



TESIS DOCTORAL

Modelo para la Creación de Entornos de Aprendizaje basados en técnicas de Gestión del Conocimiento

presentada en la

FACULTAD DE INFORMÁTICA

de la

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

para la obtención del

GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Autora: Dña. Inés Friss de Kereki Guerrero

Ingeniera en Computación por la
Universidad de la República, Uruguay

**Directores: Dr. D. Javier Azpiazú Cuenca
Dr. D. José Crespo del Arco**

Doctorado Conjunto
Universidad Politécnica de Madrid
Universidad ORT Uruguay
Madrid, Diciembre de 2003

Tomo I

A mi familia

Resumen

Se presenta un modelo de entornos de aprendizaje basados en la gestión del conocimiento (GC). Un *entorno de aprendizaje* es el espacio donde es posible gestionar el conocimiento o, mejor dicho, el desconocimiento. La GC se puede considerar como el proceso de integrar la información, extraer sentido de información incompleta y renovarla.

El modelo se tratará de que sea aplicable a cualquier dominio de contenido intelectual, que permita actualizar los contenidos, que contenga estrategias genéricas de enseñanza que se adapten al comportamiento del estudiante y que fomente los diferentes tipos de aprendizaje.

En el modelo presentado, se combinan la gestión del conocimiento con el uso de ontologías, áreas tradicionalmente no vinculadas en los entornos de aprendizaje. Para unificar los criterios sobre cuáles conceptos de conocimientos se presentarán, es necesario definir y formalizar los diferentes tipos de conocimiento a través de una ontología. Se incluye una conceptualización sobre los tipos de conocimiento, basada en ontologías reutilizables.

El modelo fue implementado en Java. El entorno desarrollado PLE:ASE (*“Programming Learning Environment: an Approach to Software for Education”*) fue aplicado y evaluado en un curso de 1er. año de Programación Orientada a Objetos, con estudiantes de Ingeniería en Sistemas. Se constató que el uso del entorno permite al estudiante mejorar o ampliar las formas de resolución de problemas y sus capacidades para realizar la transferencia del conocimiento.

En resumen, un modelo *original* es presentado, pues es diferente a todos los analizados, *aplicable*, pues su viabilidad quedó demostrada a través del sistema PLE:ASE, *eficiente*, de acuerdo a los resultados de la experimentación y *basado en la GC y sus técnicas*, pues permite explorar, evaluar y manejar el conocimiento activamente.

Abstract

A learning environment model based on knowledge management (KM) is presented. A *learning environment* is the space where it is possible to manage knowledge or, rather, ignorance. The KM can be seen as the process of integrating information, to get sense out of incomplete information and to renew it.

The model is intended to be applicable to i) any domain of knowledge of intellectual content, ii) to evolving contents, iii) to contain generic teaching strategies that adapt according to the student's behavior and iv) to foment the different learning types.

In the model presented, managing of knowledge and use of ontologies are combined, whereas, traditionally in learning environments, both aspects are not linked. In order to unify criteria on which knowledge concepts will be represented, it is necessary to define and formalize the different types of knowledge through an ontology. A conceptualization on knowledge type, based on reusable ontologies has also been presented.

The model was implemented in Java. The developed environment, PLE:ASE (“Programming Learning Environment: an Approach to Software for Education”) was applied and evaluated in a basic course of Object Oriented Programming for 1st year students of System Engineering. It was verified that the use of the environment allowed the student to enlarge or improve his problem resolution methods and his capacities to carry out the transferability of knowledge.

To sum up, an *original* model is presented, which is different to all those analyzed, *applicable* because its viability has been demonstrated through the system PLE:ASE, *efficient* according to the results of the experimentation and *based on KM and its techniques*, because it is allowed to explore, evaluate and manage knowledge actively.

Agradecimientos

Terminar una tesis de doctorado es la culminación de largo tiempo de trabajo, estudio y esfuerzo. Sería muy difícil lograrlo si no es con el apoyo y estímulo de muchas personas.

Haciendo una división geográfica, considerando las costas americanas del Océano Atlántico, en primer lugar quiero agradecer a la Universidad ORT Uruguay, donde ejerzo y disfruto la docencia desde hace más de quince años. ORT Uruguay es la gestora de este proceso de formación: confió una vez más en sus docentes y brindó todo lo necesario.

En particular, agradezco al Rector Dr. Jorge Grünberg, siempre presente ofreciendo respaldo y ánimo; al Decano Académico Ing. Julio Fernández, al Decano Ing. Mario Fernández y a la Secretaria Docente Dra. Patricia Corbo, quienes colaboraron activamente en la búsqueda de soluciones a las dificultades y sobre todo me dieron aliento, espacio y recursos para llevar adelante la tarea y concluirla.

Quiero incluir un recuerdo muy especial para el Dr. Enrique Lorenzo. Fue un pilar fundamental no sólo en esta tesis sino en nuestro desarrollo profesional como docente e investigadora. Un lugar importante ocupan los alumnos de Ingeniería en Sistemas que participaron en la experimentación. A los futuros ingenieros mi agradecimiento. Además, agradezco a todas las bibliotecarias que muy gentilmente atendieron y resolvieron todos mis pedidos. También, gracias a mis colegas docentes y asistentes de laboratorio por su incondicional colaboración. Finalmente, un agradecimiento al Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) del Ministerio de Educación y Cultura de Uruguay, que colaboró en el financiamiento.

De las costas europeas del Atlántico, quiero agradecer en primer lugar a mis tutores Dr. Javier Azpiazu y Dr. José Crespo. Los oportunos consejos y las apropiadas directivas me han sido de gran utilidad. Las fructíferas discusiones han ampliado mis horizontes. También las acertadas recomendaciones y críticas, siempre desde una perspectiva positiva y constructiva, permitieron que se mejorara sustancialmente el trabajo.

Quiero agradecer también al Dr. Juan Pazos, quien sembró la oportunidad y la posibilidad del desarrollo de esta tesis. La tesis se gestó a partir del dictado por el Dr. Pazos de un curso doctoral sobre Gestión del Conocimiento. Cuando asistí al curso, sentí que sería en esos temas donde encontraría un lugar para trabajar.

Agradezco también al Dr. José Morant quien siempre facilitó todas las gestiones. A Salomé García mi reconocimiento por su colaboración. A la Dra. Ernestina Menasalvas le agradezco su compañía y su cooperación durante mis estadías en Madrid. También quiero incluir un reconocimiento al Dr. Andrés Silva por sus muy útiles consejos para la publicación del trabajo.

Finalmente, y sin distinguir orillas, -pues están en mi corazón y son mi vida- quiero agradecer profundamente a mi esposo, Ing. Esteban Garrido y a mis hijos Ismael Carlos y Patricia Estefanía. Me brindaron su apoyo, me comprendieron, tuvieron tolerancia e infinita paciencia y cedieron su tiempo para que “Mamá estudie”, para permitir así llevar adelante un proyecto que pasó de ser una meta personal a otro emprendimiento más de familia. A ellos, mi eterno amor y gratitud. Además, un agradecimiento y un reconocimiento especial a quienes han fomentado en todos sus hijos el interés por aprender: mis padres.

Montevideo, diciembre de 2003

Contenido resumido

Tomo I

1	ENTORNOS DE APRENDIZAJE Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	DEFINICIONES INICIALES.....	14
1.3	FINALIDAD Y ESTRUCTURA DE LA TESIS	24
1.4	APORTES DE LA TESIS.....	26
1.5	RESUMEN	27
2	ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	28
2.1	INTRODUCCIÓN.....	28
2.2	ENTORNOS DE APRENDIZAJE.....	28
2.3	GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	63
2.4	ENTORNOS DE APRENDIZAJE Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	70
2.5	MODELO CONCEPTUAL: ONTOLOGÍAS	71
2.6	MODELO FORMAL: REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO	75
2.7	CLASIFICACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS.....	77
2.8	RESUMEN	82
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	84
3.1	INTRODUCCIÓN.....	84
3.2	ACERCA DE LOS PROBLEMAS	84
3.3	EL PROBLEMA	89
4	SOLUCIÓN PROPUESTA	91
4.1	CONSIDERACIONES INICIALES.....	91
4.2	PRESENTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO.....	91
4.3	DESCRIPCIÓN DE UNA IMPLEMENTACIÓN: PLE:ASE.....	105
4.4	RESUMEN Y REFLEXIONES.....	109
5	EXPERIMENTACIÓN	111
5.1	INTRODUCCIÓN.....	111
5.2	EXPERIMENTACIÓN.....	111
5.3	RESULTADOS	123
5.4	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	127
5.5	CONCLUSIONES DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	156
5.6	RESUMEN	157
6	CONCLUSIONES DEL TRABAJO.....	158
7	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN Y TRABAJOS ADICIONALES	160
8	BIBLIOGRAFÍA.....	161
9	ÍNDICE DE AUTORES	179

Tomo II

1	APÉNDICES	1
1.1	MATERIAL PARA EL ALUMNO.....	1
1.2	PUBLICACIONES.....	7
1.3	DATOS EXPERIMENTALES.....	8
2	BIBLIOGRAFÍA.....	203
3	ÍNDICE DE AUTORES	204

Contenido detallado

Tomo I

1	ENTORNOS DE APRENDIZAJE Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.1.1	<i>La universidad y sus funciones</i>	<i>1</i>
1.1.2	<i>Era de la Información, Era del Conocimiento, Era del Aprendizaje</i>	<i>2</i>
1.1.3	<i>Educación en la Era del Aprendizaje.....</i>	<i>6</i>
1.1.4	<i>Propuestas para la universidad.....</i>	<i>10</i>
1.2	DEFINICIONES INICIALES.....	14
1.2.1	<i>Entorno.....</i>	<i>14</i>
1.2.2	<i>Aprendizaje.....</i>	<i>15</i>
1.2.3	<i>Entorno de Aprendizaje.....</i>	<i>18</i>
1.2.4	<i>Conocimiento.....</i>	<i>20</i>
1.2.5	<i>Gestión del Conocimiento.....</i>	<i>22</i>
1.2.6	<i>Técnicas de Gestión del Conocimiento.....</i>	<i>23</i>
1.3	FINALIDAD Y ESTRUCTURA DE LA TESIS	24
1.4	APORTES DE LA TESIS.....	26
1.5	RESUMEN	27
2	ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	28
2.1	INTRODUCCIÓN.....	28
2.2	ENTORNOS DE APRENDIZAJE.....	28
2.2.1	<i>Pasado, presente y futuro de los entornos de aprendizaje.....</i>	<i>28</i>
2.2.1.1	<i>Generalidades</i>	<i>28</i>
2.2.1.2	<i>Enseñanza asistida por computadora</i>	<i>30</i>
2.2.2	<i>Definición de entorno de aprendizaje.....</i>	<i>35</i>
2.2.3	<i>Pautas para la construcción de entornos de aprendizaje</i>	<i>35</i>
2.2.4	<i>Criterios de evaluación y de catalogación de ambientes/entornos de aprendizaje</i>	<i>41</i>
2.2.5	<i>Diversos entornos y modelos de entornos de aprendizaje</i>	<i>45</i>
2.2.5.1	<i>Estándar IEEE P1484.1/D9 LTSA (Learning Technology Systems Architecture).....</i>	<i>45</i>
2.2.5.2	<i>Modelos y sistemas basados en Hypermedia.....</i>	<i>48</i>
2.2.5.3	<i>ID Expert</i>	<i>50</i>
2.2.5.4	<i>Modelo de Wiig.....</i>	<i>51</i>
2.2.5.5	<i>Aula virtual</i>	<i>52</i>
2.2.5.6	<i>ExAM</i>	<i>53</i>
2.2.5.7	<i>COSE</i>	<i>54</i>
2.2.5.8	<i>TANGOW.....</i>	<i>55</i>
2.2.5.9	<i>Modelo de Rodríguez-Artacho</i>	<i>55</i>
2.2.5.10	<i>Modelo de Gil.....</i>	<i>57</i>
2.2.5.11	<i>Otros entornos.....</i>	<i>57</i>
2.2.6	<i>Consideraciones acerca de los entornos presentados.....</i>	<i>62</i>
2.3	GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	63
2.3.1	<i>Actividades de la gestión del conocimiento.....</i>	<i>63</i>
2.3.2	<i>Diferentes técnicas de gestión del conocimiento</i>	<i>64</i>
2.3.2.1	<i>Análisis FADO.....</i>	<i>64</i>
2.3.2.2	<i>Memorias Institucionales</i>	<i>65</i>
2.3.2.3	<i>Mapas.....</i>	<i>67</i>
2.3.2.4	<i>Herramientas y tecnologías de la información genéricas y específicas para la gestión del conocimiento.....</i>	<i>68</i>
2.3.3	<i>Gestión del Conocimiento en Empresas.....</i>	<i>69</i>
2.4	ENTORNOS DE APRENDIZAJE Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	70
2.5	MODELO CONCEPTUAL: ONTOLOGÍAS	71
2.5.1	<i>Definición de ontología.....</i>	<i>71</i>
2.5.2	<i>Clasificación de ontologías.....</i>	<i>72</i>
2.5.3	<i>Construcción de ontologías.....</i>	<i>73</i>
2.6	MODELO FORMAL: REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO	75

