para ello la prueba ANOVA. Las 4 muestras, sin discriminar por materias, resultaron también en conjunto comparables.

2.4.4. ANÁLISIS COMPARADO MEDIANTE LA PRUEBA T DE STUDENT

Una vez transcurrido el periodo de tratamiento (bien ABP o MET, según sea el grupo experimental o de control), se procedió a efectuar el postest. La fase de evaluación del ABP llegó entonces a un punto clave, pues de facto ya se dispuso de los datos que, a la postre, validarían, o no, la metodología didáctica en cuestión como preferible. Pero, antes de ello, se ha requerido de un análisis comparado, ajustado al esquema metodológico adoptado para el tratamiento estadístico (pág.151). La prueba de contraste seleccionada para el análisis comparado discriminando por materias, T de Student, es la que ha permitido cuantificar y validar realmente las diferencias significativas entre los pares de grupos formados en atención a las materias partícipes del experimento. El análisis es análogo al efectuado en el test de homogeneidad de muestras. La comprobación de normalidad de los datos de postest ya se efectuó anteriormente (pág.164 y ss.), con unas conclusiones al respecto ya dadas. La comprobación de homocedasticidad la hacemos en la prueba T de Student de 2 en 2 muestras (por materias), a diferencia de ANOVA, que se debe hacer en conjunto para las 4 muestras, o en un subconjunto de 3 muestras llegado el caso. Por tanto, de forma reglada, el análisis comparado ha seguido los siguientes puntos, similares al test de homogeneidad de muestras con idéntica prueba de contraste:

❖ ANÁLISIS COMPARADO – PRUEBA T DE STUDENT

- 1) Diseño cuasiexperimental, de dos grupos independientes (agrupados en pares por materias), con una variable independiente, muestras con $n > 20$ y distribución normal.
- 2) Nivel de medida de escala.
- 3) Hipótesis bilateral:
 - a. H_0 : No existen diferencias entre ambos grupos.
 - b. H_1 : Existen diferencias significativas.

- 4) Contraste paramétrico. Prueba T de Student para muestras no relacionadas formadas por los grupos de control y experimentales, agrupados por pares atendiendo a la materia.
- 5) Pasos:
 - a. Obtención de las medias para las dos muestras independientes (μ , μ_0).
 - b. Comprobación de que las muestras a comparar tengan una varianza homogénea y dispersión similar en sus distribuciones. Para ello se requiere una prueba paralela de homocedasticidad, habiéndose escogido la prueba de Levene para ello, habitual en el ámbito de estudio (Murillo y Martínez-Garrido, 2012; pág.45).
 - c. Comparación de medias ($H_0: \mu = \mu_0$; $H_1: \mu \neq \mu_0$) utilizando el estadístico T (ó t según nomenclaturas) como referencia para este contraste.

COMPROBACIÓN CON SPSS:

Al igual que cuando estudiamos la homogeneidad de muestras, en primer lugar es necesario ver los resultados de la prueba de Levene, incluida en los resultados tabulados adjuntos del contraste en cuestión. El procedimiento a seguir es el mismo que el que se comentó en el apartado anterior. En cuanto al análisis comparado, una vez definido el estadístico de referencia a escoger según los resultados de la prueba de homocedasticidad mencionada, comprobamos si el nivel de significación asintótico (bilateral) es superior a α . Si ese es el caso, aceptamos entonces la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1). A la inversa, si el nivel de significación asintótico (bilateral) es inferior o igual a α , rechazamos la hipótesis nula (H_0) y se acepta, entonces, la hipótesis alternativa (H_1).

A continuación se incluyen los resultados del análisis comparado con los datos de postest para las dos materias analizadas.

▪ PRUEBA T DE STUDENT PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES: GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL– POSTEST – CONSTRUCCIONES

Tabla 18. *Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Postest. Construcciones.*

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Postest	Grupo Experimental - Construcciones	26	6,3000	2,22495	0,43635
	Grupo de Control - Construcciones	26	4,7077	1,52838	0,29974

Tabla 19. *Análisis Comparado. Postest. Construcciones.*

	Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Dif. de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	5,434	0,024	3,008	50	0,004	1,59231	0,52938	0,52902	2,65560
No se asumen varianzas iguales			3,008	44,297	0,004	1,59231	0,52938	0,52561	2,65900

De la tabla adjunta asumimos que las varianzas no son iguales, ya que $0,024 < 0,05$. Se considera por tanto que las muestras no tienen una distribución homocedástica. Con respecto a la validación mediante la prueba T, como $0,004 < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0), y aceptamos la hipótesis alternativa (H_1), por lo que se asume que las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Construcciones son diferentes en las medias respectivas. Es más, la prueba resulta contundente en la validación, dado el nivel de significación obtenido (0,004).

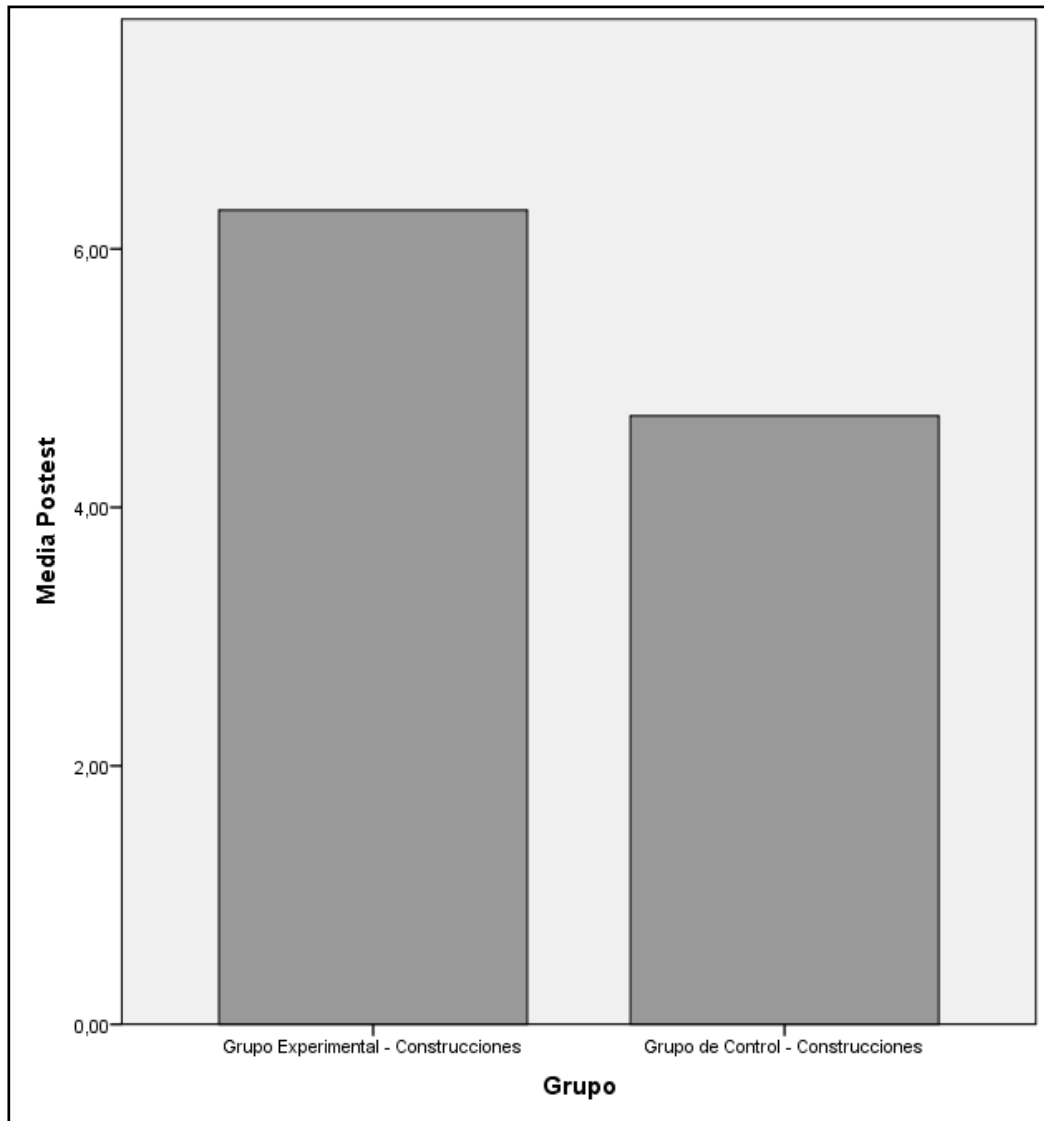


Ilustración 17. Comparación de medias. Postest. Construcciones.

Por tanto, las muestras a nivel de postest reflejan que existen diferencias significativas en el rendimiento académico asignado a un grupo u otro en función del tratamiento didáctico aportado. En concreto, existe un rendimiento académico diferencial significativamente superior en el grupo experimental, que es el que ha recibido el tratamiento ABP. En el gráfico y tablas anteriores podemos observar que las medias son apreciablemente distintas entre ambos grupos (6,3 en grupo experimental y 4,7 en grupo de control).

▪ PRUEBA T DE STUDENT PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES: GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL– POSTEST – INGENIERÍA DEL RIEGO

Tabla 20. Valores de los estadísticos descriptivos por grupo. Posttest. Ing. del riego.

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Postest	Grupo Experimental - Ingeniería del Riego	22	6,4091	1,61154	0,34358
	Grupo de Control - Ingeniería del Riego	22	5,1545	1,56319	0,33327

Tabla 21. Análisis Comparado. Posttest. Ingeniería del Riego.

	Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Dif. de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	0,001	0,980	2,621	42	0,012	1,25455	0,47866	0,28856	2,22053
No se asumen varianzas iguales			2,621	41,961	0,012	1,25455	0,47866	0,28854	2,22055

De la tabla adjunta asumimos que las varianzas son iguales, ya que $0,980 > 0,05$. Se considera por tanto que las muestras tienen una distribución homocedástica. Con respecto a la validación mediante la prueba T, como $0,012 < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0), y aceptamos la hipótesis alternativa (H_1), por lo que se asume que las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Ingeniería del Riego son diferentes en las medias respectivas. La prueba resulta contundente en la validación, dado el nivel de significación obtenido (0,012), si bien es menos acusada que en Construcciones. Por tanto, las muestras a nivel de posttest reflejan que existen diferencias significativas en el

rendimiento académico asignado a un grupo u otro en función del tratamiento didáctico aportado. En concreto, existe un rendimiento académico diferencial significativamente superior en el grupo experimental, que es el que ha recibido el tratamiento ABP. En el gráfico y tablas anteriores podemos observar que las medias son distintas entre ambos grupos (6,4 en grupo experimental y 5,1 en grupo de control). Para evaluar las diferencias entre Construcciones e Ingeniería del Riego hemos realizado la prueba ANOVA que se expone a continuación.

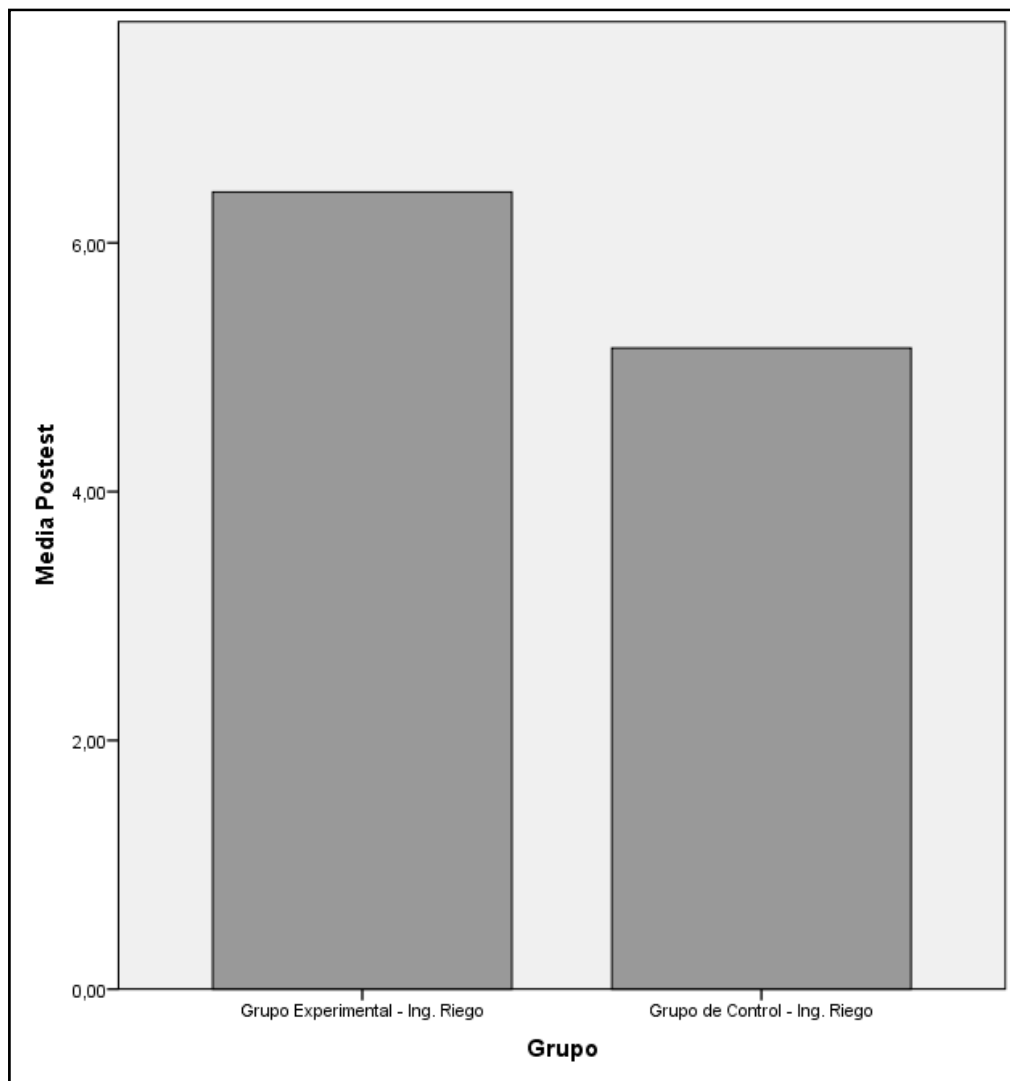


Ilustración 18. Comparación de medias. Posttest. Ingeniería del Riego.

2.4.5. ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)

Las posibilidades que nos brinda la prueba ANOVA son múltiples. En nuestro caso, permite dar respuesta a las siguientes preguntas: “¿Quiénes obtienen un mejor rendimiento académico: los estudiantes que reciben un ABP en Construcciones, los que reciben un ABP en Ingeniería del Riego, los que reciben un MET en Construcciones, o los que reciben un MET en Ingeniería del Riego?” Pero hay más, nos permite detectar inclusive diferencias significativas entre grupos de datos agrupados según alguna categoría, con respecto a un grupo aislado. Por ejemplo, comprobar si existen diferencias significativas entre el grupo experimental de Ingeniería del Riego, con respecto a los dos grupos de control -de Ingeniería del Riego y de Construcciones-. Otras comprobaciones son posibles, y comentadas en la discusión posterior. En este apartado nos ceñiremos a la obtención de los resultados provenientes de la prueba ANOVA, y las comprobaciones previas exigidas.

La prueba estadística que permite contrastar las muestras de datos, más de 2 (4 en el caso analizado) para un análisis comparado de las medias es la prueba de análisis de la varianza (ANOVA), siendo una extensión de la prueba T de Student para 2 muestras independientes, pero con particularidades propias. Es una de las pruebas más importantes de la estadística actual por las posibilidades que permite, entre otros, en el ámbito educativo (Murillo y Martínez-Garrido, 2012). Si el lector desea ampliar la información acerca de las bases teóricas de esta prueba y sus amplias potencialidades, puede consultar las referencias incluidas en el canon estadístico (pág.90).