2.6.1	Conceptos y relaciones.....	75
2.6.2	Tipos de formalismos	75
2.6.2.1	Formalismos basados en conceptos	75
2.6.2.1.1	Objeto-Atributo-Valor.....	75
2.6.2.1.2	Marcos.....	76
2.6.2.2	Formalismos basados en relaciones	76
2.7	CLASIFICACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS.....	77
2.7.1	Diversos tipos de conocimientos y clasificaciones.....	77
2.7.2	Propuesta de clasificación del conocimiento.....	81
2.8	RESUMEN.....	82
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	84
3.1	INTRODUCCIÓN.....	84
3.2	ACERCA DE LOS PROBLEMAS.....	84
3.3	EL PROBLEMA	89
4	SOLUCIÓN PROPUESTA.....	91
4.1	CONSIDERACIONES INICIALES.....	91
4.2	PRESENTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO.....	91
4.2.1	Funcionamiento esperado del entorno.....	91
4.2.2	Requisitos.....	92
4.2.2.1	Del alumno	92
4.2.2.2	Del profesor.....	93
4.2.3	Arquitectura del modelo: descripción general de componentes.....	93
4.2.4	Aportes del modelo.....	93
4.2.5	Marco conceptual del modelo	94
4.2.5.1	Clase Conocimiento.....	96
4.2.5.2	Clase Conocimiento Anecdótico.....	97
4.2.5.3	Clase Conocimiento Descriptivo	97
4.2.5.4	Clase Conocimiento Descriptivo Alternativo.....	98
4.2.5.5	Clase Conocimiento Descriptivo Básico.....	98
4.2.5.6	Clase Conocimiento Descriptivo Ampliado	98
4.2.5.7	Clase Conocimiento Descriptivo Comparativo.....	98
4.2.5.8	Clase Conocimiento Descriptivo de “Monitoreo”.....	99
4.2.5.9	Clase Conocimiento Procedimental	99
4.2.5.10	Clase Conocimiento Procedimental Básico	99
4.2.5.11	Clase Conocimiento Procedimental Replicante por Analogía	99
4.2.5.12	Clase Conocimiento Procedimental de “Monitoreo”.....	99
4.2.5.13	Clase Conocimiento Procedimental Alternativo.....	100
4.2.5.14	Clase Conocimiento Heurístico	100
4.2.5.15	Clase Persona	100
4.2.5.16	Clase Estudiante.....	100
4.2.5.17	Clase Profesor.....	101
4.2.5.18	Clase Tema.....	101
4.2.6	Descripción detallada de los componentes del modelo.....	101
4.2.6.1	Entidad estudiante.....	101
4.2.6.2	Entidad profesor.....	101
4.2.6.3	Módulo de Gestión del conocimiento.....	101
4.2.6.4	Proceso supervisor.....	104
4.3	DESCRIPCIÓN DE UNA IMPLEMENTACIÓN: PLE:ASE.....	105
4.3.1	Consideraciones sobre el diseño y la implementación.....	105
4.3.2	Implementación: PLE:ASE	105
4.4	RESUMEN Y REFLEXIONES.....	109
5	EXPERIMENTACIÓN.....	111
5.1	INTRODUCCIÓN.....	111
5.2	EXPERIMENTACIÓN.....	111
5.2.1	Programación I en la Universidad ORT Uruguay.....	111
5.2.2	Diseño experimental.....	112

5.2.2.1	Acerca de la experimentación.....	112
5.2.2.2	Propósitos del diseño experimental	113
5.2.2.3	Hipótesis	113
5.2.2.4	Muestreo	114
5.2.2.5	Tamaño de la muestra.....	115
5.2.2.6	Instrumentos y Recolección de Datos.....	116
5.2.2.7	Evaluación y Pruebas estadísticas	116
5.2.2.7.1	Estadística no paramétrica	116
5.2.2.7.2	Evaluación y escalas	117
5.2.2.7.3	Pruebas estadísticas.....	117
5.2.2.8	Descripción de instrumentos (versión final).....	118
5.2.3	<i>Bitácora de la Experimentación</i>	121
5.2.3.1	Preparación: Distribución de alumnos en los grupos	121
5.2.3.2	“Pretesteo” de instrumentos de la prueba de sondeo	121
5.2.3.3	Prueba de sondeo	122
5.2.3.4	Material de Gestión del Conocimiento y Resolución de Problemas	122
5.2.3.5	Entorno	122
5.2.3.6	“Pretesteo” de instrumentos de la evaluación final	123
5.2.3.7	Evaluación final	123
5.3	RESULTADOS.....	123
5.3.1	<i>Resultados de la primera prueba (sondeo)</i>	124
5.3.2	<i>Resultados de la segunda prueba (final)</i>	125
5.4	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	127
5.4.1	<i>Mediana y modo</i>	128
5.4.2	<i>Distribución de resultados (Totales por prueba, grupo y pregunta)</i>	129
5.4.3	<i>Tablas de diferencias personalizadas</i>	133
5.4.3.1	Tablas de diferencias personalizadas de todos los alumnos	133
5.4.3.2	Tablas desglosadas de diferencias personalizadas.....	137
5.4.3.2.1	Progreso individual en estudiantes sin conocimientos previos.....	137
5.4.3.2.2	Progreso individual en estudiantes con conocimientos previos.....	138
5.4.3.2.3	Progreso individual en estudiantes sin trabajo.....	139
5.4.4	<i>Categorías Alta y Baja</i>	139
5.4.5	<i>Aprobación del curso y Deserción del curso</i>	141
5.4.6	<i>Pruebas Estadísticas</i>	142
5.4.6.1	Prueba del Signo	142
5.4.6.1.1	Resultados e interpretación de la prueba del signo	143
5.4.6.2	Prueba U de Mann-Whitney	145
5.4.6.2.1	Resultados de la prueba U de Mann-Whitney	147
5.4.6.2.2	Análisis de resultados de la prueba U de Mann-Whitney	152
5.4.6.3	Prueba de Kruskal-Wallis	152
5.4.6.3.1	Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis	154
5.4.6.3.2	Análisis de resultados de la prueba de Kruskal-Wallis	156
5.5	CONCLUSIONES DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	156
5.6	RESUMEN	157
6	CONCLUSIONES DEL TRABAJO	158
7	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN Y TRABAJOS ADICIONALES	160
8	BIBLIOGRAFÍA	161
9	ÍNDICE DE AUTORES	179

Tomo II

1	APÉNDICES	1
1.1	MATERIAL PARA EL ALUMNO.....	1
1.1.1	<i>Sobre la Resolución de Problemas: Shuttle.....</i>	<i>1</i>
1.1.2	<i>Sobre la gestión del conocimiento.....</i>	<i>4</i>
1.1.3	<i>Sobre la resolución de problemas.....</i>	<i>5</i>
1.2	PUBLICACIONES	7
1.3	DATOS EXPERIMENTALES	8
1.3.1	<i>Primera Prueba</i>	<i>9</i>
1.3.1.1	Grupo M1A.....	9
1.3.1.2	Grupo M1B.....	48
1.3.1.3	Grupo N1A.....	91
1.3.2	<i>Segunda Prueba.....</i>	<i>107</i>
1.3.2.1	Grupo M1A.....	107
1.3.2.2	Grupo M1B.....	144
1.3.2.3	Grupo N1A.....	187
2	BIBLIOGRAFÍA	203
3	ÍNDICE DE AUTORES	204

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Características del modelo de Bell	4
Tabla 1-2 Modelos de Aprendizaje	17
Tabla 1-3 Tecnologías	18
Tabla 1-4 Posición de datos y conocimiento.....	20
Tabla 2-1 Sistemas de enseñanza	34
Tabla 2-2 Escala de Felder y Silverman	38
Tabla 2-3 Tipos de estrategias cognoscitivas.....	51
Tabla 2-4 Distintas herramientas para construir entornos de aprendizaje	62
Tabla 2-5 FADO	65
Tabla 2-6 Topografía del conocimiento.....	67
Tabla 2-7 Conversión entre tipos de conocimiento.....	77
Tabla 2-8 Diferentes tipos de conocimientos.....	80
Tabla 3-1 Aplicación de los 6 servidores del hombre	90
Tabla 5-1 Experimentación	113
Tabla 5-2 Grupo M1A: Prueba de Sondeo.....	124
Tabla 5-3 Grupo M1B: Prueba de Sondeo.....	125
Tabla 5-4 Grupo N1A: Prueba de Sondeo.....	125
Tabla 5-5 Grupo M1A: Prueba Final.....	126
Tabla 5-6 Grupo M1B: Prueba Final.....	126
Tabla 5-7 Grupo N1A: Prueba Final	127
Tabla 5-8 Análisis de los datos.....	128
Tabla 5-9 Grupo M1A: mediana, modo.....	128
Tabla 5-10 Grupo M1B: mediana y modo.....	129
Tabla 5-11 Grupo N1A: mediana y modo.....	129
Tabla 5-12 Totales por grupo y pregunta de Prueba 1	130
Tabla 5-13 Totales por grupo y pregunta de Prueba 2	131
Tabla 5-14 Interpretación de distribución de resultados.....	133
Tabla 5-15 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta.....	134
Tabla 5-16 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta.....	136
Tabla 5-17 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta.....	136
Tabla 5-18 Interpretación de diferencias personalizadas	137
Tabla 5-19 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos)...	138
Tabla 5-20 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos)...	138
Tabla 5-21 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos)...	138
Tabla 5-22 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos)...	138
Tabla 5-23 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos)..	138
Tabla 5-24 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos)..	139
Tabla 5-25 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan).....	139
Tabla 5-26 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan).....	139
Tabla 5-27 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan).....	139
Tabla 5-28 Categorías Alta y Baja, Prueba 1	140
Tabla 5-29 Categorías Alta y Baja, Prueba 2	140
Tabla 5-30 Interpretación de resultados por categoría	141
Tabla 5-31 Aprobación y Deserción.....	141
Tabla 5-32 Prueba del Signo (nivel 5%).....	143
Tabla 5-33 Prueba del Signo (nivel 10%).....	144
Tabla 5-34 Resumen de casos significativos de Prueba del Signo (5%, 10%)	145
Tabla 5-35 Pruebas de U: Mann-Whitney.....	147
Tabla 5-36 Resumen de casos significativos de Mann-Whitney (5%)	152
Tabla 5-37 Resumen de casos significativos de Mann-Whitney (10%).....	152
Tabla 5-38 Pruebas de Kruskal Wallis	154
Tabla 5-39 Resumen de casos significativos de Kruskal Wallis (5%)	156
Tabla 5-40 Resumen de casos significativos de Kruskal Wallis (10%).....	156
Tabla 5-41 Resultados globales.....	157

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1-1 Recursos de la Economía Mundial.....	5
Ilustración 1-2 Estructura de las capacitaciones en el mundo laboral actual.....	9
Ilustración 1-3 Estructura de las capacitaciones en el mundo laboral futuro.....	9
Ilustración 1-4 Abducción, Inducción y Deducción.....	11
Ilustración 1-5 Datos, noticias, conocimiento, sabiduría.....	20
Ilustración 1-6 Niveles de Información.....	21
Ilustración 2-1 Curvas de atención frente a volumen de contenidos.....	45
Ilustración 2-2 Niveles del Estándar de IEEE.....	46
Ilustración 2-3 Componentes y su organización.....	46
Ilustración 2-4 "Mapeo" entre el estándar y un caso límite.....	48
Ilustración 2-5 Modelo de enseñanza de Wiig.....	52
Ilustración 2-6 Aula Virtual.....	53
Ilustración 2-7 Dominios que modelan una materia de estudio.....	56
Ilustración 2-8 Conversión de información en conocimiento.....	63
Ilustración 2-9 Procesos medulares de la administración del conocimiento.....	64
Ilustración 2-10 Dimensiones de los Conocimientos.....	78
Ilustración 3-1 Problema.....	85
Ilustración 3-2 Esquema de Solución de Problemas.....	89
Ilustración 4-1 Arquitectura del Modelo.....	93
Ilustración 4-2 Jerarquía.....	95
Ilustración 4-3 Relaciones entre las clases.....	96
Ilustración 4-4 Módulo de Gestión del Conocimiento.....	102
Ilustración 4-5 PLE:ASE.....	105
Ilustración 4-6 Menú Principal.....	106
Ilustración 4-7 Registro de Persona.....	106
Ilustración 4-8 Ingreso al Entorno.....	107
Ilustración 4-9 Conocimientos.....	107
Ilustración 4-10 Ayuda.....	108
Ilustración 4-11 Mantenimiento de los Conocimientos.....	108
Ilustración 4-12 Bitácora.....	109
Ilustración 5-1 Aspectos del análisis.....	127

Índice de Gráficos

Gráfico 5-1 Pregunta 1.....	131
Gráfico 5-2 Pregunta 2.....	132
Gráfico 5-3 Pregunta 3.....	132
Gráfico 5-4 Curvas normales. Escala de z ($z=\pm 1,645$ y $z=\pm 1,96$).....	147
Gráfico 5-5 Ji cuadrada, 2 grados de libertad, nivel 0,05.....	153

Índice de Fórmulas

Fórmula 5-1 U de Mann-Whitney.....	145
Fórmula 5-2 Valor z.....	146
Fórmula 5-3 Valor z para el caso de empates.....	146
Fórmula 5-4 Estadístico H.....	153
Fórmula 5-5 Estadístico H (otra forma).....	153
Fórmula 5-6 Estadístico H ajustado.....	153

1 Entornos de Aprendizaje y Gestión del Conocimiento

... el principio es lo más importante en toda obra,...