En cuanto a las variables consideradas, hay una modificación con respecto a las pruebas anteriores. La variable dependiente, de escala (0 a 10), es el rendimiento académico, al igual que en T de Student y otras pruebas realizadas. La variable independiente es la pertenencia a un determinado grupo (de 1 a 4). Ya no es el tratamiento recibido, a secas, dado que no separaremos los grupos en pares por materias. En el contexto de ANOVA será una variable de agrupación, habitualmente denominada “factor”. La variable independiente es, por tanto,

politómica de tipo nominal con 4 alternativas. Dicha variable independiente es nominal, y no ordinal, dado que la pertenencia a un determinado grupo y tipo de tratamiento asociado no se considera mejor, ni superior, ni sometido a orden con respecto a ningún otro.

Como toda prueba de contraste, ANOVA tiene un grado mínimo de cumplimiento de exigencias para poder emplearse. Si bien se requiere teóricamente de normalidad en las muestras independientes implicadas, y que en nuestro caso se cumple estrictamente para los datos muestrales, según algunos autores (Rodríguez Santero, 2017; Murillo y Martínez-Garrido, 2012; y otros) debido a su robustez ANOVA permite ciertas excepciones a la citada condición. Lo cierto es que quien dispone de más de 2 muestras de datos independientes no quiere renunciar a la prueba ANOVA. Y con razón, dada la información que permite obtener. Además de la normalidad teórica exigida, hay dos condiciones más: las varianzas de los grupos no deben diferir de forma significativa y los datos de cada grupo deben ser independientes del resto. La primera de estas dos condiciones se puede soslayar en cierto grado como veremos posteriormente (no gratuitamente). Pero la segunda condición es sine qua non del método. Esta condición se cumple en nuestro caso estrictamente para los datos analizados en 4 muestras de grupos independientes, tanto de pretest como de posttest.

En el anexo 4 (pág.243) se incluye una información extendida sobre ANOVA relativa a resultados de diferentes variantes de la prueba con los datos obtenidos en el pretest y posttest. En concreto se incluye un test de homogeneidad de muestras con ANOVA, comprobaciones adicionales de homocedasticidad, diversas pruebas y validaciones para comparaciones post hoc, tanto en 4 muestras no homocedásticas (pruebas más robustas) como en las 3 posibles homocedásticas; cuyos estadísticos y sus aplicaciones concretas se pueden consultar en el manual oficial de SPSS 22 (IBM, 2013) y en las referencias estadísticas incluidas en el canon (pág.90). Hemos considerado algo incómodo para la lectura del documento de la memoria incluir todas las pruebas y variantes de ANOVA, por lo que hemos preferido trasladar a los anexos la información adicional respectiva. No obstante, en la discusión, cuando sea necesario extraeremos información del citado anexo.

Siguiendo con el planteamiento de la prueba ANOVA, y en cuanto a las hipótesis, estableceremos la hipótesis nula (H_0) como la siguiente: “las muestras de datos de postest son de una misma población estadística”, esto es, no difieren las medias poblacionales entre ellas (apreciablemente conforme a la prueba de contraste). La hipótesis alternativa (H_1) será entonces “al menos 2 medias poblacionales son distintas”, pudiéndose ser distintas hasta 4 inclusive (que es el número de grupos de datos independientes de que disponemos para la prueba). El siguiente paso es comprobar si se cumple la condición de homocedasticidad. Para ello, con ayuda de SPSS realizamos la comprobación empleando la prueba de Levene, y obtenemos la siguiente tabla aplicada a las 4 muestras independientes:

Tabla 22. *Prueba de homogeneidad de varianzas (4 muestras independientes). Postest.*

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
2,789	3	92	0,045

Al ser el nivel crítico 0,045 inferior a nuestro α , debemos rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas. Lo cierto es que no se cumple la prueba de Levene por muy poco, casi al límite de la aproximación de 0,045 a 0,05. Pero, siendo estrictos, debemos rechazar la hipótesis de distribuciones homocedásticas en las 4 muestras. Posteriormente aplicaremos ANOVA para las 4 muestras, si bien empleando un mecanismo de robustez adicional: aplicaremos la prueba de Games-Howell para varianzas desiguales. En los anexos se incluyen también otras pruebas robustas complementarias.

Tenemos 4 muestras independientes, y según se observa en la ilustración 11 (pág.164), con el histograma de la distribución de frecuencias con los datos del postest para el grupo experimental de Construcciones, parece ser que es precisamente en esta muestra donde está el problema. Vamos a comprobar si es esta muestra la que genera la falta de homocedasticidad global en las 4 muestras. Para ello, realizamos la prueba de Levene excluyendo dicha muestra. Tenemos para las 3 muestras restantes:

Tabla 23. *Prueba de homogeneidad de varianzas (3 muestras independientes). Postest.*

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
0,001	2	67	0,999

Efectivamente, las 3 muestras restantes (una vez excluida la muestra de datos del grupo experimental de Construcciones) presentan una evidente homocedasticidad entre sus distribuciones de frecuencias. No hay otras combinaciones posibles dado que es el único caso posible con 3 muestras homocedásticas según se deduce de la información ampliada incluida en el anexo 4. La prueba de Levene correspondiente ha sido clara en sus resultados. Este hecho lo hemos tenido que tener en cuenta en la aplicación de ANOVA y en la discusión posterior.

Desglosaremos a continuación en dos tablas los resultados: uno global para las 4 muestras, y otro para 3 muestras. Tanto en uno como en otro caso estamos dentro de las posibilidades de aplicación de ANOVA, si bien con diferencias en el análisis post hoc. En las siguientes tablas tenemos los resultados de la prueba ANOVA incluyendo los valores del estadístico F que se utiliza para el contraste, y el grado de significación asociado, que es el que compararemos con nuestro α . El estadístico F que emplea ANOVA es el coeficiente de dividir las medias cuadráticas, siendo éstas a su vez la suma de cuadrados entre los grados de libertad (gl en las tablas). A mayor F mayor aproximación entre medias en comparación. Tenemos:

Tabla 24. *Prueba ANOVA para 4 muestras independientes. Postest.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	52,115	3	17,372	5,549	0,002
Dentro de grupos	288,011	92	3,131		
Total	340,126	95			

Tabla 25. Prueba ANOVA para 3 muestras independientes, excluyendo de las 4 originales el grupo experimental de Construcciones.Postest.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	36,168	2	18,084	7,377	0,001
Dentro de grupos	164,251	67	2,452		
Total	200,419	69			

De los resultados anteriores, tanto si trabajamos globalmente con las 4 muestras no homocedásticas, o de forma restringida a las 3 muestras homocedásticas posibles, vemos que el grado de significación es 0,002 y 0,001, claramente inferior a nuestro $\alpha = 0,05$. Por tanto, rechazamos la hipótesis de igualdad de medias (H_0) y aceptamos la hipótesis alternativa de que existen diferencias en las medias (H_1). Puesto que resulta entonces que existen diferencias significativas entre los datos de postest de los grupos, en el siguiente apartado realizaremos la segunda fase de obtención de información con ANOVA, que aprovecharemos para la discusión correspondiente. En el caso de que no hubiera habido diferencias significativas, hubiéramos dado por terminado el análisis con la toma de información posible.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación comprenden información cuantitativa y cualitativa. Por el acento marcado por el objetivo principal y la variable dependiente, la información cuantitativa será preponderante para verificar, o falsar, la hipótesis “el tratamiento diferencial con ABP no genera diferencias significativas en el rendimiento académico de los alumnos, con respecto al MET”. La hipótesis alternativa “el tratamiento diferencial con ABP genera diferencias (positivas) significativas en el rendimiento académico de los alumnos, con respecto al MET” es la que formalmente afirmarí la pregunta inicial planteada al comienzo de la investigación: “¿Existen diferencias significativas en los aprendizajes en Ingeniería del Riego y Construcciones entre alumnos que han

participado en un programa de enseñanza basada en un ABP, y otros alumnos que han participado en un programa de aprendizaje siguiendo un MET en exclusiva?” Por otra parte, no obstante, la información cualitativa derivada del diario de clase de tipo descriptivo, nos ha sido muy útil para entender algunos aspectos relativos a la implantación y seguimiento del ABP no detectados en la evaluación con técnicas estadísticas. También ha sido de utilidad para identificar algunos factores de contexto.

En el aspecto cuantitativo, los resultados derivados del análisis estadístico comprenden:

- 1) Resultados de las distintas comprobaciones de normalidad, tanto en pretest como en postest. En total hay 8 comprobaciones de la prueba K-S para una muestra independiente.
- 2) Resultados de la prueba T de Student con los datos de pretest y postest. En el primer caso ha servido para comprobar la homogeneidad de muestras por materias, y en el segundo para determinar si existen diferencias significativas entre alumnos que han recibido ABP o MET en exclusiva, por materias. Se ha efectuado la prueba por cada par grupo experimental y de control, de Construcciones e Ingeniería del Riego independientemente. En total se dispone de los resultados de 4 pruebas T de Student.
- 3) Resultados de aplicar la prueba ANOVA a las 4 muestras de postest, no homocedásticas entre ellas, y sin discriminar por materias. Comprende los resultados de ANOVA de 1 factor y post hoc de la prueba Games-Howell. También se obtuvieron resultados de aplicar la prueba ANOVA a las 3 muestras de postest, homocedásticas entre ellas, y sin discriminar por materias. En este caso, los resultados comprendieron la prueba ANOVA de 1 factor y post hoc de la prueba Scheffe, aportando información sobre posibles subconjuntos homogéneos. Acompañan a los resultados de aplicar ANOVA una información extendida incluida en el anexo 4, incluyendo: la prueba de Levene para diversas combinaciones de muestras, el test de homogeneidad de muestras para 4 muestras independientes con datos de pretest, y diversas

pruebas post hoc con distintos estadísticos para 3 y 4 muestras independientes (pág.243).

- 4) Información complementaria procedente de las pruebas no paramétricas incluidas en los anexos. En concreto: prueba U de Mann-Whitney (pág.235), prueba Anova-H de Kruskal-Wallis (pág.239) y prueba χ^2 con datos dicotomizados (pág.241). Esta última prueba ha aportado una información relevante para el cumplimiento del primer objetivo específico.

A continuación procederemos a analizar los resultados cuantitativos, acompañando los comentarios con deducciones sobre la base de información contextual cualitativa, si ello resulta ilustrador de cada caso concreto analizado. Sobre estos resultados y la discusión, hay que comprender las limitaciones ya comentadas en sendos apartados (pág.91, pág.101). Por tanto, si obtenemos conclusiones verificables en base a los resultados obtenidos, el alcance y extrapolación de las mismas hay que entenderlas en el contexto del estudio. Ya no se volverá a incidir sobre esta cuestión, si bien debe estar siempre presente.

Comenzaremos con el análisis de las muestras independientemente. Con respecto a los resultados de los estadísticos descriptivos y prueba K-S para estudio de normalidad de los datos, podemos extraer algunos indicios previos a las pruebas de contraste T de Student y ANOVA. Distinguimos los datos de pretest y los de postest. Nos basaremos en los datos de las tablas 26 y 27 adjuntas.

Tabla 26. *Resumen de los descriptivos de las muestras independientes.*

Grupo	N	Media aritmética		Desviación poblacional		
		Ambos grupos	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Construcciones GE	26		4,1077	6,3000	1,37548	2,22495
Construcciones GC	26		3,8192	4,7077	1,16585	1,52838
Ingeniería del Riego GE	22		3,7682	6,4091	1,20293	1,61154
Ingeniería del Riego GC	22		3,5545	5,1545	1,06267	1,56319

En los datos de pretest la normalidad es más acusada. Existen menos diferencias en los datos entre los grupos correspondientes experimentales y de control, sin distinción por materias. En cierto modo, sin llegar a ser una tabla rasa dado que los alumnos ya recibieron aproximadamente 6 semanas de MET común, se observa que las muestras tienen una composición de datos bastante homogénea.

Tabla 27. *Resumen de la prueba K-S para muestras independientes.*

Grupo	Estadístico de prueba		Nivel de Significación	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Construcciones GE	0,128	0,200	0,169	0,054
Construcciones GC	0,087	0,200	0,153	0,122
Ingeniería del Riego GE	0,167	0,111	0,141	0,200
Ingeniería del Riego GC	0,072	0,200	0,134	0,200

Por otra parte, si bien es cierto que las medias poblacionales aumentan en el postest tras el periodo adicional de tratamiento didáctico, es evidente, según se desprende de la tabla 26, que la dispersión en los resultados de rendimiento académico aumentan. Y son precisamente los grupos experimentales los que tienen mayores dispersiones, en particular, el de Construcciones. De esto se deduce, al nivel elemental de estudio de normalidad de muestras, que el ABP no lo reciben la generalidad de los alumnos con igual éxito. La razón puede ser que el ABP requiere un esfuerzo adicional en las clases, y no todo el alumnado tiene la misma predisposición o nivel de competencias desarrolladas ya para ello. El MET es más fácil de seguir en las clases, en lo que a esfuerzo personal se refiere: el alumno se limita en este caso a escuchar las lecciones correspondientes y a tomar notas, si es el caso. Fruto de lo anterior, en los postest, aunque favorable al ABP por los resultados globales de rendimiento académico, hay mayor disparidad en los resultados: unos alumnos “encajan” bien la metodología didáctica participativa del ABP, y otros no tanto. En investigaciones futuras habrá que ver en qué forma se puede paliar este problema de adaptación de ciertos alumnos. No es sólo el rendimiento académico lo que buscamos mejorar: ciertas competencias, como el

trabajo en equipo y actitud crítica forma parte del elenco de competencias a adquirir y/o mejorar con la metodología didáctica activa en cuestión (pág.67).

Se podría decir, inclusive, que Ingeniería del Riego es más proclive a subir la nota media con menor dispersión que Construcciones para el ABP. Pero de la información registrada en el diario de clase, sabemos que es precisamente Ingeniería del Riego la que ha dado más problemas estos últimos años en la implantación del ABP. Quizás el cuidado especial que se ha tenido –sin que por ello no se haya tenido en Construcciones-, a raíz de problemas en cursos pasados, haya permitido que la materia Ingeniería del Riego reciba con éxito un ABP. Lo cierto es que los datos hay que entenderlos en conjunto, como mejora a priori (a falta de los contrastes posteriores), del ABP en base a los datos que se adjuntan, sin distinguir por materias dado que no se corresponde en el detalle a la realidad experimentada en clase: no existe diferencia en el éxito del ABP entre Construcciones e Ingeniería del Riego. También hay que decir que Construcciones, en el postest, tiene una dificultad acrecentada para los alumnos, con respecto a Ingeniería del Riego. Dado que la última parte de Ingeniería del Riego se dedica a aplicaciones, parece ser que es más accesible a los alumnos la asimilación de estos conocimientos. Por el contrario, Construcciones recibe algunos temas más complejos incluidos en el bloque III de Cálculo de Estructuras y Cimentaciones (pág.119).

Entrando en algunos detalles de la prueba K-S, podemos ver que hay una cierta desestructuración de las muestras de Construcción en el postest, con respecto a los datos correspondientes de pretest. Observando los resultados y distribuciones, se refuerza la idea de que en Construcciones hay alumnos que alcanzan un mayor éxito en el ABP, pero a costa, en parte, de que los resultados de rendimiento académico en algunos alumnos sean bajos, quedan en cierto modo “descolgados” del resto. No en vano, casi el 27% de los alumnos del grupo experimental y casi el 50% de los alumnos del grupo de control suspenden la prueba postest. Sin entrar en consideración sobre la adecuación y control previo de composición de las pruebas (ya comentado en el apartado correspondiente, pág. 142) no debe preocuparnos en exceso este dato. Está dentro de lo considerado

normal, en contexto. De hecho, al final del curso el porcentaje de aprobados fue para el conjunto de alumnos superior a la media de la titulación, incluyendo ABP y MET, superando el 67,9% que es la última tasa de éxito conocida de la titulación (Universidad de Huelva, 2016). Del diario de clase tampoco se deduce ningún elemento perturbador para Construcciones. Sin embargo, las aparentes bondades en comparación de los datos de postest de Ingeniería del Riego, llevan el error de forma sutil: los 4 alumnos que se eliminaron en el filtrado de datos (pág.156), dado el reducido tamaño de las muestras, cambiaron la balanza a favor de esta materia. Si se hubieran finalmente incluido -con notas igual a 0 dado que abandonaron la asignatura sin efectuar el postest correspondiente,-hubieran alterado en forma apreciable las muestras. Por ello concluimos, analizando las muestras y con base en los descriptivos asociados, que existe una mejora diferencial a favor del ABP, pero no se puede decir que Construcciones o Ingeniería del Riego resulten materias más o menos apropiadas a su recepción. Ambas materias tienen un éxito diferencial en el rendimiento académico al recibir ABP con respecto al MET en exclusiva.