Platón
La República, Libro II, XVII

... sin causa y sin principio es imposible que algo exista o se lleve a cabo.

Aristóteles
El arte de la retórica, Libro I, Capítulo VII

1.1 Antecedentes

1.1.1 La universidad y sus funciones

La universidad, como señala Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001] es, junto con las religiones, ejércitos y la familia, la institución más antigua y duradera del mundo. Se puede considerar como su origen en un sentido amplio a la Academia de Platón o en un sentido estricto a la Universidad de Bolonia en el siglo XI. El concepto de universidad moderna, según Haddad [Haddad, G., 2000], aparece en 1809 cuando von Humbolt crea la primera universidad de los tiempos modernos. Las funciones de la universidad son, según Ortega y Gasset [Ortega y Gasset, J., 1982]: Transmisión de la Cultura, Enseñanza de las Profesiones e Investigación Científica. La enseñanza superior consiste en profesionalismo e investigación.

Pinotti [Pinotti, J., 1999] cita que “la función de la universidad es única y exclusiva. No se trata solamente de difundir conocimientos, pues el libro también los difunde. No se trata solamente de conservar la experiencia humana, pues el libro también la conserva. No se trata solamente de preparar prácticos los profesionales de oficios o artes, pues el aprendizaje indirecto los prepara o en último caso escuelas mucho más simples que las universidades. Se trata de mantener una atmósfera del saber, de conservar el saber vivo y no muerto, de formular intelectualmente la experiencia humana, de difundir la cultura humana. En esencia, es la reunión entre los que saben con los que desean aprender”.

Para Riveros [Riveros, L., 2001] “la universidad crea y proyecta, es la institución de reflexión y formación que asegura una continuidad de los modos sociales en su historia evolutiva. Contiene además un potencial de transformación de la sociedad, no sólo por el conocimiento capaz de generar, sino por su ascendente moral y su autoridad intelectual”.

Según Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001], otras funciones clave de la universidad son: gestión y administración del conocimiento, necesidad de actuar como memoria del pasado y atalaya del futuro, construir una instancia de crítica neutral y de liderazgo moral e intelectual, interactuar con el entorno para construir agrupaciones de conocimientos que contribuyan al desarrollo económico incrementando la productividad de las instituciones, dirigiendo y promocionando la innovación y estimulando la formación continua, instrumentar un nuevo

paradigma educativo que sea capaz de pensar la complejidad, dinamismo y globalidad del mundo actual e impartir enseñanza de calidad.

Indican Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001] que nadie está de acuerdo con la universidad actual y sus prestaciones y que, partiendo de que la universidad surgió como respuesta a un conjunto de necesidades, es necesario avanzar debido a que estas necesidades van cambiando con el tiempo. Algunas pautas sugeridas son: desescolarizarse desprendiéndose de los hábitos académicos prescindibles en un análisis racional, asegurar la calidad de los procesos, identificar y desarrollar sus competencias críticas, acortar el “ciclo de vida” y virtualizarse.

La universidad, como lo señalan Benedito y colegas [Benedito, V. *et al.*, 1995], no sólo debe adecuarse a los movimientos y oscilaciones del mercado, sino que debe aprender a mirar de otro modo a su entorno, a comprender y asimilar los nuevos fenómenos, a producir respuestas a dichos cambios, a preparar globalmente a sus estudiantes para las complejidades que les avencinan, a situarse como institución líder productora de ideas, culturas, artes y técnicas renovadoras que se comprometan con la humanidad.

La universidad del siglo XXI, para García [García, F. , 2000], debe ser una organización socialmente activa, abierta e interconectada con su entorno y en la cual se formen individuos portadores de una cultura de aprendizaje continuo, capaces de actuar en ambientes intensivos en información, mediante un uso racional de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Los factores clave son: la formación continua durante toda la vida, la vinculación de la universidad con su entorno y las oportunidades que vienen de la sociedad del conocimiento. Quintanilla [Tomás, M. *et al.*, 1999] destaca que los rasgos de la universidad del futuro serán: Universidad de masas, mayor exigencia de calidad, flexibilidad en sus estructuras y ofertas de enseñanzas, diversificación territorial, mayor presión competitiva, mayor tensión entre la enseñanza y la investigación y mayor presupuesto con consiguiente mayor importancia con relación a la economía del país.

La naturaleza del aprendizaje superior cambiará sustancialmente y las tecnologías de la información serán un elemento fundamental del cambio, refieren Norris y colegas [Norris, D. *et al.*, 1996]. Entre otros puntos plantean que en vez de aprendizaje continuado será aprendizaje perpetuo, en vez de sistemas de aprendizaje separados serán integrados y en vez de cursos tradicionales, grados y calendarios académicos serán experiencias de aprendizaje basadas en las necesidades del aprendiz.

1.1.2 Era de la Información, Era del Conocimiento, Era del Aprendizaje

Como señalan Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001], citando a Dolence y Norris, “la sociedad está emprendiendo una transformación fundamental desde la Era Industrial a la Era de la Información. El motor de la Era de la Información son el aprendizaje y los conocimientos”. Así sugieren reorientar la visión de la educación universitaria, rediseñar la educación de acuerdo a esta visión, redefinir los roles y responsabilidades de los agentes y del sistema educativo y reingenierizar los procesos organizativos.

El conocimiento, para Willis y colegas [Willis, E. *et al.*, 2001], es el entendimiento de las causas y efectos que envuelven ideas y acciones que requieren el uso de habilidades de mayor orden o pensamiento crítico. “La búsqueda de los conocimientos es tan vieja como la historia de la humanidad” refieren Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997]. Cada día se producen más conocimientos y los conocimientos científicos y técnicos han ampliado los horizontes de la humanidad hasta límites insospechados. Su crecimiento es virtualmente irreversible, exponencial o casi y no existe previsiblemente límite.

Para Toffler y colegas [Toffler, A. *et al.*, 1998] el conocimiento es el más polifacético e importante de todos los factores de producción, tanto si puede ser medido como si no es posible determinarlo. A todos los fines es inagotable. A diferencia de un alto horno o de una cadena de montaje, puede ser empleado al mismo tiempo por dos empresas y serán capaces de utilizarlo para generar todavía mucho más conocimiento. Es más, Stewart [Stewart, T., 1998] refiere que el valor de los conocimientos crece, a diferencia de otros recursos, con la abundancia y no con la escasez.

Las nuevas industrias del futuro dependerán de la capacidad cerebral. Las ventajas comparativas del trabajo humano reemplazan a la ventaja comparativa de la Madre Naturaleza (la posesión de recursos naturales) o de la historia (recursos de capital), refiere Thurow [Thurow, L., 1992].

La “Sociedad global de la información” es el término que identifica a la sociedad de finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI, señala Paradela [Paradela, L., 2001]. Es una sociedad caracterizada por estar basada en los computadores (a diferencia de la sociedad del siglo XIX que se basó en el vapor y en el siglo XX en el petróleo y la electricidad), es interconectada, es global (no hay distancias) y es del conocimiento. O sea, más que sociedad o era de la información es del conocimiento y “es precisamente el desarrollo de los soportes que almacena y distribuye el conocimiento el que ha multiplicado su crecimiento y hace necesario el desarrollo de procedimientos para gestionarlo con el fin de que el progreso siga pudiendo ser sostenido”. Para Battro [Battro, A. *et al.*, 1997] se entra en la era del conocimiento, la nueva industria exige “cerebro de obra” más que “mano de obra”, o como lo expresan Alonso-Amo y colegas [Alonso-Amo F. *et al.*, 1992] se necesitan “mentes en acción”. Estos mismos autores establecen que el desafío de los 80 fue transformar datos en información y que el dilema de los 90 fue convertir información en conocimiento. Actualmente el desafío podría plantearse en gestionar ese conocimiento.

Globalización es para Fainholc [Fainholc, B., 1999] el espacio sin fronteras que produce cambios en el desarrollo de los mercados a través de las tecnologías de las comunicaciones, favoreciendo la producción.

Treacy y Wiersema [Paradela, L., 2001] se refieren a los desarrollos históricos, según las actividades dominantes y su relación con el conocimiento:

- a) economías agrarias: luego de la recolección y la caza, la etapa económica condujo a la economía agrícola que se centraba en crear provisiones por cultivar cosechas y domesticar animales. La gente proporcionaba trabajo físico. Los conocimientos por sí mismos no eran generalmente reconocidos ni componente fundamental de esas sociedades.
- b) economías de recursos naturales: aquí el foco es la dominación explícita de los recursos naturales, tales como minerales y productos agrícolas. El papel de la gente era facilitar la conversión de los recursos en bienes vendibles y llevarlos a los mercados. Los conocimientos se transmitían por “pupilaje”, del maestro al aprendiz.
- c) Revolución Industrial: la conversión de recursos naturales y fabricación de productos fueron mejor organizados y mejorados para lograr mayor eficiencia en el proceso durante los siglos XVIII y XIX. Los conocimientos se transmitían por aprendizaje en centros especializados, básicamente universidades.
- d) Revolución del Producto: en la primera mitad del siglo XX se empezó a poner énfasis en la sofisticación de los productos y en el concepto de servicios para mejorar el producto. El nuevo foco era el liderazgo del producto a través de la variabilidad y sofisticación. El papel de los profesionales y artesanos cambió de forma que la experiencia llegó a ser importante.

- e) Revolución de la Información: en la segunda mitad del siglo XX continúa el foco combinando excelencia operativa y liderazgo de productos. Las tecnologías de la información se convirtieron en utilizables y dieron como resultado un control más estrecho de la fabricación, logística y mercadeo.

Resumiendo, señala Paradela [Paradela, L., 2001] que el modelo de Treacy y Wiersema ilustra como el mundo ha incrementado su confianza en los conocimientos observando cómo se ha desplazado el foco económico en el tiempo. Al comienzo, la preocupación fue hacer el máximo con recursos limitados, buscando la excelencia operativa. Luego el énfasis pasó a ser fabricar productos más listos persiguiendo el liderazgo de productos. Actualmente, las instituciones se centran en usar sus conocimientos para ofrecer soluciones ingeniosas y desarrollar amplias y fructíferas relaciones para conseguir que sus clientes tengan éxito.

Bell [Bell, D., 1996] indica que el principal recurso estratégico de la sociedad postindustrial es el conocimiento. Refiere a la sociedad preindustrial, industrial y postindustrial, caracterizando cada una según diferentes aspectos. La vida en la sociedad preindustrial es un “juego contra la naturaleza”. La fuerza laboral está en las industrias “extractivas”: agricultura, pesca, minería. Se trabaja con la fuerza de los músculos. En la sociedad industrial es un “juego contra la naturaleza fabricada”. El mundo se convirtió en técnico y racionalizado. Las máquinas predominan y la energía sustituyó al músculo puro. Es un mundo de organización, jerarquía y burocracia. La sociedad postindustrial, centrado en los servicios humanos, profesionales y técnicos, es un “juego entre personas”. La organización de un equipo de investigación, la relación profesor y alumno, la relación gobierno y ciudadanos, involucra cooperación y reciprocidad en vez de coordinación y jerarquía.

Algunas características del modelo de Bell [Bell, D., 1996] se presentan en la Tabla 1-1 Características del modelo de Bell:

Sociedad ⇔	Preindustrial	Industrial	Postindustrial
Característica ⇓			
Recurso	tierra	maquinaria, energía	información
Modo	extracción	fabricación	procesamiento
Tecnología	centrada en la mano de obra	centrada en el capital	centrada en el conocimiento

Tabla 1-1 Características del modelo de Bell

Las dimensiones que considera Bell [Lucas, A., 2000] son:

- sector económico: cambio de una economía productora de mercancías a otra productora de servicios;
- distribución ocupacional: preeminencia de clases profesionales y técnicas;
- principio axial: centralidad del conocimiento teórico como fuente de innovación y formulación política de la sociedad;
- orientación futura: el control de la tecnología y contribuciones tecnológicas y
- tomas de decisión: creación de una nueva tecnología intelectual.

En forma similar al modelo de Treacy y Wiersema referido por Paradela [Paradela, L., 2001], para Lucas [Lucas, A., 2000] se pueden distinguir 3 revoluciones industriales: la primera se inicia en el Reino Unido a fines del siglo XVIII, y consistió en sustituir la base agraria de las sociedades tradicionales por otra de base industrial. La segunda revolución -a principios del siglo XX- confirma y afianza las tendencias de la primera. Se percibe una madurez del industrialismo. El

centro en muchas sociedades es la producción y maquinaria para producción de bienes. La energía es el sello característico de esta revolución, así como la máquina de vapor lo fue en la primera. Aunque discutible para rotularla como “tercera revolución industrial”, esta tercera etapa podría considerarse a partir de los cambios en la segunda mitad del siglo XX, cuya base energética estará en la utilización de la energía atómica. Bell la denomina sociedad post-industrial. Se la podría llamar sociedad tecnocrática si se fija en el tipo de poder que las domina; también se la llamaría tecnocrática por ser unas sociedades conformadas cultural, psicológica, social y económicamente por el impacto de la tecnología y la electrónica.

Esta misma división de revolución industrial es referida por Drucker [Drucker, P., 1993] pero con una orientación hacia el saber. De 1750 a 1880 aproximadamente el saber se aplicó a herramientas, procesos y productos. En la segunda etapa (alrededor de 1880 al final de la 2^a. Guerra Mundial) el saber se empezó a aplicar al trabajo, marcando el comienzo de la revolución de la productividad. En la última fase, el saber se aplica al saber mismo y es la revolución de la gestión. Un aspecto referido por Stewart [Stewart, T., 1998] es que así como la revolución industrial no terminó con la agricultura, la revolución de la información tampoco pondrá fin a la industria.

En forma esquemática podría representarse según la siguiente ilustración (Ilustración 1-1 Recursos de la Economía Mundial) la correlación de fuerzas entre los recursos en los que se basa la economía mundial (tierra, capital, trabajo y conocimiento), según Gorey y Dorat [Bustelo, C. *et al.*, 2001]:

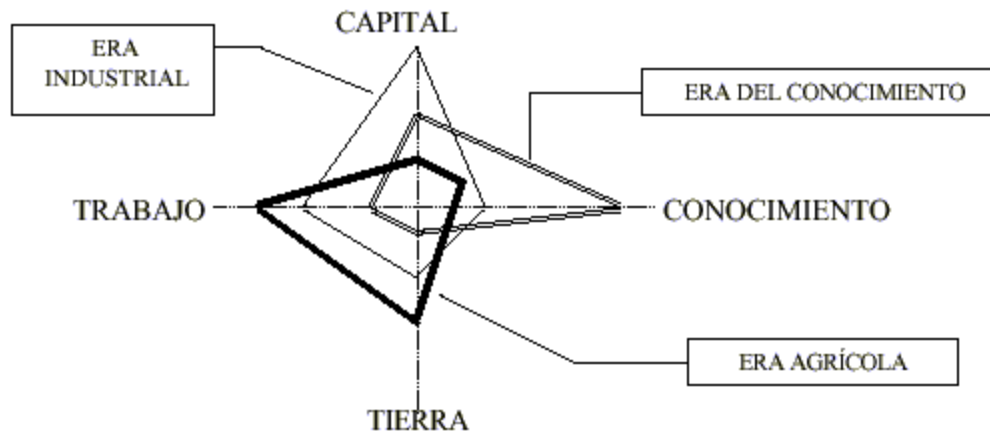


Ilustración 1-1 Recursos de la Economía Mundial

Para Thurow [Thurow, L., 1997] al comparar la situación actual con las batallas económicas del pasado, destaca que la diferencia esencial que se encuentra es que la ventaja competitiva ahora depende del hombre. Los recursos naturales ya han caído de la ecuación competitiva. Las armas dominantes del siglo XXI serán la educación y las habilidades de los trabajadores. La competencia pasó, de ser nicho a nicho (donde todos tienen su propio nicho y es ganar-ganar) a ser codo a codo (todos quieren las mismas “industrias” claves, es ganar-perder).

“Lo que el futuro depara es cada vez más información, la nueva materia prima y el primer factor de producción. Los exitosos serán los que aprendan a gestionar el torrente informativo” refiere Andersen [Andersen C., 1991].

De acuerdo a lo planteado, se está pasando de una sociedad de manufactura a una de “mentefactura”. Los conocimientos son, como ya se indicó, el principio axial y recurso principal de la sociedad postindustrial. Reduce la necesidad de los demás recursos: capital, energía, materias

primas, etc. Debe tenerse presente la ecuación fundamental de los conocimientos, que es, según Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997]:

Cualquier cosa (incluidos los seres humanos) + Conocimientos => Mejora de la cosa.

Papert [Papert, S., 1995] señala que se entra en la era de la información, aunque podría llamarse la era del aprendizaje: la enorme cantidad de cosas que se aprende es ya mucho mayor que en el pasado. Podría hablarse, según Marchesi y colegas [Marchesi, A. *et al.*, 1998], de una sociedad del aprendizaje, que tiene como características principales la ampliación de los lugares donde se aprende, los tiempos en los que se aprende y los sistemas que influyen en los procesos de aprendizaje. La educación no formal va incrementándose en relación a la más formalizada y la educación se extiende inevitablemente a lo largo de toda la vida.

1.1.3 Educación en la Era del Aprendizaje

Educación, para Dewey [Dewey, J., 1967], es aquella reconstrucción o reorganización de la experiencia que da sentido a la experiencia y que aumenta la capacidad para dirigir el curso de la experiencia subsiguiente. Dicho de otra forma, la idea de la educación se resume formalmente en la idea de la reconstrucción continua de la experiencia.

“La educación consiste en crear un entorno favorable, no aprendemos nada que uno mismo no haya redescubierto y reconstruido”, refiere Meirieu [Meirieu, P., 1992]. Un aprendizaje se efectúa cuando un individuo recoge información de su entorno en función de un proyecto personal. Para Andersen [Andersen C., 1991] la capacidad de las personas para asimilar información e interactuar con ella depende en gran medida de cómo se les presenta dicha información.

Los objetivos de la educación son: adquisición de conocimientos, estructuración y desarrollo de la mente, facilidad para identificar, conceptualizar y modelizar situaciones, capacidad de razonamiento y solución de problemas, desarrollo de capacidades de innovación, adaptación al cambio y control de la inestabilidad y aprender a comunicarse con los demás [Pazos, J., 2001].

Pazos [Pazos, J., 2001] diferencia entre educación, formación y entrenamiento. Por educación entiende a la aceptación crítica de la información (datos, noticias o conocimientos, más adelante se profundizará en estos términos) sobre un conjunto de valores universalmente aceptados y conquistados por el hombre a lo largo de su historia. Formación refiere a poner el énfasis en teorías abstractas o generales. El entrenamiento es la adquisición, más bien mecánica, de respuestas a estímulos dados.

La transmisión de entendimiento o las maneras de obtenerlo prácticamente no ocupa tiempo en la escuela. Además en el proceso educacional se hace poca distinción entre datos, información y conocimiento, según Ackoff [Ackoff, R., 1993].

Según Pazos [Pazos, J., 2001], la única forma que se conoce de adquirir habilidades y, o, conocimientos es mediante la instrucción y el aprendizaje. Los problemas de la educación actual son: plétora de conocimientos, anacronismo e inadecuación. Destaca la falta de calidad de la enseñanza actual y una desilusión creciente ante el aula tradicional, debido a que la forma de estudiar continúa desfasada de las necesidades y de los medios existentes en el mundo actual y porque la didáctica va detrás del desarrollo técnico.

Citando algunas características de los años 90 como la internacionalización de la economía, globalización de la comunicación e información y diversificación del empleo, señalan Marchesi y colegas [Marchesi, A. *et al.*, 1998] que los sistemas educativos deben preparar a sus alumnos para las nuevas demandas. Los cambios educativos son inevitables y necesarios. “Estando inmerso el sistema educativo en una sociedad en constante transformación, no es posible pensar que la institución educativa puede mantenerse alejada de las modificaciones que permanentemente van sucediendo”.

Como indican Battro y colegas [Battro, A. *et al.*, 1997], los cambios en la educación son lentos y tardíos: “Las empresas (exitosas) saben adaptarse a los cambios del mercado con mucha rapidez, la educación no siempre sabe hacerlo, es lenta y muchas veces reacciona tarde a los cambios”. Asimismo, Najmanovich [Najmanovich, D., 2000] señala que nuevas prácticas, teorías, narraciones e instituciones surgen día a día, transformando nuestra manera de aprender, de relacionarnos, de comunicarnos, de comprar y vender, de amar y sufrir, de crear y producir. Burbules y colegas [Burbules, N. *et al.*, 2001] afirman que las antiguas ideas sobre el modo en que las personas se comunican, envían, reciben e interpretan la información, y la manera como se relacionan unas con otras tendrán que cambiar, lo cual significa que tendrán que cambiar las ideas sobre la educación.

Entretanto, Najmanovich [Najmanovich, D., 2000] refiere a que la escuela -en términos generales- parece un museo de cera de sí misma, manteniéndose los mismos esquemas de siempre: profesor al frente, asientos en fila y timbres para indicar comienzo y fin de clases, aunque, también señala, los docentes tienen que empezar a pedirle a los alumnos que apaguen el teléfono celular durante la clase, y este sí es un cambio sustancial.

Entre las razones para el deterioro de la enseñanza cita Pazos [Pazos, J., 2001], como ya se indicó, la baja calidad de la enseñanza, la desilusión generalizada y creciente por el aula tradicional y el mal uso de los medios actuales, de los cuales deberían conocerse sus deficiencias. Como ejemplo de la baja calidad cita la “evolución” de un mismo problema matemático (“Problema de las patatas”) con el cual ejemplifica cómo se han ido transformando y especialmente degradando los requerimientos de experiencia en el razonamiento y abstracción a lo largo del tiempo.

Pazos [Pazos, J., 2001] refiere, en relación a la desilusión por el aula tradicional, fallos didácticos y pedagógicos como por ejemplo que se sigue utilizando los mismos esquemas de siempre, los docentes tienen en muchos casos carencias y se enseña orientado a los exámenes. Este último punto está relacionado con la postura de Dewey [Dewey, J., 1967], que indica que se abusa de la acumulación y de la adquisición de información para reproducirla en la repetición y el examen. Asimismo, Tedesco [Tedesco, J., 2000] refiere que en el modelo actual, el oficio de alumno está basado en una dosis muy alta de instrumentalismo, dirigido a obtener los mejores resultados posibles de acuerdo con los criterios de evaluación.

Kozma y colegas [Kozma, R. *et al.*, 2000] comparan la escuela con una línea de montaje, con programas de estudio prolijamente divididos en materias, impartido en unidades de tiempo predecible, ordenado en forma secuencial por grados y controlado mediante exámenes estandarizados. Ackoff [Ackoff, R., 1993] señala que la mayor parte de nuestras escuelas, colegios y universidades son diseminadores industrializadas de información. Operan como fábricas. Los alumnos son tratados como materia prima que se pone en una línea de montaje para convertirla en un producto terminado. El material procesado es inspeccionado y testeado periódicamente.

“Si lo que ha de aprenderse evoluciona, y nadie duda de que evoluciona y cada vez a mayor velocidad, la forma en que ha de aprenderse y enseñarse también debería evolucionar” señala Pozo [Pozo, J., 1996]. Spender [Spender, D., 1998] refiere que no hay una historia profesional de cambio

e innovación: “hemos continuado primariamente enseñando lo que aprendimos”. En los sistemas de enseñanza actuales se enseñan únicamente datos o proposiciones y habilidades o procedimientos, dos únicos modos de conocer, refiere Pazos [Pazos, J., 2001], pues son fáciles de administrar, medir y evaluar. Pero también debería prepararse a los alumnos en la capacidad de síntesis, establecimiento y contraste de conjeturas y creatividad. Respecto a la selección de los contenidos, se debería tener en cuenta las consideraciones ofrecidas por Papert [Papert, S., 1997], donde indica por qué se enseña la resolución de ecuaciones de segundo grado. “No basta el argumento de que es ‘buena matemática’, pues el currículum incluye sólo una parte del total de las ‘buenas matemáticas’, la razón real es porque se adapta a la tecnología del lápiz y papel: es fácil para el estudiante dibujar una curva en papel cuadriculado y es fácil para el docente verificar si la tarea ha sido correctamente realizada”.