Por otra parte, sí es cierto que la muestra del grupo experimental de Construcciones nos ha dado algún que otro problema en el análisis estadístico. En primer lugar, se ha cumplido la normalidad en el postest de forma muy ajustada, como ya se comentó (pág.158) De los valores de desviación poblacional, se deduce que es la muestra que más acusa dispersión de datos. Si observamos la tabla 4, vemos que hay 3 calificaciones muy bajas, igual o inferior a 3, y una nota muy alta de 9. Este hecho no se presenta en Ingeniería del Riego. Diversos factores, aleatorios incluidos, entendemos que han generado esta diferencia en las calificaciones. Pero bien podría haber sido a la inversa, como hemos indicado, con tal de incluir los datos de alumnos que han abandonado la asignatura. No obstante, y como se dedujo en el Estudio Piloto (Rodríguez, 2014), no es interesante tener en consideración para la evaluación los datos de alumnos que abandonan una asignatura, por las distorsiones que genera.

Con respecto a la prueba T de Student, efectuada en total 4 veces, nos ha permitido analizar por materias los datos de muestras independientes de cada

grupo experimental con su correspondiente grupo de control no equivalente. Hemos distinguido y repetido la prueba para el pretest y el posttest, no siendo necesario para el objetivo principal de la investigación un análisis de muestras relacionadas, dado que no se discute si un tratamiento didáctico produce, o no efecto: es obvio que lo produce. De los datos de pretest, la prueba nos ha asegurado que las muestras son comparables, antes del tratamiento diferencial. Y con los datos del posttest, una vez aplicado el tratamiento diferencial (ABP), la prueba nos ha permitido verificar las diferencias en el rendimiento académico según el tratamiento didáctico aportado. A diferencia del análisis de normalidad y de los descriptivos para muestras independientes, la prueba T de Student regla el proceso de comparación de medias, estableciéndose si las diferencias son o no significativas con fundamento en el estadístico T propio del contraste en cuestión. Con esta prueba nos limitamos a analizar las materias por separado: no permite una comparación inter-materias directa. Un punto débil de la prueba, de índole técnico-estadístico, es la sensibilidad que presenta frente a datos extremos, dado que utiliza las medias como valor de comparación. En la validación estadística, la prueba T de Student efectúa una distinción en función de si las muestras son, o no, homocedásticas en sus distribuciones. Por ello, consideramos necesario antes de exponer los resultados de la prueba T de Student, exponer los de la prueba de Levene para la homocedasticidad de muestras. Esta prueba se realiza en el contexto de la T de Student por pares de grupos experimental y de control, atendiendo a la materia, y tanto en pretest como en posttest. Tenemos en la siguiente tabla el resumen de los resultados de la prueba de Levene:

Tabla 28. *Resumen de los resultados de la prueba de Levene por materias.*

Levene	Pretest		Posttest	
	Construcciones	Ingeniería del riego	Construcciones	Ingeniería del riego
Estadístico F	1,641	0,401	5,434	0,001
Significación	0,206	0,530	0,024	0,980

De la tabla anterior se deduce que existe homocedasticidad entre las distribuciones de las muestras de pretest, para ambas materias, y en el posttest para

Ingeniería del Riego. No existe, por tanto, homocedasticidad en las distribuciones de los grupos experimental y de control del postest de Construcciones. Este hecho debe ser tenido en cuenta a la hora de seleccionar el estadístico T correspondiente, y el nivel de significación asociado; dado que SPSS nos hará una pequeña corrección en función de ello. En la tabla siguiente se recogen los resultados de la prueba T de Student, con los estadísticos y niveles de significación por pares de grupos, atendiendo a la prueba de Levene previa. Tenemos:

Tabla 29. *Resumen de los resultados de la prueba de T de Student.*

T de Student	Pretest		Postest	
	Construcciones	Ingeniería del riego	Construcciones	Ingeniería del riego
Estadístico T	0,816	0,624	3,008	2,621
Significación	0,419	0,536	0,004	0,012

De los resultados de la prueba T de Student se desprende que las muestras de los datos de grupos del pretest son comparables, al efecto de implementar debidamente el modelo con diseño cuasiexperimental elegido (pág.94). De esta forma, podemos defender con más rigor las diferencias que se muestran, a la vista de los resultados, a favor de la implantación del ABP. Efectivamente, podemos comprobar que, para los datos de postest y por materias, existen diferencias significativas favorables en el rendimiento académico de los estudiantes que han seguido un ABP. Además, las diferencias son con un grado de significación apreciable, dado que nuestro $\alpha = 0,05$ es mucho mayor que 0,004 en el caso de Construcciones, y algo menos 0,012 en Ingeniería del Riego. De ello se deduce que es preferible el ABP al MET en exclusiva, en ambas materias evaluadas. También se podría deducir que en Ingeniería del Riego la preferencia es algo menos clara, pero lo cierto es que las medias entre los grupos experimental y de control de esta materia se encuentran algo más atenuadas, con respecto a Construcciones. Por tanto, también deducimos que no existen diferencias significativas entre Construcciones e Ingeniería del Riego con respecto al rendimiento académico una vez recibido el ABP: las diferencias no son concluyentes. Sí lo son con respecto a los correspondientes datos de rendimiento

académico de alumnos que han recibido un MET, en lugar de ABP, para ambas materias.

Por el contrario, de los descriptivos de las muestras asociadas se comprueba que la nota media del posttest es algo mayor en Ingeniería del Riego con respecto a Construcciones. Y por otra parte, del diario de clase sabemos que en Ingeniería del Riego la implantación del ABP ha sido más dificultosa. Existe en este punto una disparidad que vamos a resolver a continuación. Los casos prácticos, a diferencia de Construcciones, en Ingeniería del Riego tienen una necesaria variabilidad según el avance de temario que se tenga: los primeros casos se han referido, por necesidad de temario, a sistemas de tuberías y otras cuestiones de hidráulica, y los últimos casos a riegos aplicados, de goteo, aspersión o lámina libre, que han supuesto soluciones más abiertas, dispares si se quiere, entre un subgrupo de trabajo en sesión ABP y otro. Por ello, en las pruebas objetivas evaluables, los ejercicios prácticos no se han podido centrar completamente en casos con soluciones demasiados abiertas. Y esta circunstancia, mal que bien, quizás ha sido la que ha generado menos diferencias en los resultados del rendimiento académico en el grupo que ha seguido un ABP y el que ha seguido un MET en exclusiva. Afortunadamente para la buena marcha de la asignatura, el beneficio ha sido acusado también en alumnos que han recibido un MET. Pero ya sabemos que los beneficios no se circunscriben a un rendimiento académico, sino también al desarrollo de competencias, aunque eso sí, de más difícil evaluación (pág.67). La debilidad de la prueba, como comentamos anteriormente, es que la media es muy sensible a los valores extremos de los datos muestrales, por arriba o por abajo. Este problema no se presenta en algunas técnicas robustas que toman a la mediana como referencia para la validación.

Una vez testadas las materias, independientemente entre éstas mediante la prueba T de Student, se procedió a sondear la posibilidad de efectuar la prueba ANOVA con garantías de utilización. En primer lugar, se hizo un recuento de las exigencias propias del método, donde aparecen 3 condiciones, 1 sine qua non (si no se cumple, no hay opciones de utilizar ANOVA), y 2 condiciones más, con diferentes opciones, algunas parcialmente salvables. La condición sine qua non del

método es que las muestras deben ser independientes todas ellas, en número mínimo de 3 y con un número de datos superior a 20 en cada una de ellas. Esta condición se cumple estrictamente dado que los datos de postest para los grupos experimentales y de control proceden todos ellos de muestras distintas, con $n > 20$. En total disponemos de 4 muestras independientes.

La siguiente condición, teóricamente necesaria pero en la práctica se permite cierta flexibilidad siempre que exista simetría en las muestras, es la condición de normalidad de cada muestra participante en la prueba. También se ha cumplido estrictamente en nuestro caso, si bien con los detalles apuntados anteriormente. Y por último, la condición no insalvable de homocedasticidad de las muestras. Esta condición es difícil de cumplir no solo en el ámbito del caso, sino en más ámbitos y casos distintos. De hecho consideramos no muy frecuente en grupos de datos reducidos (inferior a 50), en donde haya más de 3 muestras, se dé un cumplimiento estricto de la normalidad de cada muestra independiente, que las funciones de densidad presenten agrupación y dispersión de datos similar; y resulte además que existen diferencias significativas entre las medias de las muestras. No decimos que no se presenten estos casos, sino que la realidad socioeducativa es más proclive, sobre todo en grupos de alumnos reducidos, que ante tratamientos didácticos distintos los resultados difieran. Y esas diferencias pueden afectar no solo en sus medias, sino en la dispersión de los datos. Y esto es precisamente lo que ha ocurrido en nuestro caso, si bien hay una muestra en particular que es la que no ha cumplido la condición de homocedasticidad con respecto al resto: el grupo experimental de Construcciones. Algunos datos extremos en esta muestra han generado el problema. Los resultados se han desdoblado para la prueba ANOVA en el análisis con comparaciones múltiples post hoc, dado que si bien se permite que no haya una estricta homocedasticidad, esto requiere de una prueba más robusta que para el caso en el que se presente una homocedasticidad en todas las muestras.

A continuación se exponen los resultados sintetizados de aplicar la prueba ANOVA, tanto en el estudio de homogeneidad de muestras con datos de pretest

(incluido en el anexo 4, pág.243), como el principal análisis efectuado con datos de postest (pág.180). Tenemos:

Tabla 30. *Resumen de los resultados de la prueba de ANOVA. Pretest y postest.*

ANOVA	Pretest	Postest
	Sin distinción por materias	Sin distinción por materias
Estadístico F	0,851	5,549
Significación	0,469	0,002

De la tabla anterior deducimos que en las muestras a nivel de pretest no existen diferencias significativas, esto es, que son comparables todas ellas. Pero de los resultados de ANOVA sobre los datos de las 4 muestras de postest se comprueba que, efectivamente, hay diferencias significativas claras ($0,002 < 0,05$). Saber entre qué muestras hay diferencias exige un análisis post hoc. Pero antes hay que comprobar la homocedasticidad, para ver que estadísticos podemos emplear en dicho análisis post hoc. Y tras la prueba de Levene (págs.182 y 183) se comprobó que no son las 4 muestras homocedásticas, dado que el grupo experimental de Construcciones se aleja en su distribución del resto de muestras. Por ello, acompañamos los resultados de la prueba ANOVA para las 3 muestras homocedásticas y las 4 no homocedásticas, Tenemos:

Tabla 31. *Resumen de los resultados de la prueba de ANOVA. Muestras homocedásticas y no homocedásticas.*

ANOVA	Postest	Postest
	Muestras homocedásticas (x3)	Muestras no homocedásticas (x4)
Estadístico F	7,377	5,549
Significación	0,001	0,002

Se observa que también existen diferencias significativas entre las 3 muestras homocedásticas. Por tanto, a nivel de pretest, el análisis con ANOVA finaliza en el momento en que ya sabemos que no existen diferencias significativas entre las muestras, tal como hemos podido comprobar. Pero a nivel de postest se

nos abren unas posibilidades interesantes de toma de información adicional. Con la ayuda de la herramienta estadística SPSS, se han realizado comparaciones múltiples post hoc, de 2 a 2 entre distintos niveles de la variable independiente (o factor). Pero hemos distinguido dos casos: uno para las 4 muestras no homocedásticas, y otro para las 3 muestras homocedásticas posibles. En el caso de las 4 muestras no homocedásticas se ha empleado la prueba de Games-Howell, dado que es más robusta que la prueba de Scheffé que emplearemos para las 3 muestras homocedásticas. Estas pruebas, dentro de las posibles que permite SPSS para análisis post hoc, atienden, en el primer caso al lado de la seguridad, y en el segundo a una opción posible en el ámbito educativo para un caso general (Rodríguez Santero, 2017). Otras opciones también son posibles, habiéndose incluido en el anexo 4 (pág.243) una selección de pruebas para muestras homocedásticas, y las pruebas más robustas, para muestras no homocedásticas, obteniéndose resultados, en general y salvando los detalles de cada prueba, compatibles con las deducciones que finalmente estableceremos. En el manual de SPSS (IBM, 2013) se pueden consultar algunos detalles sobre las citadas pruebas. Para las pruebas Games-Howell y Scheffé tenemos:

Tabla 32. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. Games-Howell.Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo Experimental CA	Grupo de Control CA	1,59231*	,52938	,022	,1792	3,0054
	Grupo Experimental IR	-,10909	,55538	,997	-1,5907	1,3725
	Grupo de Control IR	1,14545	,54906	,173	-,3198	2,6107
Grupo de Control CA	Grupo Experimental CA	-1,59231*	,52938	,022	-3,0054	-,1792
	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45595	,003	-2,9190	-,4838
	Grupo de Control IR	-,44685	,44823	,752	-1,6433	,7496
Grupo Experimental IR	Grupo Experimental CA	,10909	,55538	,997	-1,3725	1,5907
	Grupo de Control CA	1,70140*	,45595	,003	,4838	2,9190
	Grupo de Control IR	1,25455	,47866	,057	-,0259	2,5350
Grupo de Control IR	Grupo Experimental CA	-1,14545	,54906	,173	-2,6107	,3198
	Grupo de Control CA	,44685	,44823	,752	-,7496	1,6433
	Grupo Experimental IR	-1,25455	,47866	,057	-2,5350	,0259

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 33. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes homocedásticas. Scheffe. Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de Control CA	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45356	,002	-2,8369	-,5659
	Grupo de Control IR	-,44685	,45356	,618	-1,5824	,6886
Grupo Experimental IR	Grupo de Control CA	1,70140*	,45356	,002	,5659	2,8369
	Grupo de Control IR	1,25455*	,47209	,035	,0727	2,4364
Grupo de Control IR	Grupo de Control CA	,44685	,45356	,618	-,6886	1,5824
	Grupo Experimental IR	-1,25455*	,47209	,035	-2,4364	-,0727

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De las tablas anteriores se deduce información interesante, que comentaremos. Para interpretar las tablas, tenemos que fijarnos en el nivel de significación, o nivel crítico según autores. En concreto, si es menor que nuestro α (0,05) quiere decir que existen diferencias significativas entre los grupos por pares que componen el nivel I y el nivel J en la tabla. Una vez que sabemos que existen diferencias significativas entre ciertos pares, con SPSS podemos obtener una información adicional vinculada a la prueba: la formación de subconjuntos homogéneos para el nivel de significación α del estudio (0,05). Pero la formación de subconjuntos homogéneos solo lo podemos comprobar en muestras homocedásticas. En la tabla siguiente podemos ver los 2 subgrupos homogéneos formados a partir de la prueba de Scheffe para las 3 muestras homocedásticas:

Tabla 34. ANOVA. Subgrupos homogéneos. Scheffe. Postest.