Para Najmanovich [Najmanovich, D., 2000] la educación ha trasvasado la cuestión de la escolaridad, se ha vuelto permanente. En la actualidad educación, formación y capacitación son una tríada interconectada en una red de producción y transmisión de prácticas educativas. El aprendizaje, para Fainholc [Fainholc, B., 1999] es un proceso permanente que se da en todos y cada uno de los espacios y tiempos de la vida. Este mismo aspecto de perpetuidad del aprendizaje es destacado por Srisa-an [Srisa-an, W., 2000] cuando señala que con los rápidos cambios en la empresa y en los ambientes tecnológicos, además del incremento geométrico de la disponibilidad de información, hace que sea necesario continuamente adquirir nuevas habilidades y actualizarse uno mismo para prevenir la obsolescencia intelectual o profesional. Más aún, para Porter [Porter, M., 1997] “el proceso de aprender en sí mismo crea la necesidad de seguir aprendiendo”.

El aprendizaje ya no está encapsulado en función del tiempo, lugar y la edad, sino que ha pasado a ser una actividad y una actitud generalizada que continúa durante toda la vida, refieren Kozma y colegas [Kozma, R. *et al.*, 2000]. Maturana [Maturana, H., 1980] indica que “aprender no es un proceso de acumulación de representaciones del ambiente, es un proceso continuo de transformación de la conducta”. Para Lucas [Lucas, A., 2000], los procesos de aprendizaje deben ser cada vez más permanentes y los conocimientos documentales (información sobre la información) van teniendo importancia creciente. Bloom y colegas [Bloom, B. *et al.*, 1975] indican que “el aprendizaje continuado a lo largo de la vida será necesario para una parte cada vez mayor de la fuerza laboral”.

“En la sociedad del saber la gente tiene que aprender cómo aprender” refiere Drucker [Drucker, P., 1993]. “Es más, puede que en la sociedad del saber las materias importen menos que la capacidad del estudiante para continuar aprendiendo y su motivación para hacerlo. La sociedad postcapitalista exige estudiar de por vida.” Asimismo, este autor señala que el centro de gravedad de la educación superior puede pasar a la educación profesional permanente de adultos a lo largo de toda su vida laboral.

En relación a la necesidad creciente de capacitación para el trabajo, Husén [Husén, T., 1988] presenta dos esquemas acerca de la estructura de esas capacitaciones. Para el mundo laboral actual lo presenta en forma de pirámide, como se muestra en la Ilustración 1-2 Estructura de las capacitaciones en el mundo laboral actual. El grupo A corresponde a los obreros no calificados. El grupo B representa a los obreros calificados. A su vez, el grupo C representa el personal administrativo, de supervisión y técnico sin educación universitaria. Finalmente, el grupo D corresponde al personal ejecutivo y técnico, con educación universitaria.

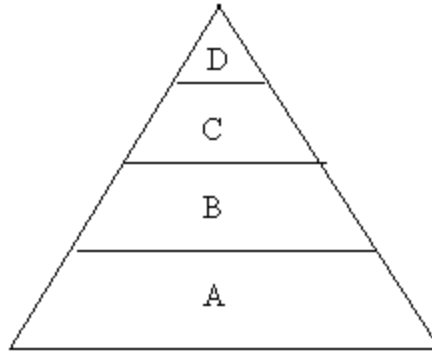


Ilustración 1-2 Estructura de las capacitaciones en el mundo laboral actual

Husén ([Husén, T., 1988]) indica que en poco tiempo esa estructura tendrá forma oval en vez de piramidal según se presenta en la Ilustración 1-3 Estructura de las capacitaciones en el mundo laboral futuro. Para el grupo A habrá un grupo decreciente de oportunidades laborales para los que se necesita poca o ninguna formación. Encima hay un amplio estrato de trabajadores que necesitan más educación formal y que a lo largo de su carrera deberán seguir estudiando y reciclando (grupo B). El grupo C también tendrá una necesidad mayor de educación posterior y reciclaje. Para el grupo D se amplía la pertenencia. Como refiere Stewart [Stewart. T., 2001], los nuevos trabajos serán trabajos del conocimiento. En resumen, será cada vez mayor la necesidad de capacitación y educación.

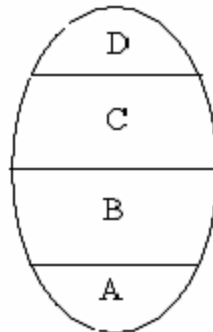


Ilustración 1-3 Estructura de las capacitaciones en el mundo laboral futuro

“Educación es sinónimo de esfuerzo y sacrificio, afán de superación y espíritu crítico e inquisitivo”, señalan Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001], con el enfoque de “instruir deleitando” se ha querido suplantar la verdadera educación, causando mediocridad. Este enfoque es también referido por Jaim [Jaim, G., 1999] cuando indica que uno de los objetivos de la cultura popular contemporánea es eliminar las dificultades, simplificarlo todo. Refiere que el imperativo contemporáneo de lograr que todas las experiencias de la vida, incluida la escolar, sean divertidas anticipa el ocaso del esfuerzo que, necesariamente, está vinculado con el aprendizaje.

Bartolomé [Bartolomé, A., 1996] plantea que no se trata de “aprender sin esfuerzo”: siempre se necesita esfuerzo y trabajar para aprender. “Se trata de que al sujeto no le importa/molesta realizar ese esfuerzo como no le importa al deportista que está subiéndose a una cima o al pianista que permanece horas y horas tocando escalas”. Los anglosajones tienen un aforismo al respecto: “no gain without pain”.

Las expectativas desmedidas cifradas en el aporte de la tecnología al proceso de la educación contribuyen por su parte a desplazar el interés por el desarrollo de los mecanismos de pensamiento

complejo ligados a la reflexión hacia aquellos vinculados con la simple contemplación de imágenes y operaciones sencillas. Se debería “enseñar carpintería, no martillo” [Jaim, G., 1999]. Como señalan Winograd y colegas [Winograd, T. *et al.*,1995], para entender una tecnología se debe tener una visión holística de la red de tecnologías y actividades en las cuales calza.

Privateer [Privateer, P., 1999] refiere al desfase temporal (*time-lag*), que va desde el invento de una tecnología que altera los paradigmas a su uso cotidiano. Ese desfase lo ejemplifica con el uso de los tipos móviles de Gutenberg, el automóvil, la televisión, el microprocesador, entre otros casos. En particular, para este autor, las tecnologías de micro-información están probando que son fuerzas potentes en el diseño del destino de la educación superior. Se debe repensar la relación entre las nuevas formas pedagógicas (aprendizaje colaborativo, descubrimiento, teorías cognitivas basadas en resolución de problemas). Reinventar la tecnología instruccional es un elemento crítico en la creación de nuevos caminos estratégicos para la educación superior. Las universidades no deben funcionar sólo como la cultura del “disco duro”, produciendo estudiantes que, como diskettes, cargan información a otros ambientes. Cada clase debería ser un laboratorio de conocimiento que permita a los estudiantes probar y aplicar el conocimiento en aplicaciones simuladas.

Para Fainholc [Fainholc, B., 1999] el conocimiento del tiempo actual está impregnado por la ontología del presente, donde abundan las experiencias superficiales y alivianadas. El desafío educativo es organizar entornos no convencionales en el que el sujeto participe, robustezca esquemas de pensamiento y su autoestima y ejercite en la práctica esfuerzos disciplinantes y de renovación. “Sin un entendimiento de las condiciones de creatividad, inspiración, cuestionamiento, visualización mental, asociación, analogía, fantasía, relajación, interpretación de papeles o reflexión del salto de cuantía, el que pretenda resolver un problema excavará en el polvo y jamás encontrará oro”, señala Noone [Noone, D., 1996].

1.1.4 Propuestas para la universidad

Ya lo decía Ortega y Gasset [Ortega y Gasset, J., 1982], refiriéndose a que en la organización de la enseñanza superior, en la construcción de la universidad, hay que partir del estudiante, no del saber ni del profesor. Como propuesta para remediar los problemas y carencias de la universidad, Pazos [Pazos, J., 2001] sugiere que el sistema tiene que tener como características: atención, eficiencia, autodidactismo y formación continua. Todo medio pedagógico tiene que tender a que el alumno adquiera metodología, desarrolle su espíritu de iniciativa, forme su capacidad de síntesis y análisis, consiga carácter imaginativo y decisivo y alcance capacidad para comunicarse y trabajar en grupo, esto es que sea autodidacta y creativo. La realidad virtual podría permitir la educación directa y el uso de simuladores para adquirir experiencias, de carácter más práctico. Esto permitiría recrear el mundo real y potenciar la creatividad.

También, para superar la situación actual destaca Pazos [Pazos, J., 2001] citando a Papert el concepto de ideas poderosas, entre las que se destacan los morfismos, en particular los homomorfismos (analogías), las ducciones (deducciones, inducciones y abducciones), la recursión, metodologías (métodos, técnicas, herramientas, enfoques para identificar, conceptualizar, modelizar, representar y resolver problemas) y dar principios generales y simples. En particular, según Wiig [Wiig, K., 1995], el aprendizaje por deducción es un proceso donde el material comunicado tiene implícitamente el conocimiento sujeto; el aprendizaje por inducción es una estrategia donde el aprendiz adquiere conocimiento haciendo inferencias inductivas del material provisto; y el aprendizaje por analogía permite crear nuevo conocimiento a partir de la modificación de conceptos previos que se adaptan al material actual. Es una combinación de aprendizaje

inductivo y deductivo. También este autor refiere entre otros al aprendizaje a partir de ejemplos, y al aprendizaje por observación y descubrimiento.

Peirce [Peirce, C., 1982] ejemplifica la inducción señalando que:

S', S'', S''', \dots son tomados al azar de M ;

$S', S'', S''' \dots$ son P ;

entonces cualquier M es probablemente P .

También expresa el principio de deducción con el siguiente ejemplo:

" S is denoted by M ;

M connotes P ;

-> S is P ."

Habermas [Habermas, J., 1990] refiriendo a Peirce explica que la deducción prueba que algo debe comportarse de manera determinada, la inducción prueba que algo se comporta fácticamente así y la abducción es la forma de argumentación que amplía el saber, es la regla conforme a la cual se introducen nuevas hipótesis.

La diferencia entre estos 3 conceptos (deducción, inducción y abducción) se puede analizar a través de la explicación proporcionada por Alonso-Amo y colegas [Alonso-Amo F. *et al.*, 1992]. Se supone que se tienen 3 aseercciones $A1$, $A2$ y $A3$. $A1$ es general, $A2$ y $A3$ son particulares en el sentido que $A2$ refiere a la primera parte de $A1$ y $A3$ refiere a la segunda parte de $A1$. Si se obtiene $A3$ de $A1$ y $A2$ se llama deducción, si se puede inferir $A1$ de $A2$ y $A3$ se llama inducción y si se supone $A2$ a partir de $A1$ y $A3$ es abducción. Se presenta gráficamente en la Ilustración 1-4 Abducción, Inducción y Deducción. Por ejemplo, sea $A1$: "Todos los cuadros de Velázquez tienen ciertas características específicas", $A3$: "Esta pintura, de origen desconocido, tiene esas mismas características", se llega por abducción a $A2$: "Esta pintura es de Velázquez".

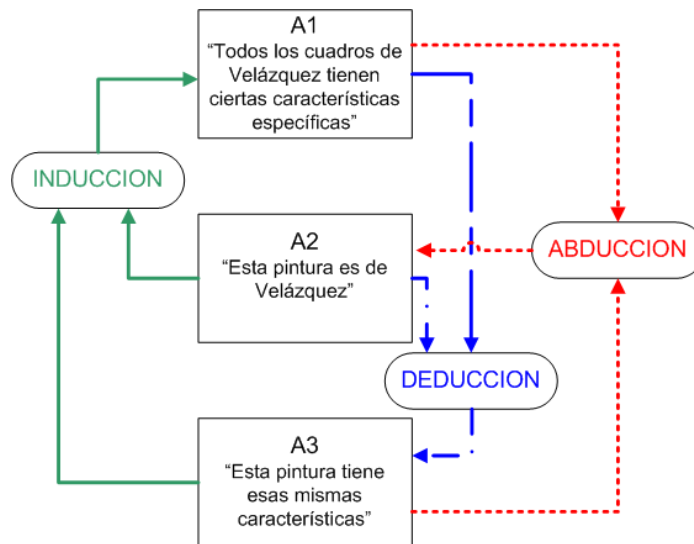


Ilustración 1-4 Abducción, Inducción y Deducción

De acuerdo con E. Litwin [Camilloni, A. *et al.*, 1996], debería favorecerse la enseñanza comprensiva, favoreciéndose el desarrollo de procesos reflexivos, el reconocimiento de analogías y contradicciones. Además, según Fainholc [Fainholc, B., 1999] se debe posibilitar la discusión, la resolución de problemas y la transferencia a la práctica y la organización conceptual. Para Newman [Newman, F., 2000] ahora es más necesario desarrollar la capacidad para apreciar diversidades de

género, raza y etnia, habilidades para trabajar en grupo, presentar a los estudiantes conceptos sofisticados intelectualmente y darles la habilidad de pensar críticamente.