Prueba: Scheffe ^{a,b} . Grupos:	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Grupo de Control CA	26	4,7077	
Grupo de Control IR	22	5,1545	
Grupo Experimental IR	22		6,4091
Sig.		0,626	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 23,189.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

De la tabla adjunta podemos deducir que los grupos de control, tanto de Construcciones como de Ingeniería del Riego, presentan una clara relación de homogeneidad de medias, conforme a la prueba y al nivel de significación obtenido ($0,626 > 0,05$). Y a su vez, el grupo experimental de Ingeniería del Riego, que es el que ha recibido el tratamiento diferencial, se distancia de los anteriores con una media claramente superior. No aparece el grupo experimental de Construcciones debido a que no presenta homocedasticidad, no siendo posible su inclusión conforme a la prueba post hoc de Scheffe.

Por otra parte, en la prueba más robusta de Games-Howell podemos ver que entre el grupo experimental y de control de Ingeniería del Riego no aparecen diferencias significativas (por muy poco, dado que $0,057 > 0,05$). Este es un claro ejemplo de distorsión en los resultados estadísticos por interferencia de una muestra algo alejada del resto: el grupo experimental de Construcciones. Tanto en la prueba T de Student para Ingeniería del Riego, como en la prueba post hoc de Scheffe, en donde hemos excluido la muestra no homocedástica, las diferencias significativas entre los grupos experimental y de control de Ingeniería del Riego son evidentes: $0,012 < 0,05$ y $0,035 < 0,05$ respectivamente. Por ello, no debe preocuparnos este hecho; quizás la propia robustez que implica Games-Howell unida a la dispersión de datos de la muestra del grupo experimental de Construcciones haya generado el problema. Y sin embargo, no han sido las muestras de Ingeniería del Riego las que han propiciado, precisamente, el empleo de esta prueba algo más robusta que Scheffe. En las pruebas HDS Tukey, DMS, Bonferroni, Sidak y Gabriel, incluidas en el anexo 4, en todas ellas se deducen diferencias significativas entre el grupo experimental y de control de Ingeniería del Riego. Hay que entender que las medias son muy sensibles frente a valores atípicos, a diferencia de la mediana, que presenta en comparación robustez. En este sentido, los resultados con la prueba de la mediana sobre Ingeniería del Riego (Rodríguez y Fernández-Batanero, 2017a) también fueron favorables al ABP.

De las pruebas no paramétricas, la más interesante para nuestro análisis es sin duda la prueba χ^2 . Esta prueba, con datos que han integrado a las dos materias en evaluación, da por válido al ABP frente al MET, como método eficaz. Además,

según se desprende de los resultados de las medias de los aprobados (tabla 35), el ABP se presenta como una metodología didáctica más eficiente. La prueba χ^2 ha trabajado con datos dicotomizados en “APTO” y “NO APTO”. La escala es nominal, y no se ha distinguido por materias. Esta otra forma de tratar los datos de postest nos puede aportar una nueva visión sobre la evaluación del ABP: en un contexto de enseñanza en Ingeniería, el haber aprobado o no aprobado, más que la calificación exacta final obtenida, es la prioridad del alumno cuando cursa una determinada asignatura. Por ejemplo, obtener un 2,5 o un 4,0 no es concluyente, mientras que obtener un 4,5 o un 5 sí lo es, al haber superado la asignatura en el segundo caso; y sin embargo, la diferencia en la calificación es del 46% en el primer caso, y del 10% en el segundo -con la obtención en este caso, si aplicamos pruebas con referencia en las medias, de resultados inconexos con la realidad académica, sino directamente absurdos-. Las pruebas estadísticas paramétricas habituales resultan incompetentes para detectar este grave problema de validación: la dicotomización se hace, por tanto, necesaria, especialmente cuando nos encontremos con un número elevado de suspensos en los datos de las pruebas ya que pueden aparecer diferencias significativas según dos tratamientos, pero ser en ambos casos irrelevantes para mejorar el rendimiento académico efectivo.

Tabla 35. Resultados del análisis comparado de la nota media. Curso 2015-16.

Construcciones		Ingeniería del riego		Construcciones		Ingeniería del riego	
Nota media global				Nota media de los aprobados			
GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
4,7	6,3	5,2	6,4	5,8	7,4	6,2	7,0

En cuanto a aprobar o no, es la primera y más básica prioridad del alumno en Ingeniería, por lo que la mayor nota sólo tiene sentido, obviamente, cuando se asegura la superación de la asignatura. De poco nos sirve que el ABP resulte positivo con respecto al MET, si resultara que las medias de los rendimientos académicos de ambos tratamientos no llegaran al aprobado (5,0). Podemos comprobar, previa a la presentación de resultados de la prueba χ^2 con datos agregados sin discriminar por materias, que el ABP es no solo eficaz, sino eficiente conforme a la precisión que hemos dado a estos términos con

anterioridad (pág.103). Y esto se produce por igual en ambas materias, no apareciendo grandes diferencias entre estas. A continuación se exponen unos gráficos sintéticos, en relación al asunto que estamos tratando, para cada materia por separado. Tenemos para Construcciones e Ingeniería del Riego:

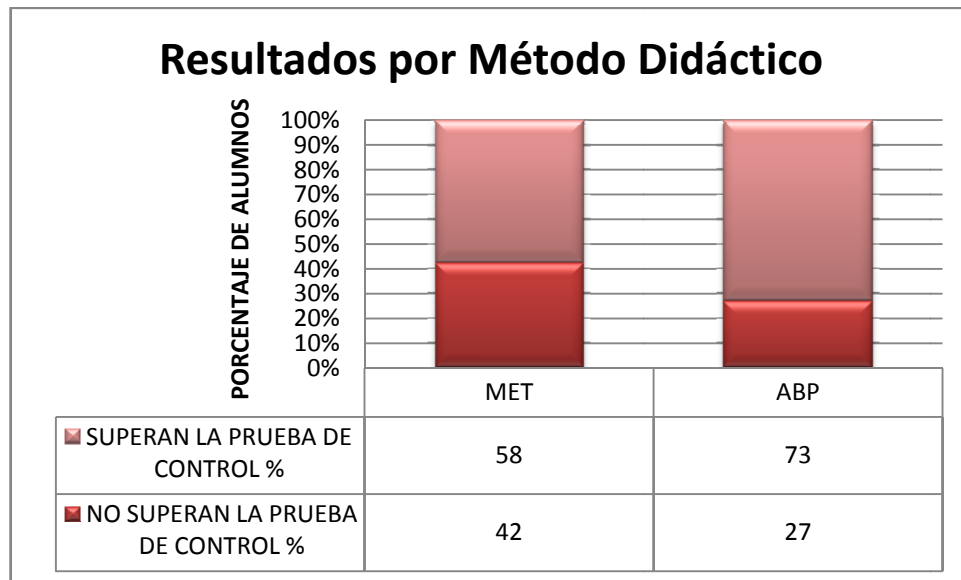


Ilustración 19. Resultados por método didáctico: análisis comparado. Construcciones, curso 2015-16.

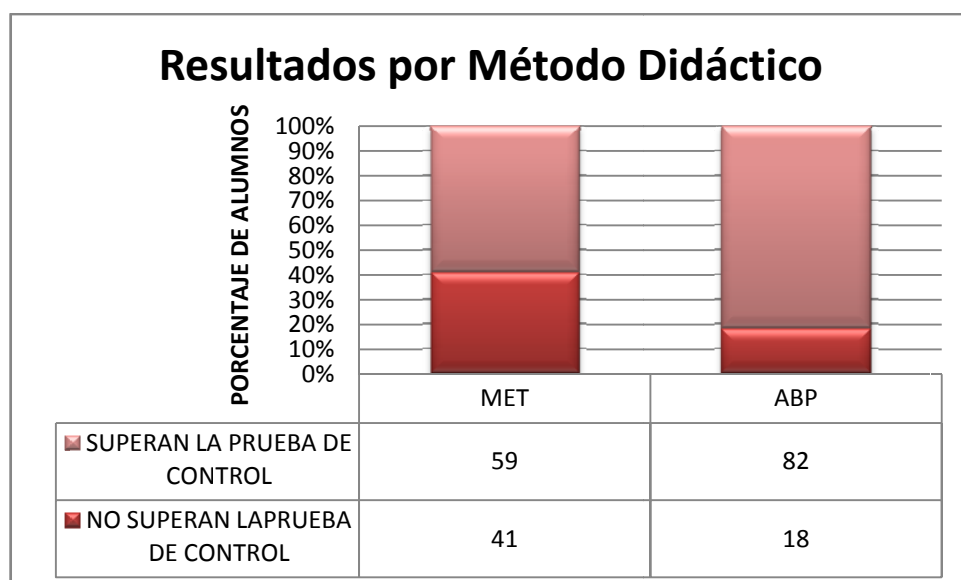


Ilustración 20. Resultados por método didáctico: análisis comparado. Ingeniería del Riego, curso 2015-16.

En los siguientes gráficos podemos ver de otra forma los resultados de rendimiento académico expuestos, conforme a la cuestión que nos ocupa. Distinguiendo por métodos didácticos para Construcciones, tenemos:



Ilustración 21. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control. Tratamiento recibido: MET. Construcciones, curso 2015-16.

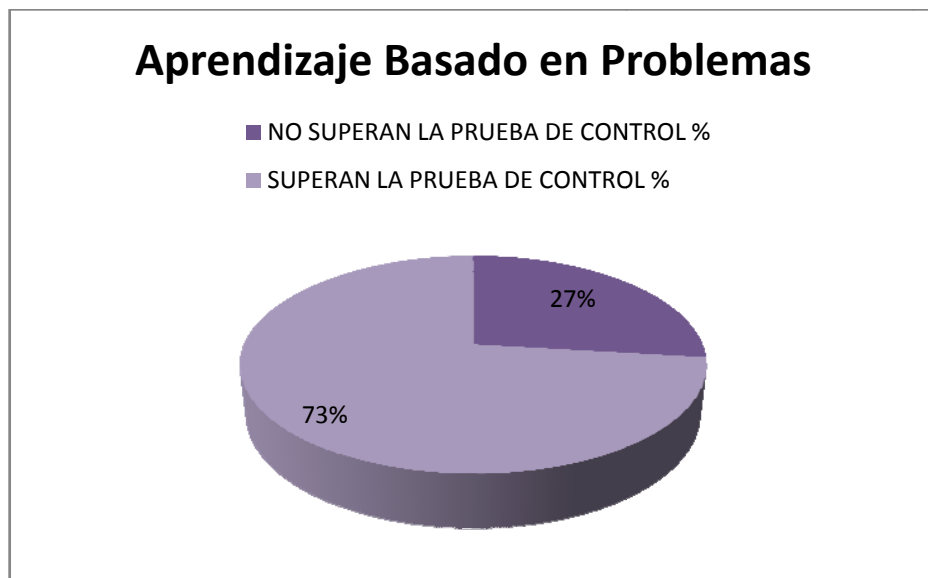


Ilustración 22. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control. Tratamiento recibido: ABP. Construcciones, curso 2015-16.

Para Ingeniería del Riego, de forma análoga a Construcciones, tenemos:



Ilustración 23. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control. Tratamiento recibido: MET. Ingeniería del Riego, curso 2015-16.

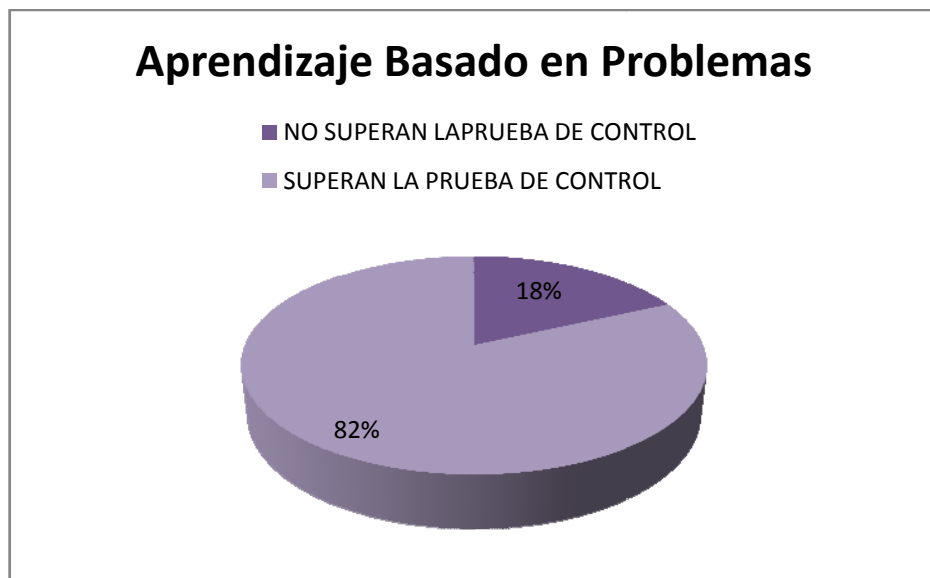


Ilustración 24. Porcentaje de alumnos que han superado, o no, la prueba de control. Tratamiento recibido: ABP. Ingeniería del Riego, curso 2015-16.

Las diferencias según el tratamiento didáctico recibido son evidentes. El superar o no la prueba, establece una diferencia clave que el mero rendimiento

académico nos puede ocultar. Y en este sentido el ABP es exitoso en todos los grupos, tal como podemos ver. Analizando ahora los resultados del anexo 3 (pág.241), con datos agregados sin distinción por materias, que formalmente con el estadístico utilizado (χ^2 de Pearson), el nivel de significación es 0,049, inferior a nuestro α . La diferencia es muy poca, pero hay que entender la importancia de cumplir, aunque por poco, la prueba: el ABP genera diferencias significativas en el número de aprobados, en sentido positivo, con respecto al MET.

Por otra parte, la prueba χ^2 establece unas condiciones fuertes para que se den diferencias significativas, casi al modo de exigencia de la prueba de la mediana. No en vano la prueba de la mediana es un caso especial de la prueba χ^2 , perteneciendo a la misma familia de técnicas estadísticas. Para ilustrar los resultados globales con dicotomización en “APTO” y “NO APTO” se adjuntan los diagramas siguientes:

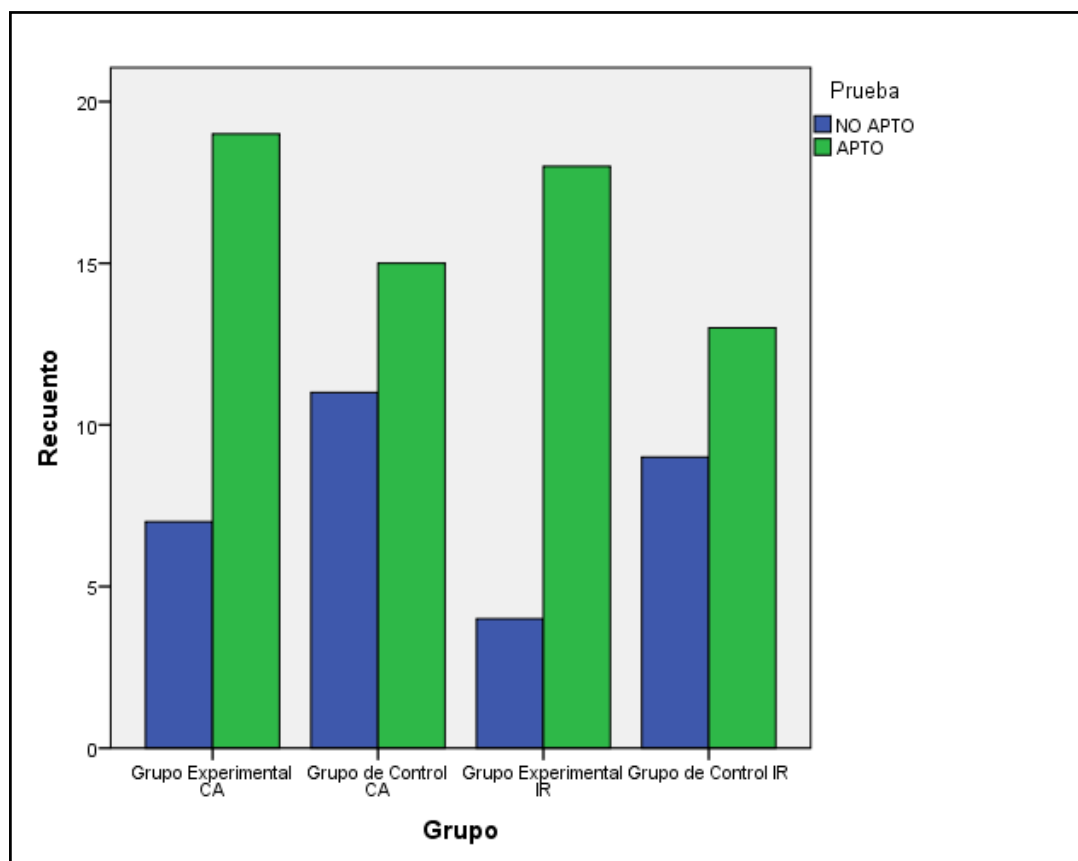


Ilustración 25. Resultados por método didáctico y materia. Curso 2015-16.