Voltaire [Voltaire, 1944] puntualiza, a través del diálogo entre un consejero y un ex-jesuita, que “conozco que cada uno debe aprender desde niño todo lo que le sirva para desempeñar la profesión que piensa ejercer”. Para Papert [Papert, S., 1997a] antes se aprendía un oficio para toda la vida, hoy la mayoría de las personas trabaja en empleos que no existían cuando nació. “Si cualquier habilidad que aprende un chico estará obsoleta antes de que la use, ¿qué es lo que se tiene que aprender? La única habilidad competitiva a largo plazo es la habilidad para aprender”. Einstein [Einstein, A., 1981] expresa: “no es suficiente enseñar a los hombres una especialidad. Con ello se convierten en algo así como máquinas utilizables pero no en individuos válidos”. Pazos [Pazos, J., 2001] refiere que sólo se aprende lo que se quiere aprender. Para mejorar el entendimiento y capacidad de aprender debe proporcionarse meta cognición, estrategias de solución de problemas, planificación y aprendizaje. Como indican Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001] sería necesario adecuar la pedagogía, desarrollar la creatividad y favorecer la visión de las cosas desde distintos puntos de vista, potenciar la virtualidad y mejorar el soporte tecnológico.

Destaca Pazos [Pazos, J., 2001] la importancia de los diferentes puntos de vista, ejemplificando con el problema de medir la altura de un edificio utilizando un barómetro, proponiendo distintas opciones para usar el barómetro. Indica la importancia de la creatividad, que se puede definir como encontrar una nueva manera de considerar algo que cambia de forma significativa la visión del mundo. También se puede definir como la capacidad de obtener conclusiones aceptables a partir de datos discordes o de conectar experiencias que no son obviamente conectables.

Najmanovich [Najmanovich, D., 2000] también señala que es imperioso ponerse en marcha para generar nuevas metodologías para pensar y actuar. Su propuesta es “virtualizar” la cuestión educativa, o sea salir del espacio de las respuestas clásicas o de las críticas tradicionales y conformar un “campo de problematicidad” que será recorrido con el objeto de desplegar la problemática, producir nuevas distinciones, generar interrogantes, sutlizar diferencias y encontrar los atravesamientos que vertebran la problemática educativa. Virtualizar implica un procedimiento que permite cambiar de foco, en lugar de concentrarse en aquello que está dado, en lo que es, aquí y ahora, desplazarse hacia el campo problemático desde el cual ha emergido lo que hoy existe.

Salinas [Salinas, J., 1996] destaca la necesidad de nuevos estilos de enseñanza que conduzcan a adecuar a los tiempos de cambio a los futuros profesionales. Esto supone lograr una enseñanza más activa así como un mayor protagonismo de los estudiantes en su propio aprendizaje. Ketudat [Ketudat, S., 2000] indica que se debe dar a las personas no sólo habilidades generales y vocacionales sino habilidades de aprendizaje y mentes perceptivas: el amor por aprender y habilidades de “aprender a aprender”, es decir, deuteroprendizaje según Antonio y colegas [Antonio, A. de *et al.*, 2003]. Lucas [Lucas, A., 2000] propone que la educación sea universal, esto es que afecte a todos, y obligatoria; durante toda la vida, con procedimientos adaptables y sistemas educativos flexibles. Mayorga [Mayorga, R., 1999] refiere que en la educación del futuro será más importante aprender a aprender que memorizar contenidos específicos, la búsqueda y el uso de la información para resolver problemas que la transmisión de datos, los métodos activos y personalizados que los pasivos y estandarizados. También cambia la concepción de lo que significa ser maestro: de transmisor de conocimientos a facilitador del proceso de aprendizaje, que aprende continuamente él mismo.

Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2001] proponen la teleformación y el aula virtual. La teleformación o teleenseñanza permite flexibilidad de tiempo y espacio y fomenta el

autoaprendizaje. Se necesita un diseño didáctico y pedagógico riguroso, un uso adecuado de los recursos tecnológicos, incluyendo la creación de memorias institucionales para responder automáticamente consultas, y una asistencia suficiente y personalizada. Como desventajas, se pueden destacar la escasez de interacción entre los alumnos y con el profesor. El aula virtual debe proporcionar una educación con centro en la resolución de problemas y búsqueda de soluciones. El profesor actuará como guía o timonel. Este mismo concepto del maestro como guía o director lo plantea Dewey [Dewey, J., 1989]. Refiere a que el aprendizaje es algo que el alumno tiene que hacer él mismo y por sí mismo.

Tomás y colegas [Tomás, M. *et al.*, 1999] señalan cuatro grupos de capacidades a enfatizar en la enseñanza superior:

- 1) Capacidades relacionadas con el “ser”:
 - conocimiento de uno mismo, autoestima, responsabilidad;
 - control emotivo;
- 2) Capacidades relacionadas con el “saber” (conocer, aprender):
 - informarse: observar, leer, buscar información;
 - interpretar y valorar la información con un pensamiento crítico y abierto;
 - convertir la información en conocimiento seleccionándola y procesándola de forma que permita formular preguntas y elaborar respuestas;
 - conocer la cultura de la sociedad de la información;
 - curiosidad, autoaprendizaje y
 - ser conscientes de la limitación temporal de los conocimientos, de la necesidad de adaptación a los cambios y de “desaprender” lo que no sirve.
- 3) Capacidades relacionadas con el “hacer” (actuar):
 - uso eficiente de las matemáticas, idiomas, tecnologías de la información, tiempo y recursos en general;
 - iniciativa, motivación, persistencia en las actividades;
 - resolver problemas: planificación, aplicación de conocimientos, evaluación de resultados y
 - organizar, crear.
- 4) Capacidades relacionadas con el “convivir” (comunicación, relación)
 - expresarse: hablar, dibujar, escribir, lenguaje gestual, presencia;
 - comunicarse (escuchar, comprender, negociar, intercambiar, tener empatía);
 - sociabilidad, cooperación, trabajo en equipo;
 - solidaridad y
 - respeto por las personas, la diversidad de culturas, opiniones.

Así, estos autores ([Tomás, M. *et al.*, 1999]) proponen considerar nuevos contenidos y competencias en el currículum, nuevos instrumentos y recursos para la docencia y su gestión, acceso a todo tipo de información, nuevos canales comunicativos para el aprendizaje y la colaboración, nuevos escenarios educativos asíncronos (flexibles, interactivos, personalizados) y nuevos métodos pedagógicos (nuevas formas de comunicación y aprendizaje, enseñar a aprender).

La metacognición, según Llera [Llera, J., 1993], se refiere al conocimiento de los estudiantes de sus propios procesos cognitivos y de los métodos empleados para regular esos procesos. Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2002] refieren, como se indicó, que debe proporcionarse metacognición al aprendiz, con la finalidad de mejorar el entendimiento y la capacidad de aprender. Si no se les proporcionan, los modelos mentales -supuestos hondamente arraigados, generalizaciones e imágenes que influyen sobre nuestro modo de comprender el mundo y actuar, según la definición de Senge [Senge, P., 1992]- serán frecuentemente inexactos y, o, erróneos, pues están basados en

información limitada y muchas veces obsoleta, y en prejuicios. También necesitan amplios conocimientos de trabajo sobre estrategias de solución de problemas y planificación de tareas.

Benedito y colegas [Benedito, V. *et al.*, 1995] refieren cinco principios para la enseñanza del pensamiento crítico en la universidad, como características que se deben buscar en los universitarios y como capacidades más relevantes que se han de intentar promover:

- 1) Pensamiento crítico como actividad productiva y positiva (compromiso con la vida, pensamiento creativo, mentalidad abierta y transformadora, autoestima);
- 2) Como proceso y no como objetivo (cuestionamiento continuado de ideas y acciones);
- 3) Contextualización del pensamiento crítico (diferentes manifestaciones del pensamiento crítico: internas, externas, según campo de conocimiento, según formación, según contexto);
- 4) El pensamiento crítico es tanto emotivo como racional (no es exclusivamente cognitivo) y
- 5) La importancia de las habilidades de pensamiento superior (identificación de supuestos, razonamiento formal e informal, evaluación, resolución de problemas complejos, habilidades dialógicas, sensibilidad al contexto, exploración e invención de alternativas, valoración).

Particularmente para el área de Ingeniería, Vernon [Vernon, J., 2000] señala que las competencias esenciales para los jóvenes ingenieros pueden ser clasificadas bajo el título de habilidades y conocimiento. Dentro de habilidades destaca las de: comunicación, inter-personales, trabajo en equipo, resolución de problemas y aprender a aprender. Estas habilidades ciertamente también se pueden aplicar a otras áreas, no exclusivamente Ingeniería. Dentro de las de conocimiento, refiere que debe contener un buen entendimiento de los principios de la ingeniería, bases importantes en matemáticas y ciencia, elementos de economía, negocios y gerencia, conocimiento específico de una rama de la ingeniería, introducción a la ética y educación en temas ambientales. Para este autor, el ambiente de aprendizaje debe estimular a los estudiantes e incentivarlos a desarrollar la capacidad de aprendizaje durante toda la vida como preparación para manejar los problemas desconocidos que ocurrirán en las próximas décadas. Un problema a tener en cuenta es que debido a la cantidad de conocimiento disponible, es necesario darle a los estudiantes las habilidades que los habiliten a filtrar lo irrelevante e innecesario de lo vital. Estas consideraciones pueden ampliarse a prácticamente cualquier área.

1.2 Definiciones iniciales

Con el objetivo de especificar claramente los términos y conceptos sobre los que se trabajará, a continuación se brindan las definiciones iniciales a utilizarse. Ellas son: entorno, aprendizaje, entorno de aprendizaje, conocimiento, gestión del conocimiento y técnicas de gestión del conocimiento. En el capítulo 2 se retomarán, ampliarán y profundizarán los temas.

1.2.1 Entorno

Según el Diccionario de la Real Academia Española [Real Academia Española, 1970], entorno quiere decir “contorno”. Para Moliner [Moliner, M., 1998], es el conjunto de personas y circunstancias que rodean a alguien y pueden influir en su comportamiento. En la edición 2001 del Diccionario de la Real Academia Española [Real Academia Española, 2001] se encuentra la definición de entorno también vinculado al área de informática: “es el conjunto de condiciones extrínsecas que necesita un sistema informático para funcionar”. Podría extrapolarse esta definición al contexto de aprendizaje, o sea, serían las condiciones extrínsecas que necesita un estudiante para poder aprender.

1.2.2 Aprendizaje

Aprendizaje está definido como la “acción de aprender algún arte u oficio” en el Diccionario de la Real Academia Española [Real Academia Española, 1970]. Skinner [Skinner, B., 1985] define aprendizaje como un cambio en la probabilidad de la respuesta.

Para Schunk [Schunk, D., 1997] aprender comprende la adquisición y la modificación de conocimiento, habilidades, estrategias, creencias, actitudes y conductas. Exige capacidades cognoscitivas, lingüísticas, motoras y sociales y adopta muchas formas. Aprender es un cambio perdurable de la conducta o en la capacidad de conducirse de manera dada como resultado de la práctica o de otras formas de experiencia. Para Jaim [Jaim, G., 1999] aprender supone que cada persona emprenda un esfuerzo individual destinado a modificarse a sí misma y cita un proverbio chino, “los maestros abren la puerta, tú debes entrar por ti mismo”. El aprendizaje, para Wurman [Wurman, R., 2001], es recordar aquello en lo que se está interesado.

Wiener [Wiener, N., 1967], el padre de la cibernética, define “un sistema organizado es aquel que transforma un cierto mensaje de entrada en otro de salida de acuerdo con algún principio de transformación. Si tal principio está sujeto a cierto criterio de validez de funcionamiento y si el método de transformación se ajusta a fin de que tienda a mejorar el funcionamiento del sistema, se dice que el sistema aprende”. O sea, el aprendizaje es la adquisición de nuevos modelos mentales, conocimiento, habilidades, destrezas, etc, que permiten encarar, con más posibilidades de éxito la solución de cualquier problema, mejorando las tomas de decisión en base a la experiencia.

Para Novak y colegas [Novak, J. *et al.*, 1988] el aprendizaje es personal e idiosincrásico, el conocimiento público y compartido; el aprendizaje no se puede compartir, los significados sí, se pueden discutir, negociar y convenir. Estos autores refieren a Schwab y señalan que los elementos de una experiencia educativa son: el profesor, el que aprende, el currículum y el medio. El profesor debe planificar la agenda de actividades y decidir qué conocimientos deberían tomarse en consideración y en qué orden. El currículum comprende los conocimientos, habilidades y valores de la experiencia educativa que satisfagan criterios de excelencia. El medio es el contexto en el que tiene lugar la experiencia de aprendizaje.

Ausubel y colegas [Ausubel, D. *et al.*, 1990] diferencian el aprendizaje significativo del memorístico. El aprendizaje *significativo* es la adquisición de significados nuevos. Es un proceso activo que requiere por lo menos a) del tipo de análisis cognoscitivo necesario para averiguar cuáles aspectos de la estructura cognoscitiva existente son más pertinentes al nuevo material potencialmente significativo; b) cierto grado de reconciliación con las ideas existentes en la estructura cognoscitiva y c) la reformulación del material de aprendizaje. El aprendizaje de *memoria* es la adquisición de asociaciones arbitrarias al pie de la letra en situaciones de aprendizaje en donde el material de aprendizaje en sí no se puede relacionar de manera sustancial y no arbitraria con la estructura cognoscitiva o donde el aprendiz exhibe una actitud de aprendizaje no significativa.

Novak y colegas [Novak, J. *et al.*, 1988] indican, refiriendo a Ausubel, que para aprender significativamente, el individuo debe tratar de relacionar los nuevos conocimientos con los conceptos y las proposiciones relevantes que ya conoce. En el aprendizaje memorístico, el nuevo conocimiento puede adquirirse mediante la memorización verbal, y puede incorporarse arbitrariamente a la estructura de conocimientos de una persona, sin ninguna interacción con lo que existe en ella.

También diferencian Novak y colegas [Novak, J. *et al.*, 1988] entre el aprendizaje receptivo hasta el aprendizaje por descubrimiento autónomo. Indican que el mapa conceptual, que tiene por objeto representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones, es un instrumento útil para ayudar a reflexionar a los estudiantes sobre la estructura y proceso de producción de conocimiento. También destacan, refiriendo a Ausubel, que el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe.

Para Hernández y colegas [Hernández, F. *et al.*, 1998] aprender es una cualidad evolutiva vinculada al desarrollo de los individuos y derivada de su necesidad de adaptación al medio (físico y cultural). Según estos autores, se puede ver el aprendizaje desde diferentes ópticas, siendo algunas de ellas:

- 1) El aprendizaje como resultado de una actividad condicionada. Se fundamenta en el sicofisiólogo soviético Pavlov sobre la reacción condicionada.
- 2) El aprendizaje según el conductismo. Refiriéndose a Thorndike estos autores citan la Ley del Aprendizaje Causal: el organismo intenta repetir aquellas acciones particulares que tienen una relación causal aparente con el resultado deseado. Se asocia el logro del éxito. Otras dos leyes también planteadas por Thorndike son la de la Frecuencia y la del Efecto. La Ley de la Frecuencia refiere a la importancia de la repetición como forma de establecer la conexión entre un estímulo y una reacción. La Ley del Efecto postula que una acción que conduce a un resultado deseable es verosímil que se repita en circunstancias similares.
- 3) El aprendizaje mediante penetración comprensiva. Vinculado a la Gestalt, a la idea de asociación. Según esto, el individuo logra superar una dificultad, aprender, etc. mediante una ocurrencia, comprensión repentina o intuición. Dice que lo primero que hay que hacer para que la información resulte comprensiva es estructurarla.
- 4) El aprendizaje por descubrimiento: citan la postura de John Dewey sobre que la enseñanza debe basarse en la acción, en la solución de problemas cotidianos y que sólo se aprende en lo que se descubre por sí mismo. Tiene varias críticas, una es que lleva mucho tiempo aprender conceptos y principios.
- 5) El aprendizaje como proceso constructivo: basado en el enfoque cognitivo en la psicología contemporánea. La fuente del conocimiento no radica en los objetos ni en el sujeto, sino en su relación interactiva. Por un lado, el sujeto construye un modelo de la realidad ajustando sus modelos internos, por el otro, construye unos esquemas mentales que se adecuan a la realidad, realizando diferenciación y reorganización. Todo conocimiento resulta de la reorganización de un conocimiento anterior y toda nueva adquisición que tenga la impronta de la novedad se pone en relación con lo que se ha adquirido previamente.
- 6) El aprendizaje como procesamiento de información. Lindsay y colegas [Lindsay, P. *et al.*, 1983] señalan que hay tres tipos de operaciones relacionadas con la memoria que hacen posible el estudio de un tema y la asimilación de información completa. Son: acreción, reestructuración y ajuste. La acreción es la adquisición de información nueva. La reestructuración es la formación de nuevos esquemas mediante los cuales organizar el conocimiento. Finalmente, la sintonización es el ajuste de los esquemas de la memoria para su adecuación y eficiencia.
- 7) El aprendizaje significativo por recepción: basado en los aportes de Ausubel. Como ya se indicó, el aprendizaje significativo se produce cuando las ideas expresadas de forma simbólica son relacionadas de manera no arbitraria, sino sustancial.

Leidner y colegas [Leidner, D. *et al.*, 1995] diferencian modelos de aprendizaje. Según estos autores, los modelos de aprendizaje son objetivismo, constructivismo, colaboracionismo, procesamiento cognitivo de la información y socioculturismo. En la siguiente tabla (Tabla 1-2 Modelos de Aprendizaje) se describen los modelos, premisas básicas y suposiciones, metas e implicaciones para la instrucción de cada uno de esos modelos.

Modelo	Premisas básicas y suposiciones	Metas	Implicaciones para la instrucción
Objetivismo			
El aprendizaje es la absorción no crítica de objetivos.	El instructor tiene todo el conocimiento necesario. Los estudiantes aprenden mejor en ambientes aislados e intensivos sobre la materia.	Transferir conocimiento del instructor al aprendiz.	El instructor provee los estímulos y controla el material.
Constructivismo			
Aprender es el proceso de construir conocimiento.	Los estudiantes aprenden mejor cuando descubren las cosas ellos mismos y controlan el proceso de aprendizaje.	Formar conceptos abstractos para representar la realidad, asignar significado a los eventos e información.	El instructor da soporte en vez de dirección, el centro está en el aprendiz.
Colaboracionismo			
El aprendizaje surge a través de compartir entendimientos de más de un estudiante.	El compromiso es crítico, se basa en la comunicación.	Promover actividades de grupo.	Se debe promover la socialización.
Procesamiento cognitivo de la información			
Aprender es el proceso de transferir nuevo conocimiento a la memoria de largo plazo.	Limitada atención selectiva. El conocimiento previo afecta el nivel de apoyo necesario.	Mejorar las habilidades de procesamiento cognitivo y retención de los estudiantes.	Los aspectos de los estímulos pueden afectar la atención.
Socioculturismo			
El aprendizaje es subjetivo e individualístico.	El aprendizaje ocurre mejor en ambientes donde se conocen personalmente.	Orientado a las acciones, aprendices con la visión de cambiar en vez de aceptar o entender la sociedad.	La instrucción está embebida en las actividades de todos los días, en un contexto socio-cultural.

Tabla 1-2 Modelos de Aprendizaje

Leidner y colegas [Leidner, D. *et al.*, 1995] también presentan una lista de tecnologías aplicables a las teorías del aprendizaje. Algunas se incluyen en la Tabla 1-3 Tecnologías.

Tecnología	Objetivismo	Constructivismo	Colaborativo	Procesamiento cognitivo de la información	Socioculturismo
Centro en Instructor (“instructor con consola”)	•				
Instructor con consola y estudiantes con computadoras aisladas (replicando lo que hace el profesor)	•	•			

Aprendizaje asistido por computadora	•			•	
Aprendizaje a distancia	•				•
Instructor estudiante por correo electrónico (el acceso limitado al instructor limita la comunicación)				•	
Redes de aprendizaje (los estudiantes crean conocimiento a través de la exploración de información)		•		•	
Hypermedia, Internet (los estudiantes crean sus propias estructuras de conocimiento)		•		•	
Simulación, realidad virtual		•			
“Groupware”			•	•	•
Comunicación asincrónica a distancia			•		•
“Groupware” con comunicación asincrónica a distancia			•	•	•

Tabla 1-3 Tecnologías

De Bono [De Bono, E. , 1989] señala dos procesos básicos del pensamiento: continuar (seguir con lo que se estaba) y relacionar, o sea plantear un nuevo aspecto en forma de problema o de pregunta y tratar de relacionarlo con el primero. También diferencia entre aprendizaje de primera mano y de segunda mano. El de primera mano es el proceso por el cual un organismo encuentra la respuesta conveniente a una situación mediante ensayo y error. Tiene como ventajas que permite desarrollar respuestas a situaciones nuevas y permite adaptar la respuesta a la situación. Si la respuesta es mala, se la puede mejorar o anular. Como desventajas, el aprendizaje es lento y, en algunos casos, puede ser peligroso. El aprendizaje de segunda mano implica la adquisición de respuestas inmediatas para situaciones, sin necesidad de pasar personalmente por el proceso de ensayo y error. Como ventajas se destacan que es más rápido y seguro que el de primera mano, se puede aplicar a situaciones que nunca se hubieran presentado, se puede almacenar y transmitir, aunque tiene como desventaja más importante es que todo está condicionado a lo fidedigna que sea la fuente que transmite el aprendizaje.

1.2.3 Entorno de Aprendizaje

Una primera aproximación a la definición de entorno de aprendizaje es indicar qué debería contener. Esto es que debe contener los elementos con los cuales el alumno construye sus modelos mentales, o sea dar las condiciones por las cuales cualquier alumno, más o menos normal, estaría en disposición de aprender por sí mismo. Ese entorno debe ser eficiente (que le permita asimilar esos conceptos y no se creen modelos falsos) y efectivo (esto es que facilite los modelos correctos, adecuados). Asimismo debería fomentar la interactividad (no como en la clase que preguntan sólo porque no entienden, son preguntas muy inmediatas pues no tienen suficiente tiempo para reflexionar), quizás deban tener menos contenido pero contenido de mayor calidad. Para Wilson [Wilson, B., 1995] un entorno de aprendizaje debe contener como mínimo: al aprendiz y un espacio donde el aprendiz actúa usando herramientas y dispositivos, coleccionando e interpretando información, interactuando con otros, etc. Desde el punto de vista del constructivismo, un entorno o ambiente sería un lugar donde los aprendices pueden trabajar juntos y darse apoyo unos a otros así como usar una variedad de herramientas y recursos de información en la obtención de metas de aprendizaje y actividades de resolución de problemas.

Una definición más formal y genérica de entorno de aprendizaje indica que es el espacio en donde se crean las condiciones para que el individuo se apropie de nuevos conocimientos, nuevas experiencias, de nuevos elementos que le generen procesos de análisis, reflexión y apropiación según Avila y colegas [Avila, P. *et al.*, 2001]. En una concepción más amplia, para Schunk [Schunk, D., 1997], el entorno tiene que ver con la función de la estructura y la organización del

aula, la disposición de las actividades, el agrupamiento de los estudiantes, la evaluación y las recompensas por el trabajo, el establecimiento de la autoridad y la distribución del tiempo.

Los entornos de aprendizaje están cambiando. Los nuevos escenarios plantean desafíos técnicos y pedagógicos a los que las instituciones de educación superior deben responder. Los roles de los profesores, alumnos y personal de apoyo deben adaptarse a los nuevos entornos, refiere Islas [Islas, E., 2001].

Wilson [Wilson, B., 1995] señala que los componentes principales de un entorno, citando a D. Perkins, son:

- bancos de información: repositorios de información, ejemplos: libros, videos, maestros, cassettes;
- “símbolo pads”: superficies para la construcción y manipulación de símbolos y lenguaje, ejemplos: cuadernos, tarjetas, procesadores de texto, programas de dibujo y de bases de datos;
- “fenomenaria”: áreas para presentación, observación y manipulación de fenómenos, ejemplos: acuarios, “Sim City”;
- kits de construcción: similar al “fenomenaria”, pero no tienen contraparte en el mundo real, ejemplos: “Lego” , software de uso matemático y
- manejadores de tarea: realiza las funciones de control y supervisión, indica las tareas, da apoyo, retroalimentación. Muchas veces esta tarea la realiza el profesor.

En [JISC, 2000] se señala que los componentes principales de un entorno de aprendizaje virtual son:

1. “Mapeo” del currículum en elementos que puedan ser validados y registrados;
2. Registro de la actividad del estudiante y logros;
3. Soporte en línea incluyendo acceso a recursos de aprendizaje, evaluación y guía;
4. Soporte de tutoría y de pares;
5. Comunicación, incluyendo correo electrónico, discusión de grupos, acceso a Web y
6. Vínculos a otros sistemas.

Otros elementos a tener en cuenta son:

1. ¿se han establecido claramente los objetivos para el uso del entorno?
2. ¿qué recursos son necesarios para implementar y soportar el sistema? ¿Qué capacitación es necesaria?
3. ¿cuáles son los costos del sistema?