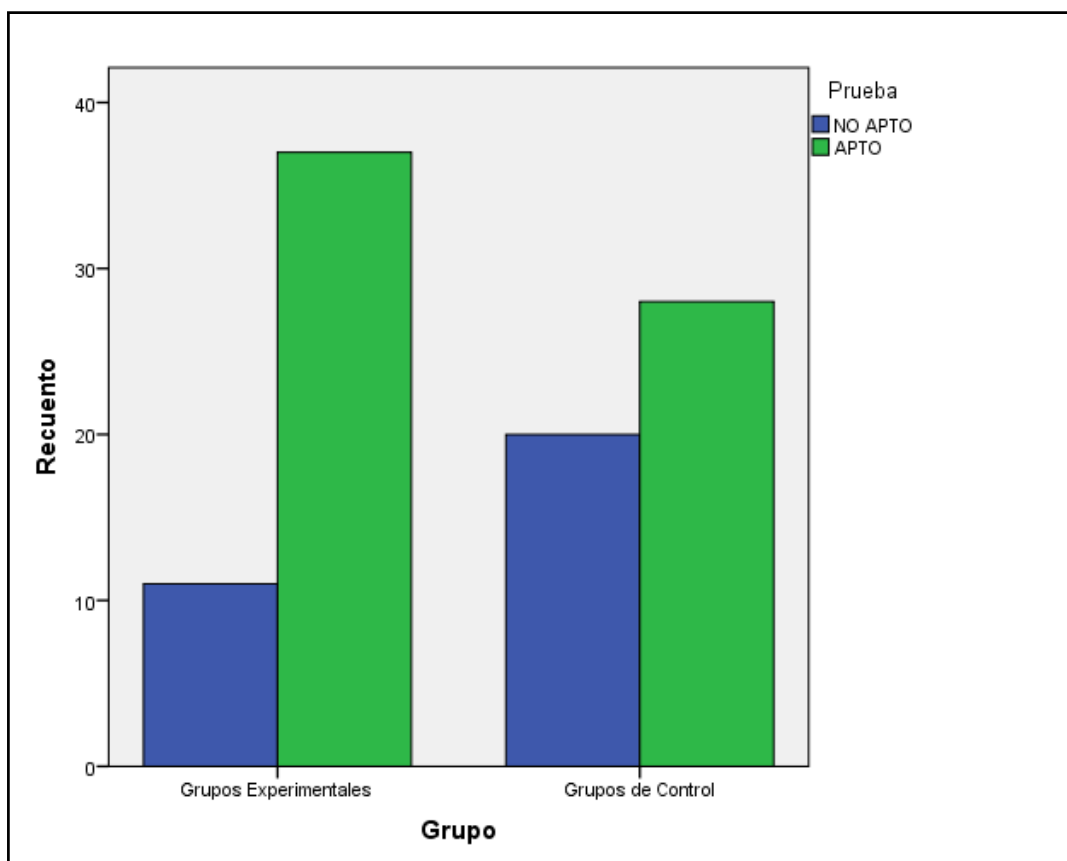


Ilustración 26. Resultados por método didáctico agregados. Curso 2015-16.

En resumidas cuentas, un elemento relevante que hace preferible el ABP frente al MET en la enseñanza de la Ingeniería es el mayor porcentaje de aprobados en primer lugar, y la mayor nota media asociada. Como dijimos anteriormente, el alumno medio de Ingeniería lo que busca en primer lugar al cursar una asignatura es aprobarla. Además del aprobado, una mayor nota en la asignatura cursada es también buscado. Precisamente en los criterios de selección y requisitos para algunas becas de distintos organismos, dan más o menos peso a la nota media, o inclusive establecen un mínimo indispensable de nota media del aspirante. Por tanto, en la actualidad la mayor nota media juega también un importante papel, además de la superación de las materias. En este sentido, en un futuro ambiente profesional competitivo, el ABP se presenta como una metodología didáctica exitosa, a la raíz de los resultados que se presentan.

Para finalizar el análisis de resultados y discusión, podemos concluir que tras la realización del experimento se puede comprobar que el ABP ha sido un método didáctico exitoso para Construcciones e Ingeniería del Riego. Hay diferencias significativas entre el rendimiento académico de los alumnos que lo han recibido, con respecto a los que han recibido un MET.

Con respecto al diario de clase, de la información contextual registrada se ha detectado que algunos alumnos tienen claramente problemas de relación social con sus compañeros, aunque no es el caso general. En espera de investigaciones cualitativas futuras en este sentido, se podría decir que el ABP les ha ayudado a contactar con sus compañeros, dado que a veces la dificultad une. La flexibilidad de los subgrupos que requiere el ABP, una vez resuelto el caso en estudio que requerirá habitualmente de varias sesiones, para el siguiente caso en estudio los subgrupos mudarán de componentes. Esto facilita la apertura de ciertos corpúsculos socioculturales, que se pueden observar en alumnos atendiendo a una unión en razón de su procedencia, o más peligrosamente para el experimento, por diferentes grados de pericia. Los alumnos aventajados no deben formar grupos cerrados, por lo que es importante estar atento en la dirección de las clases, y proceder a deshacer los subgrupos para rehacerlos con componentes nuevos, en sesiones subsiguientes con casos distintos. En este sentido, los alumnos suelen adoptar una postura conservadora, dificultando el cambio en los subgrupos y rechazando cualquier elemento que “rompa” la aparente tranquilidad de las clases. En este sentido, el profesor, además de tutor, se convierte en un training manager que rompe la parsimonia que no facilita en nada el aprendizaje en ABP: no debe sucumbir el tutor a la desgana e inercia típica que a veces se produce en las clases.

Concluyendo el hilo anterior, se puede decir que el ABP necesita, además de planificación, disposición por los alumnos a asumirlo. De lo contrario, no es de esperar que hubiera habido éxito alguno, tal como sea producido en las materias evaluadas. Por otra parte, y contrariamente a lo que pudiera parecer, los alumnos en general han expuesto curiosidad por la metodología ABP. Inclusive, algunos han buscado información en internet, y una vez superadas las primeras dificultades, ha habido una asistencia casi masiva a las clases tanto de

Construcciones como de Ingeniería del Riego. El comportamiento, salvo momentos concretos, ha sido ejemplar.

Y en cuanto al cumplimiento de las metas establecidas, el ABP ha permitido mejorar la eficiencia en el proceso enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Construcción e Ingeniería del Riego. También se ha reducido el porcentaje de suspensos asociados a las asignaturas donde se implantó el ABP. La reducción en el abandono de los estudios de Ingeniería por falta de motivación del alumnado, problema grave y que afecta, en la media, al 37,4 % (Universidad de Huelva, 2016), solo se podrá abordar con un trabajo más amplio, que afecte a más asignaturas. No obstante, por nuestra parte, hemos aportado una propuesta válida y reproducible, cumpliendo así otra de nuestras metas. Con todo ello, es de esperar que se mejore la calidad de la enseñanza en las asignaturas de Construcción e Ingeniería del Riego, acercando los conocimientos adquiridos a la práctica profesional real futura mejorando las competencias profesionales de los alumnos.

En conclusión, y atendiendo al objetivo principal, los resultados son favorables al ABP. Al existir una diferencia significativa entre los resultados académicos de los alumnos que han recibido ABP y MET quiere decir que hay evidencias estadísticas de que existe una diferencia entre ambos rendimientos académicos. Esto no quiere decir que exista una diferencia enorme. Pero el objetivo de mejora del rendimiento académico se cumple (mejor) con el ABP; esto es, el método didáctico alternativo es más eficaz que el tradicional, y posiblemente, más eficiente (pág.103). Los resultados en las pruebas efectuadas, tanto paramétricas como no paramétricas, son favorables a la implantación del ABP, si bien con matices y pequeñas diferencias por materias. Formalmente desde el punto de vista lógico-estadístico, se rechaza la hipótesis nula (H_0): “el tratamiento diferencial con ABP no genera diferencias significativas en el rendimiento académico de los alumnos, con respecto al MET”, y se acepta la hipótesis alternativa (H_1): “el tratamiento diferencial con ABP genera diferencias (positivas) significativas en el rendimiento académico de los alumnos, con respecto al MET”.

4. CONCLUSIONES

En correspondencia con el objetivo principal y los objetivos específicos fijados, se concluye que:

1. Existen diferencias significativas en los aprendizajes en Construcciones e Ingeniería del Riego entre alumnos que han participado en un programa de enseñanza basada en un ABP, y otros alumnos que han participado en un programa de aprendizaje siguiendo un MET. Los alumnos que han recibido un ABP han obtenido mejores resultados globales de rendimiento académico. Se deduce, por tanto, que el ABP es efectivo con un periodo de 10 semanas de aplicación, dando así cumplimiento al objetivo principal de la investigación.
2. El ABP se configura como un método didáctico eficaz, y a su vez, más eficiente que el método que combina el expositivo y de realización de problemas por docente. La mayor nota media y el mayor número de aprobados lo evidencian. Existen diferencias significativas en el número de aprobados entre aquellos alumnos que han recibido un periodo de ABP, con respecto a aquellos que no lo han recibido. Las diferencias son en sentido positivo para el ABP.
3. El diseño de un ABP requiere de una programación cuidadosa, con un periodo de MET necesario para cubrir los temas de base, e incluyendo una parte de trabajo autónomo por el estudiante. La falta de tiempo en asignaturas cuatrimestrales, o semestrales, impone dichas tareas. A su vez, la puesta en práctica de un ABP requiere de la formación de subgrupos por cada problema a resolver, aulas convenientes y una tutorización adecuada. Por otra parte, la flexibilidad de los subgrupos es importante cuando cambia el caso en estudio, para evitar así la formación de corpúsculos socioculturales que cierran el intercambio con otros compañeros. Es frecuente la asociación por lugares de procedencia, aficiones o intereses. La flexibilidad intergrupala posiblemente facilite también el desarrollo de algunas competencias transversales relativas al trabajo en grupo.

4. La calificación final obtenida es necesaria pero no suficiente para una evaluación del ABP en todos sus matices. La evaluación del ABP en Ingeniería requiere de pruebas objetivas, dada la importancia que tiene en el contexto ingenieril el planteamiento adecuado, razonamiento lógico y resultado numérico para un problema dado. Pero hay otros factores que deberán ser estudiados en el futuro como, por ejemplo, el desarrollo de competencias teniendo como didáctica específica el ABP. La calificación final obtenida es válida para medir el rendimiento académico de los alumnos, llevando implícitas algunas competencias; pero no es suficiente para medir la generalidad de las competencias profesionales desarrollables con ABP.

5. En lo que a diferencias entre la implantación del ABP en Ingeniería del Riego y Construcciones se refiere, parece ser que es más difícil de implantar en el primer caso. El análisis estadístico no ha permitido detectar esta dificultad añadida. Derivada de la información descriptiva recopilada en el diario de clase, se pudo deducir esta dificultad. Por parte de los alumnos, los problemas de base en matemáticas y física, imprescindibles para entender los fundamentos de hidráulica que se dan al inicio de la impartición de la asignatura, son recurrentes impidiendo a veces avanzar en el ABP conforme a la programación fijada. Este factor debe ser tenido en cuenta en la aplicación del ABP para la citada materia. En Construcciones, el temario va imponiendo por sí mismo las condiciones y requisitos para su avance de forma más gradual, sin que por ello se pueda prescindir de la susodicha base matemática y física.

5. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

De entre las líneas de investigación futuras que se pueden relacionar con la investigación efectuada, se proponen tres:

1. Aplicación de la misma metodología y sus resultados obtenidos para otras asignaturas. Las posibilidades son variadas, tantas como asignaturas y campos de conocimiento científico y técnico que no hayan sido todavía explorados con ABP.
2. Ampliación del número de cursos, grupos y alumnos implicados en ABP para las materias evaluadas y realizar un estudio diacrónico. Se podría ampliar el análisis estadístico incluyendo un estudio del tamaño del efecto, análisis factorial incluyendo varias variables, correlaciones y análisis de regresión, un estudio de tendencias, entre otros.
3. Aplicación de una metodología integrada para determinar aquellos aspectos relativos a competencias profesionales ABP que no se han podido evaluar, o medir, mediante la metodología utilizada.

La línea de investigación 1 busca reproducir la implantación del ABP en otras materias y casos distintos, mientras que las líneas propuestas 2 y 3 atienden a solventar las limitaciones de alcance de la presente tesis.

La presente investigación supone un aporte que, de alguna manera, puede servir a futuros investigadores sobre enseñanza en Ingeniería y Arquitectura, y que deseen implantar un ABP. Nuestra experiencia, con sus resultados gratificantes, y los problemas de implantación que se han detectado y comentado, pueden ayudar a no repetir los mismos errores, o a llegar a unos resultados satisfactorios de rendimiento académico en los alumnos de Enseñanzas Técnicas.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Se incluyen referencias, material técnico y bibliográfico empleados en el seguimiento del ABP, en la preparación de los casos y en la elaboración de las pruebas objetivas.

Albanese, M. A. y Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic medicine*, 68(1), 52-81.

Álvarez, R. P. (2004). Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante. *Revista iberoamericana de educación*, 8.

Álvarez Álvarez, J. F., Teira, D. y Zamora Bonilla, J. (2005). *Filosofía de las ciencias sociales*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Álvarez Cáceres, R. (1996). *El método científico en las ciencias de la salud*. Ediciones Díaz de Santos.

Applin, H. (2008). A comparison of competencies between problem-based learning and non-problem-based learning program nursing graduates. (Order No. NR45395, University of Alberta (Canada)). ProQuest Dissertations and Theses, 136-n/a.

Recuperado de:

<http://search.proquest.com/docview/304409561?accountid=14549>. (304409561).

Applin, H., Williams, B., Day, R. y Buro, K. (2011). A comparison of competencies between problem-based learning and non-problem-based graduate nurses. *Nurse Education Today*, 31(2), 129-134.

Argüelles, R. (2005). *Estructuras de acero I: Cálculo, norma básica y eurocódigo*. Librería Técnica Bellisco.

Arredondo y Verdú., F. (1990). *Generalidades sobre Materiales de Construcción*. Madrid: Servicio de Publicaciones E.T.S.I.C.C.P.

Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, (1994). *La Ordenación de los Recursos Hídricos*. Washington D.C.: Documento de Política del Banco Mundial.

Barrett, T. (2005). *Understanding problem based learning*. En Handbook of enquiry & problem based learning, T. Barrett, I. MacLabhraim, H. Fallon (Eds.), p. 13-25.

Barrows, H. S., (1971). *Simulated patients (programmed patients); the development and use of a new technique in medical education*, Springfield, Ill.: Thomas.

Barrows, H. S. (1985). *How to design a problem-based curriculum for the preclinical years*, New York: Springer Publishing Company.

Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical education*, 20(6), 481-486.

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New directions for teaching and learning*, 1996(68), 3-12.

Barrows, H. S. y Pickell, G. C. (1991). *Developing clinical problem-solving skills: a guide to more effective diagnosis and treatment (1st ed.)*. New York: W.W. Norton.

Barrows, H. S. y Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: an approach to medical education*, New York: Springer Publishing Company.

Barrows, H. S., Peters, M. J., Josiah Macy Jr. Foundation y Southern Illinois University School of Medicine. (1984). *How to begin reforming the medical curriculum: an invitational conference*. Springfield, III: The School.

Basri, N. E. A., Zain, S. M., Jaafar, O., Basri, H. y Suja, F. (2012). Introduction to Environmental Engineering: A Problem-Based Learning Approach to Enhance

Environmental Awareness among Civil Engineering Students, *Universiti Kebangsaan Malaysia Teaching and Learning Congress 2011*, 60, 36-41.

Bédard, D., Lison, C., Dalle, D., Côté, D. y Boutin, N. (2012). Problem-based and Project-based Learning in Engineering and Medicine: Determinants of Students' Engagement and Persistence. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2).

Beer, Ferdinand P. y E. Russell Johnston Jr. (1993). *Mecánica de Materiales*. McGraw-Hill.

Beer, Ferdinand P. y E. Russell Johnston Jr. (1998). *Mecánica Vectorial para Ingenieros. Volumen 1. "Estática" y volumen 2. "Dinámica"*, 6ª edición. McGraw-Hill.

Bernabeu Tamayo, M. D. (2010). *Estudio sobre innovación educativa en universidades catalanas mediante el aprendizaje basado en problemas y en proyectos*. (Tesis doctoral) U.A.B. Barcelona.

Berrocal Ortiz, L. (1990). *Resistencia de materiales*. Editorial: McGraw-Hill.

Boud, D. y Feletti, G. (1991). *The Challenge of problem based learning*. New York: St. Martin's Press.

Branda, L. A. (2009). El aprendizaje basado en problemas. De herejía artificial a res popularis, *Educación Médica*, 12(1), 11-23.

Brodeur, D. R., Young, P. W. y Blair, K. B. (2002). Problem-based learning in aerospace engineering education. En *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition, Montreal, Canada*, 16-19.

Bureau of Reclamation, Departamento de Interior de los EE.UU. (2007). *Diseño de Pequeñas Presas*. Madrid: Ed. Bellisco.

Burroughs, S., Brocato, K. y Franz, D. (2009). *Problem Based and Studio Based Learning: Approaches to promoting reform thinking among teacher candidates*, National Forum of Teacher Education Journal Volume 19, number 3.

Cabero-Almenara, J. (2010). Los retos de la integración de las TICs en los procesos educativos: Límites y posibilidades. *Perspectiva educacional*, 49(1), 32-61.

Calavera Ruiz, J. (2001). *Muros de contención y muros de sótano. 3ª Edición actualizada*. Madrid: INTEMAC.

Calavera Ruiz, J. (2008). *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón: en masa, armado y pretensado, de acuerdo con la nueva instrucción EHE-08: de acuerdo con el EUROCÓDIGO EC-2*. Madrid: INTEMAC.

Campos, F. S. (2006). El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40(2), 3.

Carrion, C., Soler, M., y Aymerich, M. (2015). Análisis de la Validez de Contenido de un Cuestionario de Evaluación del Aprendizaje Basado en Problemas: Un Enfoque Cualitativo. *Formación universitaria*, 8(1), 13-22.

Conger, A. J., Gilchrist, B., Holloway, J. P., Huang-Saad, A., Sick, V. y Zurbuchen, T. H. (2010). Experiential learning programs for the future of engineering education. In *Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments, 2010 IEEE*, 1-14.

Cònsul Giribet, M. (2004) Similitudes entre el Proceso de Convergencia en el ámbito de la Educación Superior Europea y la adopción del Aprendizaje Basado en Problemas de la EUI Vall d'Hebron de Barcelona. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado, Ejemplar dedicado a: El reto del Espacio Europeo de Educación Superior*, 49, 97-108

Chadwick, A., J. Morfett, y M. Borthwick. (2013) *Hydraulics in Civil and Environmental Engineering, 5th Revised edition*. London: CRC Press, 2013.

Chambouleyron, J. (2005) : *Riego y drenaje (Tomos I y II) : Técnicas para el desarrollo de una agricultura regadía sustentable* . Mendoza, Ediunc.

Chau, K. W. (2005). Problem-based learning approach in accomplishing innovation and entrepreneurship of civil engineering undergraduates, *International Journal of Engineering Education*, 21(2), 228-232.

Chow, V. T. (2000). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw Hill.

De Vries, E. (2006). Students' construction of external representations in design-based learning situations. *Learning and instruction*, 16(3), 213-227.

Curry, L. y Wergin, J. F. (1993). *Educating professionals: responding to new expectations for competence and accountability (1st ed.)*. San Francisco: Jossey-Bass.

Davis, M. H., Harden, R. M. y Association for Medical Education in Europe. (1999). *Problem-based learning: a practical guide*. Dundee: Association for Medical Education in Europe.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. y Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.

Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. y Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 13(5), 533-568.

Downing, K., Kwong, T., Chan, S. W., Lam, T. F., y Downing, W. K. (2009). Problem-based learning and the development of metacognition. *Higher Education*, 57(5), 609-621.

Du, X. Y. y Kolmos, A. (2006). Process competencies in a problem and project based learning environment. En *35th SEFI annual conference: Engineering education and active students*.

Duch, B. J., Groh, S. E. y Allen, D. E. (2001). *The power of problem-based learning: A practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*. Stylus Publishing, LLC.

Ebner, M., y Holzinger, A. (2007). Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering. *Computers & education*, 49(3), 873-890.

Ellis, R. A., Goodyear, P., Calvo, R. A., y Prosser, M. (2008). Engineering students' conceptions of and approaches to learning through discussions in face-to-face and online contexts. *Learning and Instruction*, 18(3), 267-282.

ERAGIN (2012). Programa de formación del profesorado en metodologías activas de enseñanza. [online] Universidad del País Vasco. Recuperado de: <http://www.ehu.es/es/web/sae-helaz/eragin> [Acceso 7 Ene. 2016].

Espacio Europeo de Educación Superior. Recuperado el 14 de junio de 2014, de <http://www.eees.es/>

Ertmer, P. A. (2015). *Essential Readings in Problem-based Learning*. Purdue University Press.

Escribano González, A., Valle López, Á. d., y Bejarano Franco, M. T. (2008). *Aprendizaje basado en problemas (ABP): una propuesta metodológica en educación superior*. Madrid: Narcea.

Evensen, D. H., y Hmelo-Silver, C. E. (2000). *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions*. Routledge.

FAO (1977). *Soil conservation and management in developing countries*. *FAO soils bulletin 33*. Land and Water Development Division, 1977, 3ª reimpresión 1985. Roma.

- FAO (1982). *Small hydraulic structures. Volume I y II*. Roma.
- FAO (1994). *Canales. Manual de Campo n°.7*. Roma.
- FAO (1994). *Preparing national regulations for water resources management. Principles and practice*. Roma.
- FAO (1995). *Estructuras hidráulicas para regular y distribuir el agua. Manual de campo n°.8*. Roma.
- FAO (1995). *Methodology for water policy review and reform*. Roma.
- FAO (1995). *Reforming water resources policy. A guide to methods, processes and practices*. Roma.
- FAO (1995). *Water sector policy review and strategy formulation. A general framework*. Roma.
- FAO (1996). *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*. Roma.
- FAO (1997). *Land and water resources information systems*. Roma.
- FAO (2001). *Conservation agriculture. Case studies in Latin America and Africa*. Roma.
- FAO (2005). *Materials for subsurface land drainage systems*. Roma.
- Felder, R. M., y Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7), 674-681.
- Felder, R. M., Felder, G. N., y Dietz, E. J. (1998). A longitudinal study of engineering student performance and retention. V. Comparisons with traditionally-taught students. *Journal of Engineering Education*, 87(4), 469.
- Fell, R., P. Macgregor, D. Stapeldon, y G. Bell. (2005). *Geotechnical Engineering of Dams*. London: Balkema.

Ferluga, G. (2014). Cuenta atrás para que los ingenieros pre-Bolonia trabajen en el extranjero. *Cinco Días*. Recuperado el 14 de junio de 2014 en :

http://cincodias.com/cincodias/2014/03/12/economia/1394617601_054502.html

Fernández Cánovas, M. (1993). *Hormigón. 3ª Edición*. Madrid: Servicio de Publicaciones E.T.S.I.C.C.P..

Fernández Martínez, M. (2008). *El aprendizaje basado en problemas en el marco del espacio europeo de educación superior desde la percepción del estudiante: estudios cualitativos y selectivos*. Universidad de León.

Fernández, F. H., y Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 6(5), 29-38.

Fink, F. K. (1999, November). Integration of engineering practice into curriculum- 25 years of experience with problem based learning. In *Frontiers in Education Conference, 1999. FIE'99. 29th Annual* (Vol. 1, pp. 11A2-7). IEEE.

Frago, A. V. (1984). Enseñanza y corporativismo: notas sobre el nacimiento y evolución de las enseñanzas técnicas en el siglo XIX. En *Anales de pedagogía* (No. 2).

Frank, M., Lavy, I., y Elata, D. (2003). Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(3), 273-288.

French, R.H. (1985). *Open-Channel Hydraulics*. New York: McGraw-Hill.

Fuentes Yagüe, J. L. (2003). *Técnicas de riego*. Mundi-Prensa. Madrid.

Gallego Calvo, J.L. y García-Rodrigo Martín, A. (1998). CL aniversario de la Escuela de Ingenieros de Montes. *Revista forestal española, N°. 18, 1998*, págs. 22-29.

García Garrido, M. J. (2006). *Derecho privado romano*. Ed. Académicas.

García Llamas, J.L. (2011). *Metodología de la investigación educativa. Cap. 8.* En López-Jurado, M. *Educación para el siglo XXI.* Desclée, 239-270. Bilbao.

García Llamas, J.L.; Pérez Juste, R. y Río Sadornil, D.del (2006). *Problemas y diseños de investigación resueltos (3ª edición revisada y ampliada).* Madrid: Dykinson.

García Llamas, J.L. y otros (2004). *Diversidad cultural e inclusión social. Un modelo de acción educativa con minorías étnicas.* Salamanca: Témpora.

García Llamas, J.L. (2003). *Métodos de Investigación en Educación. Investigación cualitativa y evaluativa.* Madrid: UNED.

García Llamas, J.L. (2001). *Análisis y valoración de la formación del profesorado en la enseñanza a distancia.* Madrid: UNED.

García Llamas, J. L. (1999). *Formación del profesorado. Necesidades y demandas.* Madrid: Praxis.

García Pérez, A. (2005a). *Métodos Avanzados de Estadística Aplicada. Métodos Robustos y de Remuestreo.* Editorial UNED.

García Pérez, A. (2005b). *Métodos Avanzados de Estadística Aplicada. Técnicas Avanzadas.* Editorial UNED.

García Pérez, A. (2008). *Estadística aplicada: Conceptos básicos.* Editorial UNED.

García Pérez, A. (2011). *Estadística básica con R.* Editorial UNED.

Giles, R. V., Evett, J. B. y Liu, C. (1999). *Mecánica de los fluidos e hidráulica.* McGraw Hill.

Gluck, Abbe R. (2013). The Federal Common Law of Statutory Interpretation: Erie for the Age of Statutes. *Faculty Scholarship Series.* Paper 4700.

Recuperado de: http://digitalcommons.law.yale.edu/fss_papers/4700

Groenendijk, T., Janssen, T., Rijlaarsdam, G., y Van Den Bergh, H. (2013). Learning to be creative. The effects of observational learning on students' design products and processes. *Learning and instruction*, 28, 35-47.

Grolinger, K. (2011). Problem based learning in engineering education: meeting the needs of industry. *Teaching Innovation Projects*, 1(2), 2.

Gülbahar, Y.yTinmaz, H. (2006). Implementing project-based learning and e-portfolio assessment in an undergraduate course. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(3), 309-327.

Gupta, R.S. (2007). *Hydrology and Hydraulic Systems. 3th edition*. Waveland Press Inc.

Hadim, H. A., y Esche, S. K. (2002). Enhancing the engineering curriculum through project-based learning. In *Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual* (Vol. 2, pp. F3F-1). IEEE.

Hammersley, M., y Atkinson, P. (2007). *Ethnography: Principles in practice*. Routledge.

Hempel, C. G. (1999). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza Editorial.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational psychology review*, 16(3), 235-266.

IBM (2013). *SPSS Statistics Base 22*.

Recuperado de:

ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/22.0/es/client/Manuals/IBM_SPSS_Statistics_Base.pdf

Jiménez Montoya, P., A. García meseguer, y F. Morán cabré (2010). *Hormigón armado. 15ª edición*. Barcelona: Gustavo Gili.

Jiménez Salas, J. A. (1986). *Geotecnia y cimientos. Tomos I, II y III*. Editorial Rueda. Madrid.

Johnson, P. A. (1999). Problem-based, cooperative learning in the engineering classroom. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125(1), 8-11.

Johnson, M. y Hayes, M. J. (2016). A comparison of problem-based and didactic learning pedagogies on an electronics engineering course. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 53(1), 3-22.

Kraatz, D. B. (1977). *Revestimiento de canales de riego* (No. 04; TC930, K7y.). Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Kanigolla, D. (2013). *Implementation of project based learning technique to enhance engineering education*. Master These.

Kanigolla, D., Cudney, E. A., Corns, S. M., y Samaranayake, V. A. (2013). Project based learning for quality and Six Sigma education. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8(1), 51-68.

Katona, G. (1940). *Organizing and memorizing*. New York,: Columbia university press.

Lambe, W. (1989). *Mecánica de Suelos*. Ed. Limusa.

Lasa, N. B., e Iraeta, A. I. V. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología: modelos y análisis de datos mediante el SPSS 10.0*. Pearson Educación.

Latasa, I., Lozano, P., y Ocerinjuregi, N. (2012). Aprendizaje basado en problemas en currículos tradicionales: Beneficios e inconvenientes. *Formación universitaria*, 5(5), 15-26.

Lautrin, D. (1990). *Géologie des barrages et des retenues de petites dimensions. Études du CEMAGREF*. CEMAGREF-DICOVA.

Llargués, E., Herranz, X., Sánchez, L., Calbo, E., y Virumbrales, M. (2015). Aplicación de un modelo híbrido de aprendizaje basado en problemas como

estrategia de evaluación e interrelación 'multiasignaturas'. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 18(2), 131-137.

Loncar-Vickovic, S., Dolacek-Alduk, Z. y Stober, D. (2008). Use of problem-based learning in higher education: student workshops at the faculty of civil engineering in osijek, *TehnickiVjesnik-Technical Gazette*, 15(4), 35-40.

López, J. R. y Ordoñez, L. C. (2003). *Riego localizado: programas informáticos para windows*. Mundi Prensa. Madrid.

Lucea, I., y M. Rivas. (1992). *Problemas de Materiales de Construcción*. Madrid: Servicio de Publicaciones E.T.S.I.C.C.P. y Revista de Obras Públicas.

Manzano, V. (2000). MAS II. Muestreo aleatorio simple, programa informático de libre distribución.

Markowski, C. y Markowski, E. (1990). Conditions for the Effectiveness of a Preliminary Test of Variance. *The American Statistician*, 44(4), 322-326. doi:10.2307/2684360.

Marriott, M. (2009). *Civil Engineering Hydraulics. 5th Revised edition*. Chicester, GB: John Wiley and Sons Ltd.

Martí, J.V.; González, F.; Yepes, V. (2005). *Temas de procedimientos de construcción. Extracción y tratamiento de áridos*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Maudsley, G. (1999). Do we all mean the same thing by" problem-based learning"? A review of the concepts and a formulation of the ground rules. *Academic Medicine*, 74(2), 178-85.

McIntyre, C. (2003). Assessing problem-based learning in a construction engineering capstone course. In *Construction Research Congress, Winds of Change: Integration and Innovation in Construction, Proceedings of the Congress*, 487-495.

Medina Rivilla, A., Domínguez Garrido, M.C. (2009). *Didáctica. Formación básica para profesionales de la educación*. UNED, editorial Universitas, S.A.

Mejía, F.J. (2004). El transporte de cantidad de movimiento en canales. *Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquía*, N.2, 17-33.

Mendiluce, E. (1987). *El golpe de ariete en impulsiones*. Librería Editorial Bellisco. Madrid.

Mercier, J., y Frederiksen, C. H. (2007). Individual differences in graduate students' help-seeking process in using a computer coach in problem-based learning. *Learning and Instruction*, 17(2), 184-203.

Mettas, A.C. y C.C. Constantinou, (2008). *The technology fair: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education*, doi: 10.1007/s10798-006-9011-3, *International Journal of Technology and Design Education*, Dordrecht, The Netherlands, 18 (1), 79-100.

Mgangira, M. B. (2003). Integrating the development of employability skills into a civil engineering core subject through a problem-based learning approach. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 759-761.

Mills, J. E. (2002). A case study of project-based learning in structural engineering. In *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 1-18.

Mills, J. E. y Treagust, D. (2003). Engineering education - Is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, 2(3), 2-16.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). *Requisitos para obtener beca*. Recuperado de:

<http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/mc/becas/2015/estudios-universitarios/requisitos/requisitos-academicos.html>

Ministerio de Fomento (2004). *Instrucción de Acero Estructural, EAE. Madrid*.

Ministerio de Fomento (2008). *Instrucción de Hormigón Estructural*, EHE. Madrid.

Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., y de Jong, T. (2014). Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning. *Learning and instruction*, 29, 56-64.

Murillo, F. J., y Martínez-Garrido, C. (2012). *Análisis de datos cuantitativos con SPSS en investigación socioeducativa*. Universidad Autónoma de Madrid.

Neville, A. J., y Norman, G. R. (2007). PBL in the undergraduate MD program at McMaster University: three iterations in three decades. *Academic Medicine*, 82(4), 370-374.

Newman, M. (2003), *A Pilot Systematic Review and Meta-Analysis on the Effectiveness of Problem Based Learning*, Middlesex Univ., London (England); Economic and Social Research Council, Lancaster (England).

Novak, J. D., y Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge Cambridgeshire; New York: Cambridge University Press.

Oldenburg, N. L. (2008). An analysis of the problem-solving experience of students in an online problem-based learning environment. (Order No. 3335057, Northern Illinois University). ProQuest Dissertations and Theses, 186-n/a. Recuperado de:

<http://search.proquest.com/docview/304541346?accountid=14549>. (304541346).

Oliphant, H. (1928). A return to stare decisis. *ABAJ*, 14, 71.

Paje, S. E., Bueno, M., y Luong, J. (2011). Fundamentals of physics for the civil engineering degree: problem based learning (pbl). *Inted2011: 5th International Technology, Education and Development Conference*, 5702-5706.

Palmquist, S. M. (2005). Benefiting professional practice using engineering mathemATIC: a project-based learning approach. *age*, 10, 1.

Pérez, E. B. y Vera, J. (2012). Aprendizaje basado en problemas (ABP): percepción de carga de trabajo y satisfacción con la metodología. En *Estilos de aprendizaje: investigaciones y experiencias:[V Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje]*, Santander, 27, 28 y 29 de junio de 2012.

Pérez Juste, R., García Llamas, J. L., Gil Pascual, J. A. y Galán González, A. (2009). *Estadística aplicada a la educación*. Madrid, España: UNED.

Perrenet, J. C., Bouhuijs, P. A. J., y Smits, J. G. M. M. (2000). The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice. *Teaching in higher education*, 5(3), 345-358.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.

R. Programa informático de distribución libre. En <http://lib.stat.cmu.edu/R/CRAN>

Real Academia Española. (2016). Diccionario de la lengua española (online) – edición tricentenario. Recuperado de: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>

Regalado-Méndez, A., M.R.P. Cid-Rodríguez y J.G. Báez-González, (2010a). *Problem Based Learning (PBL): Analysis of Continuous Stirred Tank Chemical Reactors with a Process Control Approach*, doi: 10.5121/ijsea.2010.1404, International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA): 1(4), 54-73.

Regalado-Méndez, A. et al. (2010b). *Problem Based Learning: Obtaining Enzyme Kinetics Parameters Integrating Linear Algebra, Computer Programming and Biochemistry Curriculum*, doi: 10.1007/978-90-481-9151-2_3, in Technological Developments in Networking, Education and Automation, pp 13-18, Springer Netherlands.

Ribeiro, L. R. D. C. y Mizukami, M. D. G. N. (2005). Student assessment of a problem-based learning experiment in civil engineering education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 131(1), 13-18.

Robledo P., Fidalgo, R., Arias, O. y Álvarez Fernández, L. (2015). Percepción de los estudiantes sobre el desarrollo de competencias a través de diferentes metodologías activas: *Revista de Investigación Educativa*, 33(2), 369-383.

Rodríguez, C. A. (1998). *Estudio de Ordenación Agrohidrológica y Socioeconómico Específico de la Cuenca del Arroyo de la Alhaja (Cádiz)" Proyecto fin de carrera becado*. Programa 940503 ES5-F.4.4. del Fondo Social Europeo, Solsona: Centro Tecnológico Forestal de Cataluña y Universidad de Lleida.

Rodríguez, C. A. (2010). *Estudio hidrológico para dimensionamiento de las obras de drenaje y canales de evacuación en las instalaciones mineras de Riotinto (Huelva)*. Informe de resultados de la investigación, Universidad de Huelva.

Rodríguez, C. A. (2010). *Modelización mediante el método de las diferencias finitas del tiempo de vaciado y laminación de los embalses de Cobre y Aguzadera; del dimensionamiento de los vertederos y desagües de fondo. T.M. Riotinto (Huelva)*. Informe de resultados de la investigación, Universidad de Huelva.

Rodríguez, C. A. (2011). *Cálculo de la red de riego y anillo hidráulico de las zonas ajardinadas del Hospital Infanta Elena (Huelva)*. Informe de resultados de la investigación, Universidad de Huelva.

Rodríguez, C. A., y R. Arribas de Paz (2004). *Introducción a la Fisuración en Muros de Contención de Hormigón Armado*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.

Rodríguez, C.A. (2014). *Diseño, aplicación y validación de un ABP en estudiantes universitarios de Ingeniería de la Construcción* (Tesina inédita de maestría). Universidad de Sevilla.

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2015a). Aplicación y validación de un Aprendizaje Basado en Problemas en estudiantes universitarios de Ingeniería de la Construcción. En: 23 CUIEET Congreso Universitario de Innovación Educativa

en las Enseñanzas Técnicas. [online] Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, pp.802-811. Recuperado de:

<https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/27986/APLICACION%20DE%20UN%20APRENDICAJE%20BASADO%20EN%20PROBLEMAS%20EN%20ESTUDIANTES%20UNIVERSITARIOS%20EN%20INGENIERIA%20DE%20LA%20CONSTRUCCION.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso 1 Mar. 2016].

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2015b). Una mirada retrospectiva al Aprendizaje Basado en Problemas en Ingeniería. En: *23 CUIEET Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*. [online] Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, pp.760-773. Recuperado de:

<https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/27987/UNA%20MIRADA%20RESTROCPECTIVA%20AL%20APRENDIZAJE%20BASADO%20EN%20PROBLEMAS%20EN%20INGENIERIA%20DE%20LA%20CONSTRUCCION.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso 1 Mar. 2016].

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2016a). A review of Problem-Based Learning applied to Engineering, *International Journal on Advances in Education Research*,3(1), 1-6.

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2016b). The implementation of a Problem-Based Learning approach in a graduate Construction Engineering programme *International Journal on Advances in Education Research*,3(2), 1-12.

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2017a). Aplicación de un Aprendizaje Basado en Problemas en Estudiantes Universitarios de Ingeniería del Riego. *Journal of Science Education-Revista de Educación en Ciencias*. En prensa.

Rodríguez, C.A. y Fernández-Batanero, J.M. (2017b). Evaluación de un Aprendizaje Basado en Problemas en Estudiantes Universitarios de Construcciones Agrarias. *Formación universitaria*, 10(1), 61-70. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000100007>

Rodríguez, G. B. y Tenorio, F. L. (2005). El aprendizaje colaborativo: una vía para la educación de postgrado. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(3), 6.

Rodríguez-Sandoval, E. y M. Cortés-Rodríguez, (2010). *Evaluación de la estrategia pedagógica “aprendizaje basado en proyectos”*: percepción de los estudiantes, <http://www.scielo.br/pdf/aval/v15n1/v15n1a08>, *Revista da Avaliação da Educação Superior*, 1(15), 31-37.

Rodríguez-Santero, J. (2015). “Seminario avanzado sobre procesos y programas para el análisis de datos cuantitativos en investigación educativa”. Doctorado en Educación. Universidad de Sevilla. 21 de mayo de 2015.

Rodríguez Santero, J. (2015). “Seminario sobre estadística inferencial: contraste de hipótesis de investigación”. Doctorado en Educación. Universidad de Sevilla. 15 de febrero de 2017.

Savery, J. R. (2014). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1).

Savin-Baden, M. (2000). *Problem-Based Learning In Higher Education: Untold Stories: Untold Stories*. McGraw-Hill Education (UK).

Schulze, W. E., y K. Simmer (1970). *Cimentaciones. Traducción de la 4ª edición alemana*. Madrid: Blume.

Schwab, G. O., D. D. Fangmeier, W. J. Elliot y R. K. Frevert (1993). *Soil and Water Conservation Engineering. 4ª Edición*. New York: Wiley, 1993.

Scott, G. y Yates, K. W. (2002). Using successful graduates to improve the quality of undergraduate engineering programmes. *European journal of engineering education*, 27(4), 363-378.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2010). *Presas de Mampostería*. México.

Shapiro, S.S. y Wilk, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 1965; 52 (3-4): 591-611.

doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591

Shinde, V. V. e Inamdar, S. S. (2013). Problem Based Learning (PBL) for Engineering Education in India: Need and Recommendations. *Wireless Personal Communications, An International Journal*. 69(3), 1097-1105.

Smith, K. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W., y Johnson, R. T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. *Journal of engineering education*, 94(1), 87-101.

Solaz-Portolés, J. J., Rodríguez Miguel, C., Gómez López, Á., y Sanjosé López, V. (2013). Conocimiento metacognitivo de las estrategias y habilidades mentales utilizadas para resolver problemas: un estudio con profesores de ciencias en formación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*.

Solaz-Portolés, J. J., Sanjosé López, V., y Gómez López, Á. (2013). Aprendizaje basado en problemas en la Educación Superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*.

Soriano, J. A. (1996). *Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas: problemas resueltos*. Editorial Ciencia 3.

Springer, L., Stanne, M. E., y Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathemaTIC, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of educational research*, 69(1), 21-51.

Steinemann, A. (2003). Implementing sustainable development through problem-based learning: Pedagogy and practice. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 129(4), 216-224.

Striegel, A., y Rover, D. T. (2002, November). Problem-based learning in an introductory computer engineering course. In *Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual* (Vol. 2, pp. F1G-7). IEEE.

Sahin, M. (2010). Effects of problem-based learning on university students' epistemological beliefs about physics and physics learning and conceptual

understanding of Newtonian mechanics. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 266-275.

Saura arnau, H. y Montalva subirats, JM. (2014). *Construcción y arquitectura industrial. Colección de problemas resueltos*. Editorial Universitat Politècnica de València.

Schwartz, P., Mennin, S., y Webb, G. (2001). *Problem-based learning : case studies, experience and practice*. London ; New York: Routledge.

Stier, K. W. (2003). Teaching lean manufacturing concepts through project-based learning and simulation. *journal of Industrial Technology*, 19(4), 1-6.

Tarjuelo Martín-Benito, J. M. (1995). *El riego por aspersión y su tecnología*. Madrid: Mundi-Prensa.

Terzaghi, K., R. B. Peck y G. Mesri. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practices. Third edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Torp, L., & Sage, S. (1998). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-12 education*. ASCD.

Universidad de Huelva (2016). *Informe sobre las Tasas de Abandono, Graduación, Eficiencia, Rendimiento, Éxito y Evaluación para el SGC de los Grados de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (2014-15)*.

Recuperado de: <http://www.uhu.es/etsi/normativas/informes/Informetasas.pdf>

Universidad Politécnica de Madrid (2016). *Reseña histórica sobre la E.T.S.I.A.*.

Recuperado de:

<http://web.archive.org/web/20120629083711/http://www1.etsia.upm.es/informacion/introduccion/historia.asp>

Vardi, I., y Ciccarelli, M. (2008). Overcoming problems in problem-based learning: a trial of strategies in an undergraduate unit. *Innovations in Education and Teaching International*, 45(4), 345-354.

Vega, F., E. Portillo, M. Cano y Navarrete, B. (2014). Experiencias de aprendizaje en ingeniería química: diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala laboratorio mediante el aprendizaje basado en problemas, *Formación Universitaria*, 7(1), 13-22.

Walker, A., & Leary, H. (2009). A problem based learning meta analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3(1), 6.

Wendell, O. y Holmes, J. R. (1969). *The common law*. Little, Brown.

White Frank, M. (2008). *Mecánica de fluidos*. Madrid, España. Ed.

Wikipedia. Historia de la ciencia y tecnología en España. In *Wikipedia*. Recuperado de:

http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_ciencia_y_la_tecnolog%C3%ADa_en_Espa%C3%B1a

Woods, D. R. (2012). *PBL: An Evaluation of the Effectiveness of Authentic Problem-Based Learning (aPBL)*, *Chemical Engineering Education*: 46(2), 135-144.

Recuperado de:

<http://www.che.ufl.edu/cee/Journals/Spring%202012%20v46.2/Woods462.html>

Ximénez, M.C. y Revuelta, J. (2011). *Cuaderno de Prácticas de Análisis de Datos con SPSS*. Universidad Autónoma de Madrid

Yadav, A., Subedi, D., Lundeberg, M. A. y Bunting, C. F. (2011). Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 253.

Yepes, V. (2014). *Maquinaria para la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas*. Apuntes de la Universitat Politècnica de València.

Yepes, V. (2014). *Maquinaria para sondeos y perforaciones*. Apuntes de la Universitat Politècnica de València.

Yepes, V. (2014). *Equipos de compactación superficial*. Apuntes de la Universitat Politècnica de València.

Yepes, V. (2015). *Coste, producción y mantenimiento de maquinaria para construcción*. Editorial Universitat Politècnica de València.

Yepes, V. (2016). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Colección Manual de Referencia. Editorial Universitat Politècnica de València

Yepes, V.; Martí, J.V.; González-Vidosa, F. y Alcalá, J. (2012). *Maquinaria auxiliar y equipos de elevación*. Editorial de la Universitat Politècnica de València.

Yepes, V.; Martí, J.V.; González-vidosa, F.; Alcalá, J. (2012). *Técnicas de planificación y control de obras*. Editorial de la Universitat Politècnica de València.

Zamora Bonilla, J. (2005), *Cuestión de protocolo. Ensayos de metodología de la ciencia*, Tecnos, Madrid

ANEXOS

1. PRUEBA U DE MANN-WHITNEY

❖ TEST DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS – CONSTRUCCIONES - PRETEST

Tabla 36. Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Construcciones. Pretest.

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest	Grupo Experimental - Construcciones	26	28,62	744,00
	Grupo de Control - Construcciones	26	24,38	634,00
	Total	52		

Tabla 37. Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Construcciones. Pretest.

	Pretest
U de Mann-Whitney	283,000
W de Wilcoxon	634,000
Z	-1,008
Sig. asintótica (bilateral)	0,314

a. Variable de agrupación: Grupo

Con respecto a la validación mediante la prueba U de Mann-Whitney, como $0,314 > 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Construcciones son homogéneas a nivel de pretest.

❖ **TEST DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS –
INGENIERÍA DEL RIEGO - PRETEST**

Tabla 38. Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Ingeniería del Riego. Pretest.

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Pretest	Grupo Experimental - Ingeniería del Riego	22	23,95	527,00
	Grupo de Control - Ingeniería del Riego	22	21,05	463,00
	Total	44		

Tabla 39. Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Ingeniería del Riego. Pretest.

	Pretest
U de Mann-Whitney	210,000
W de Wilcoxon	463,000
Z	-0,753
Sig. asintótica (bilateral)	0,451

a. Variable de agrupación: Grupo

Con respecto a la validación mediante la prueba U de Mann-Whitney, como $0,451 > 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Ingeniería del Riego son homogéneas a nivel de pretest.

❖ ANÁLISIS COMPARADO – CONSTRUCCIONES – POSTEST

Tabla 40. Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Construcciones. Postest.

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest	Grupo Experimental - Construcciones	26	32,58	847,00
	Grupo de Control - Construcciones	26	20,42	531,00
	Total	52		

Tabla 41. Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Construcciones. Postest.

	Postest
U de Mann-Whitney	180,000
W de Wilcoxon	531,000
Z	-2,895
Sig. asintótica (bilateral)	0,004

a. Variable de agrupación: Grupo

Con respecto a la validación mediante la prueba U de Mann-Whitney, como $0,004 < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la alternativa (H_1), por lo que se asume que existen diferencias significativas entre las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Construcciones en función del tratamiento didáctico recibido. Las diferencias son favorables al ABP.

❖ ANÁLISIS COMPARADO – INGENIERÍA DEL RIEGO - POSTEST

Tabla 42. Prueba U de Mann-Whitney. Rangos. Ingeniería del Riego. Postest.

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest	Grupo Experimental - Construcciones	22	27,23	599,00
	Grupo de Control - Construcciones	22	17,77	391,00
	Total	44		

Tabla 43. Prueba U de Mann-Whitney. Estadísticos. Ingeniería del Riego. Postest.

	Pretest
U de Mann-Whitney	138,000
W de Wilcoxon	391,000
Z	-2,444
Sig. asintótica (bilateral)	0,015

a. Variable de agrupación: Grupo

Con respecto a la validación mediante la prueba U de Mann-Whitney, como $0,015 < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la alternativa (H_1), por lo que se asume que existen diferencias significativas entre las muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de Ingeniería del Riego en función del tratamiento didáctico recibido. Las diferencias son favorables al ABP.

2. PRUEBA ANOVA-H DE KRUSKAL-WALLIS

❖ TEST DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS - PRETEST

Tabla 44. Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Rangos. Pretest.

	Grupo	N	Rango promedio
Postest	Grupo Experimental CA	26	55,27
	Grupo de Control CA	26	47,63
	Grupo Experimental IR	22	48,02
	Grupo de Control IR	22	42,00
	Total	96	

Tabla 45. Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Estadísticos. Pretest.

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	Pretest
Chi-cuadrado	2,773
gl	3
Sig. asintótica	0,428

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Con respecto a la validación mediante la prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis, como $0,428 > 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que las 4 muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de los datos de pretest son homogéneas y comparables.

❖ ANÁLISIS COMPARADO - POSTEST

Tabla 46. Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Rangos. Postest.

	Grupo	N	Rango promedio
Postest	Grupo Experimental CA	26	59,17
	Grupo de Control CA	26	34,73
	Grupo Experimental IR	22	59,84
	Grupo de Control IR	22	40,82
	Total	96	

Tabla 47. Prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis. Estadísticos. Postest.

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	Postest
Chi-cuadrado	15,523
gl	3
Sig. asintótica	0,001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Con respecto a la validación mediante la prueba ANOVA-H de Kruskal-Wallis, como $0,001 < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la alternativa (H_1), por lo que se asume que existen diferencias significativas entre las 4 muestras correspondientes a los grupos experimentales y de control en función del tratamiento didáctico recibido. Las diferencias son favorables al ABP.

3. PRUEBA χ^2 (CHI CUADRADO) CON DATOS DICOTOMIZADOS

❖ ANÁLISIS AGREGADO CON DICOTOMIZACIÓN DE LOS DATOS DE RENDIMIENTO ACADÉMICO EN “APTO” Y “NO APTO” - POSTEST

Tabla 48. Prueba chi cuadrado. Resumen de procesamiento de casos. Postest.

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Grupo * Prueba	96	99,0%	1	1,0%	97	100,0%

Tabla 49. Prueba chi cuadrado. Recuento. Tabulación cruzada. Postest.

		Prueba		Total
		NO APTO	APTO	
Grupo	Grupos Experimentales	11	37	48
	Grupos de Control	20	28	48
Total		31	65	96

Tabla 50. Prueba chi cuadrado. Recuento. Estadísticos. Postest.

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)	Sig. exacta (2 caras)	Significación exacta (1 cara)
Chi-cuadrado de Pearson	3,859 ^a	1	0,049	0,080	0,040
Corrección de continuidad ^b	3,049	1	0,081		
Razón de verosimilitud	3,901	1	0,048		
Prueba exacta de Fisher					
Asociación lineal por lineal	3,819	1	0,051		
N de casos válidos	96				

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 15,50.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

Con respecto a la validación mediante la prueba χ^2 , como $0,049 < 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la alternativa (H_1), por lo que se asume que existen diferencias significativas entre las muestras agregadas y dicotomizadas en “APTO” Y “NO APTO” correspondientes a los grupos experimentales y de control en función del tratamiento didáctico recibido. Las diferencias son favorables al ABP.

4. PRUEBA ANOVA: INFORMACIÓN EXTENDIDA

❖ TEST DE HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS - PRETEST

Tabla 51. Prueba de homogeneidad de varianzas (4 muestras independientes). Pretest.

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
0,948	3	92	0,421

Tabla 52. Prueba ANOVA para 4 muestras independientes. Pretest.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,759	3	1,253	0,851	0,469
Dentro de grupos	135,381	92	1,472		
Total	139,140	95			

Con respecto a la validación mediante la prueba paramétrica ANOVA, como $0,469 > 0,05$ aceptamos la hipótesis nula (H_0), por lo que se asume que las 4 muestras correspondientes a los grupos experimental y de control de los datos de pretest son homogéneas y comparables.

Tabla 53. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. Scheffe.Pretest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo Experimental CA	GC - CA	,28846	,33644	,865	-,6697	1,2466
	GE - IR	,33951	,35140	,817	-,6613	1,3403
	GC - IR	,55315	,35140	,483	-,4476	1,5539
Grupo de Control CA	GE - CA	-,28846	,33644	,865	-1,2466	,6697
	GE - IR	,05105	,35140	,999	-,9497	1,0518
	GC - IR	,26469	,35140	,904	-,7361	1,2655
Grupo Experimental IR	GE - CA	-,33951	,35140	,817	-1,3403	,6613
	GC - CA	-,05105	,35140	,999	-1,0518	,9497
	GC - IR	,21364	,36575	,952	-,8280	1,2553
Grupo de Control IR	GE - CA	-,55315	,35140	,483	-1,5539	,4476
	GC - CA	-,26469	,35140	,904	-1,2655	,7361
	GE - IR	-,21364	,36575	,952	-1,2553	,8280

Tabla 54. ANOVA. Subgrupos homogéneos. Scheffe. Pretest.

Prueba: Scheffe ^{a,b} . Grupos:	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Grupo de Control IR	22	3,5545
Grupo Experimental IR	22	3,7682
Grupo de Control CA	26	3,8192
Grupo Experimental CA	26	4,1077
Sig.		0,483

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 23,833.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo.

Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

❖ COMPROBACIONES DE HOMOCEDASTICIDAD - POSTEST

Excluyendo grupo control CA:

Tabla 55. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GC - CA). Postest.

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
3,246	2	67	0,045

Excluyendo grupo experimental IR:

Tabla 56. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GE - IR). Postest.

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
3,734	2	71	0,029

Excluyendo grupo control IR:

Tabla 57. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GC - IR). Postest.

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
3,557	2	71	0,034

Excluyendo grupo experimental CA:

Tabla 58. Prueba de homogeneidad de varianzas (excluyendo GE - CA). Postest.

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
0,001	2	67	0,999

Al ser $0,999 > 0,05$; la única combinación posible de muestras completamente homocedásticas entre ellas, es la que forman los grupos experimental y de control de Ingeniería del Riego, y el grupo de control de Construcciones.

❖ ANOVA 4 MUESTRAS NO HOMOCEDÁSTICAS - COMPARACIONES POST HOC · T2 TAMHANE

Tabla 59. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. T2 Tamhane.Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo Experimental CA	Grupo de Control CA	1,59231*	,52938	,026	,1345	3,0501
	Grupo Experimental IR	-,10909	,55538	1,000	-1,6374	1,4192
	Grupo de Control IR	1,14545	,54906	,230	-,3661	2,6570
Grupo de Control CA	Grupo Experimental CA	-1,59231*	,52938	,026	-3,0501	-,1345
	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45595	,003	-2,9576	-,4452
	Grupo de Control IR	-,44685	,44823	,905	-1,6811	,7874
Grupo Experimental IR	Grupo Experimental CA	,10909	,55538	1,000	-1,4192	1,6374
	Grupo de Control CA	1,70140*	,45595	,003	,4452	2,9576
	Grupo de Control IR	1,25455	,47866	,071	-,0670	2,5761
Grupo de Control IR	Grupo Experimental CA	-1,14545	,54906	,230	-2,6570	,3661
	Grupo de Control CA	,44685	,44823	,905	-,7874	1,6811
	Grupo Experimental IR	-1,25455	,47866	,071	-2,5761	,0670

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

❖ ANOVA 4 MUESTRAS NO HOMOCEDÁSTICAS -
COMPARACIONES POST HOC · T3 DUNNETT

Tabla 60. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. T3 Dunnett.Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo Experimental CA	Grupo de Control CA	1,59231*	,52938	,025	,1380	3,0466
	Grupo Experimental IR	-,10909	,55538	1,000	-1,6337	1,4156
	Grupo de Control IR	1,14545	,54906	,224	-,3624	2,6533
Grupo de Control CA	Grupo Experimental CA	-1,59231*	,52938	,025	-3,0466	-,1380
	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45595	,003	-2,9546	-,4482
	Grupo de Control IR	-,44685	,44823	,897	-1,6782	,7845
Grupo Experimental IR	Grupo Experimental CA	,10909	,55538	1,000	-1,4156	1,6337
	Grupo de Control CA	1,70140*	,45595	,003	,4482	2,9546
	Grupo de Control IR	1,25455	,47866	,069	-,0636	2,5727
Grupo de Control IR	Grupo Experimental CA	-1,14545	,54906	,224	-2,6533	,3624
	Grupo de Control CA	,44685	,44823	,897	-,7845	1,6782
	Grupo Experimental IR	-1,25455	,47866	,069	-2,5727	,0636

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

❖ ANOVA 4 MUESTRAS NO HOMOCEDÁSTICAS -
COMPARACIONES POST HOC · C DUNNETT

Tabla 61. Comparaciones múltiples. 4 muestras independientes. C Dunnett. Posttest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	95% de intervalo de confianza	
				Límite inferior	Límite superior
Grupo Experimental CA	Grupo de Control CA	1,59231*	,52938	,1362	3,0484
	Grupo Experimental IR	-,10909	,55538	-1,6445	1,4264
	Grupo de Control IR	1,14545	,54906	-,3722	2,6632
Grupo de Control CA	Grupo Experimental CA	-1,59231*	,52938	-3,0484	-,1362
	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45595	-2,9651	-,4377
	Grupo de Control IR	-,44685	,44823	-1,6889	,7952
Grupo Experimental IR	Grupo Experimental CA	,10909	,55538	-1,4264	1,6445
	Grupo de Control CA	1,70140*	,45595	,4377	2,9651
	Grupo de Control IR	1,25455	,47866	-,0796	2,5887
Grupo de Control IR	Grupo Experimental CA	-1,14545	,54906	-2,6632	,3722
	Grupo de Control CA	,44685	,44823	-,7952	1,6889
	Grupo Experimental IR	-1,25455	,47866	-2,5887	,0796

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**❖ ANOVA 3 MUESTRAS HOMOCEDÁSTICAS -
COMPARACIONES POST HOC · HSD TUKEY**

Tabla 62. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. HSD Tukey. Posttest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de Control CA	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45356	,001	-2,7885	-,6143
	Grupo de Control IR	-,44685	,45356	,589	-1,5340	,6403
Grupo Experimental IR	Grupo de Control CA	1,70140*	,45356	,001	,6143	2,7885
	Grupo de Control IR	1,25455*	,47209	,026	,1230	2,3861
Grupo de Control IR	Grupo de Control CA	,44685	,45356	,589	-,6403	1,5340
	Grupo Experimental IR	-1,25455*	,47209	,026	-2,3861	-,1230

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

❖ ANOVA 3 MUESTRAS HOMOCEDÁSTICAS -
COMPARACIONES POST HOC · DMS

Tabla 63. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. DMS. Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de Control CA	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45356	,000	-2,6067	-,7961
	Grupo de Control IR	-,44685	,45356	,328	-1,3522	,4585
Grupo Experimental IR	Grupo de Control CA	1,70140*	,45356	,000	,7961	2,6067
	Grupo de Control IR	1,25455*	,47209	,010	,3123	2,1968
Grupo de Control IR	Grupo de Control CA	,44685	,45356	,328	-,4585	1,3522
	Grupo Experimental IR	-1,25455*	,47209	,010	-2,1968	-,3123

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

❖ ANOVA 3 MUESTRAS HOMOCEDÁSTICAS -
COMPARACIONES POST HOC · BONFERRONI

Tabla 64. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. Bonferroni. Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de Control CA	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45356	,001	-2,8152	-,5876
	Grupo de Control IR	-,44685	,45356	,984	-1,5606	,6669
Grupo Experimental IR	Grupo de Control CA	1,70140*	,45356	,001	,5876	2,8152
	Grupo de Control IR	1,25455*	,47209	,030	,0953	2,4138
Grupo de Control IR	Grupo de Control CA	,44685	,45356	,984	-,6669	1,5606
	Grupo Experimental IR	-1,25455*	,47209	,030	-2,4138	-,0953

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

❖ ANOVA 3 MUESTRAS HOMOCEDÁSTICAS - COMPARACIONES POST HOC · SIDAK

Tabla 65. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. Sidak. Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de Control CA	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45356	,001	-2,8121	-,5907
	Grupo de Control IR	-,44685	,45356	,697	-1,5576	,6639
Grupo Experimental IR	Grupo de Control CA	1,70140*	,45356	,001	,5907	2,8121
	Grupo de Control IR	1,25455*	,47209	,029	,0985	2,4106
Grupo de Control IR	Grupo de Control CA	,44685	,45356	,697	-,6639	1,5576
	Grupo Experimental IR	-1,25455*	,47209	,029	-2,4106	-,0985

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

❖ ANOVA 3 MUESTRAS HOMOCEDÁSTICAS -
COMPARACIONES POST HOC · GABRIEL

Tabla 66. Comparaciones múltiples. 3 muestras independientes. Gabriel. Postest.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de Control CA	Grupo Experimental IR	-1,70140*	,45356	,001	-2,8101	-,5927
	Grupo de Control IR	-,44685	,45356	,693	-1,5556	,6619
Grupo Experimental IR	Grupo de Control CA	1,70140*	,45356	,001	,5927	2,8101
	Grupo de Control IR	1,25455*	,47209	,029	,0996	2,4095
Grupo de Control IR	Grupo de Control CA	,44685	,45356	,693	-,6619	1,5556
	Grupo Experimental IR	-1,25455*	,47209	,029	-2,4095	-,0996

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 67. ANOVA. Subgrupos homogéneos. Gabriel. Postest.

Gabriel ^{a,b} Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Grupo de Control CA	26	4,7077	
Grupo de Control IR	22	5,1545	
Grupo Experimental IR	22		6,4091
Sig.		0,702	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 23,189.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo.

Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