Goñi [Goñi, J., 2000] señala que se debe considerar la socialización, teniendo presente el ámbito de variedad de relaciones que se puede establecer. Debe tenerse también un sistema de información sobre la planificación de tareas, para asignar recursos, medir esfuerzos y dedicaciones estableciendo indicadores de progreso; un sistema de estándares y de valoración de las unidades didácticas; y los aspectos ya citados de un sistema de apoyo (ayudas, guías, consultas) y un sistema de evaluación.

Como características del aprendizaje humano algunos aspectos destacados por Henríquez y colegas [Henríquez, P. *et al.*, 1999] son: los seres humanos utilizan multimedia (vista, oído u otros sentidos) para el intercambio de información; el alumno no está exento de cometer errores y, por lo tanto, se requieren procesos de retroalimentación para reducir las experiencias de aprendizaje indeseables, y que debido a que la persona es diversa, el proceso de aprendizaje requiere de una biblioteca de contenidos rica y variada para soportar las distintas estrategias y acomodarse a las diferencias individuales.

1.2.4 Conocimiento

Se diferenciará entre datos, noticias y conocimientos. Un dato es un conjunto discreto de hechos objetivos sobre eventos [Davenport, T. *et al.*, 1998]. Un dato según Paradela [Paradela, L., 2001] es una representación de hechos o conceptos, hecha de manera formalizada, apta para su comunicación, interpretación o elaboración, bien por seres humanos o bien por medios automáticos. Las noticias son el significado que un ser inteligente atribuye a los datos a partir de las reglas convencionales utilizadas para su representación. Los conocimientos se pueden definir, según Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997], como el resultado de un proceso de síntesis en el cual las noticias se comparan con otras y se combinan en enlaces relevantes. También se puede definir como información estructurada y almacenada denominada modelos, que son usados por alguien o algo para interpretar, predecir y responder adecuadamente al mundo exterior.

Habitualmente se representan los datos, noticias y conocimientos en una pirámide, en la base están los datos, encima las noticias y finalmente los conocimientos. También se puede incluir la sabiduría –conocimiento profundo en ciencias, letras o artes [Real Academia Española, 1970]-como un elemento aún más arriba, como se muestra en Ilustración 1-5 Datos, noticias, conocimiento, sabiduría. Cope [Cope, M., 2001] critica la idea de que el conocimiento se puede encajar en una jerarquía de datos, noticias, conocimiento y sabiduría por el hecho de que el conocimiento de una persona son los datos de otra.



Ilustración 1-5 Datos, noticias, conocimiento, sabiduría

Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001] en vez de hacer diferenciaciones estrictas entre datos, información y conocimiento, plantean ubicar los datos en un extremo y el conocimiento en otro, según la Tabla 1-4 Posición de datos y conocimiento:

Datos	Información	Conocimiento
No estructurado		Estructurado
Aislado		Integrado
Independiente del contexto		Dependiente del contexto
Bajo control de comportamiento		Alto control de comportamiento
Símbolos		Patrones cognoscitivos para la acción
Distinción		Dominio, capacidad

Tabla 1-4 Posición de datos y conocimiento

Davenport [Davenport, T., 1995] señala que el conocimiento es información altamente valorada por las personas. Wurman [Wurman, R., 2001] refiere que la información opera en grados variables,

que, a grandes rasgos, pueden ser divididos en 5 anillos, aunque lo que constituye información de un nivel para una persona puede operar en otro nivel distinto para otra. Están organizados del centro hacia afuera, desde la información que es esencial para la supervivencia física hasta la forma más abstracta de información que abarca mitos personales, el desarrollo cultural y la perspectiva sociológica, como se observa en la Ilustración 1-6 Niveles de Información:



Ilustración 1-6 Niveles de Información

El primer anillo (información *interna*) consiste en los mensajes que corren en los sistemas internos y permiten al cuerpo funcionar. La información toma la forma de mensajes cerebrales. El segundo anillo es información *conversacional*, está formado por los intercambios y conversaciones formales e informales que se tienen con otras personas. El tercer anillo es información *referencial*. Es donde se va a buscar la información que mueve los sistemas del mundo: ciencia y tecnología, y en forma más inmediata, los materiales de referencia, por ejemplo un libro, un diccionario o la guía telefónica. El cuarto anillo, información de *noticias*, abarca los acontecimientos actuales, esta información es transmitida a través de los medios y es sobre gente, lugares y acontecimientos que no afectan directamente la vida individual pero pueden influir en la visión personal del mundo. Finalmente el quinto anillo, información *cultural*, comprende, por ejemplo, la filosofía y las artes así como cualquier expresión que represente un intento de comprender y absorber nuestra civilización [Wurman, R., 2001].

Wiig [Wiig, K., 1999] indica características de los conocimientos. Algunas son: completión, conectividad y congruencia. Se dice que los conocimientos de un dominio son completos cuando se conoce todo y no hay ninguna área donde no se tenga conocimientos. Los conocimientos en un área están bien conectados cuando todas las secciones y los detalles más finos están adecuadamente interrelacionados. Un cuerpo de conocimientos es congruente cuando todos los hechos, conceptos, perspectivas, valores, juicios y enlaces asociativos y relacionales entre los conceptos y objetos mentales son consistentes. Paradela [Paradela, L., 2001] refiere también a interiorización, o sea cuando se codifican y representan hechos, abstracciones de situaciones, etc., y se depositan en la memoria de largo plazo. También se interiorizan cuando se organizan para desarrollar relaciones entre unidades de conocimientos, cuando se piensa conscientemente y razona. Cuando se forman conceptos, se agrupan varios objetos mentales en una jerarquía.

Como fuentes de conocimientos Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] señalan libros y manuales, documentación formal, informal, registros internos, presentaciones, publicaciones especializadas, investigación, visitas y personas.

El papel de los conocimientos referido por Paradela [Paradela, L., 2001] es:

- a) transformar datos en noticias (conocido como interpretación de datos),
- b) derivar nuevas noticias de las existentes (elaboración) y
- c) adquirir nuevos conocimientos (aprendizaje).

Para Paradela [Paradela, L., 2001], el aprendizaje de conocimientos es “un proceso de integración en el cual nueva información se integra dentro de una estructura de conocimientos existente”, observándose una vinculación a las concepciones de aprendizaje de Ausubel.

1.2.5 Gestión del Conocimiento

Los conocimientos pueden ser compilados o encapsulados como unidades funcionales de diferentes maneras, refieren Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997]. Hay dos formas complementarias. Una, es estudiar formalmente ciertas materias, resultando los conocimientos encapsulados como definiciones, axiomas y leyes. Otra, es compilarlos mediante la experiencia o aprendiendo de un maestro.

La gestión del conocimiento, para Prusak [Prusak, L., 2001], es algo viejo y algo nuevo a la vez, es la combinación de las nuevas ideas con las ideas que “todos saben de siempre”. Más detalladamente, la gestión del conocimiento, para Murray [Murray, P., 2001], refiriéndose al área de negocios, es una estrategia que permite transformar el capital intelectual de una empresa, tal como la información registrada y los talentos de sus miembros, en mayor productividad, mayor valor e incremento de la competitividad. Para Bustelo y colegas [Bustelo, C. *et al.*, 2001] la gestión del conocimiento es la teoría de gestión que responde a la adaptación de las últimas innovaciones tecnológicas en el tratamiento de la información y las telecomunicaciones. No sólo es gestión de la información, sino que deben intervenir procesos y personas. Para Wiig [Wiig, K., 1999], los pilares de la gestión del conocimiento son: explorar el conocimiento y su adecuación, encontrar el valor del conocimiento y manejar el conocimiento activamente. Davenport [Davenport, T., 1995] refiere a los procesos que gobiernan la gestión del conocimiento en el proceso diario: cómo se crea el conocimiento o cómo se obtiene de los empleados, cómo se distribuye y accede y cómo es transferido a otras personas y aplicado en problemas del negocio y decisiones.

La materia prima con que trata la gestión de conocimientos es datos, noticias y conocimientos según Paradela [Paradela, L., 2001]. La gestión de conocimientos puede considerarse como el proceso de:

- a) integrar la información (accediéndola, organizándola, almacenándola, buscándola, recuperándola, navegando por ella, codificándola, referenciándola, categorizándola y catalogándola);
- b) extraer sentido de información incompleta, y
- c) renovarla, asegurando su continuidad a través de procesos alimentados por personas y suplementados por herramientas de tecnologías de la información.

Además, Paradela [Paradela, L., 2001] indica que una perspectiva sistemática de la gestión de conocimiento pone el énfasis en:

- a) monitorizar y facilitar analíticamente las actividades relacionadas con los conocimientos,
- b) crear y mantener infraestructuras de conocimientos,
- c) renovar, organizar y transferir archivos de conocimientos y
- d) potenciar, usándolos, los activos de conocimientos para darse cuenta de su valor.

1.2.6 Técnicas de Gestión del Conocimiento

Como indica Paradela [Paradela, L., 2001], una herramienta es un conjunto de instrumentos con que trabajan los artesanos en las obras de sus oficios. Según el diccionario [Real Academia Española, 1970], un *instrumento* es todo aquello de que uno se sirve para hacer una cosa y una *técnica* es un conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte. Paradela [Paradela, L., 2001] refiere que en computación, una herramienta implica una o más técnicas.

Aquí se describirán brevemente ciertas herramientas y técnicas. Posteriormente, en el capítulo 2 se profundizará en algunas en particular.

Dentro de las técnicas no exclusivas de la gestión del conocimiento, Paradela [Paradela, L., 2001] cita: análisis FADO (puntos fuertes, amenazas, puntos débiles y oportunidades), mapas de conocimientos, análisis de flujos de trabajo y redes de Petri. Otras técnicas y herramientas específicas son: revisión de conocimientos basadas en cuestionarios, sesiones de grupo, análisis del entorno de las tareas, análisis de protocolos verbales, análisis básico de conocimiento, análisis de funciones críticas de conocimientos, análisis de requisitos y uso de conocimientos, guionado o perfilado de conocimientos, y análisis de flujos de conocimientos. También podría incluirse como técnica las “sesiones de transferencia”, que son reuniones destinadas a revisar problemas pasados e historias exitosas, con la finalidad de analizar, agrupar y conservar los resultados de esas reuniones para que sirvan en otros proyectos [Komi-Sirviö, S. *et al.*, 2002].

Una memoria institucional-herramienta fundamental para llevar a cabo la conjunción entre el uso efectivo de los conocimientos personales y la adaptación cualitativa y cuantitativa de estos conocimientos a un entorno cambiante y el enfoque tecnológico- según Paradela [Paradela, L., 2001] es una representación de la información y en especial de los conocimientos de una institución de forma explícita, independiente y persistente. El servicio fundamental de las memorias institucionales es proporcionar los conocimientos necesarios siempre que se necesitan a quién los precise. Como requisitos que debe cumplir una memoria institucional cita:

- a) coleccionar y organizar sistemáticamente información de varias fuentes,
- b) explotar información fácilmente, proporcionar beneficios rápidamente y ser adaptable a requisitos que surjan nuevamente,
- c) explotar la retroalimentación de los usuarios para su mantenimiento y evolución,
- d) integrarse en los entornos de trabajo existentes y
- e) presentar activamente la información relevante.

Para Murray [Murray, P., 2001], una memoria institucional permite, por ejemplo en una empresa, a partir de las experiencias, mejorar la calidad y eficiencia de los esfuerzos de desarrollo o servicios y habilitar que esa experiencia y los conocimientos disponibles de la organización favorezcan o estimulen el aprendizaje. O sea, colabora en la gestión del conocimiento.

El análisis de tareas, según Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997], consiste en establecer para cada tarea qué información se requiere, qué forma debe tener esa información y qué información alternativa podría necesitarse. También explican el análisis de protocolos, definiendo primero que un protocolo es una transcripción de las sesiones en la cual se le pregunta al experto que está haciendo y por qué; se va grabando lo que hace el experto para luego, transcribirlo y analizarlo para convertirlo en un conjunto de razonamientos que llevan a la solución del problema.

Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997], citando a Neches y colegas, definen conceptualizar como el entendimiento del dominio del problema y la terminología usada. Consiste en hacer explícitos los conceptos claves y las relaciones relevantes. Formalmente, la conceptualización es

una terna (C;R;F): conceptos, relaciones y funciones. Para Guarino [Guarino, N., 1997] una conceptualización es un conjunto de reglas informales que limitan o fuerzan la estructura de una parte de la realidad, la cual un agente usa con la meta de aislar y organizar los objetos relevantes y las relaciones relevantes.

Los *conceptos*, que representan cualquier cosa sobre la que se quiere decir algo, se pueden obtener por abstracción o generalización. Abstraer consiste en manipular los conocimientos sustituyendo la descripción de lo esencial de un concepto por el propio concepto. Generalización es el paso de la consideración de un concepto a la consideración de un conjunto contenido en ese concepto ([Gómez, A. *et al.*, 1997]).

Una *relación* es un tipo de interacción entre conceptos en un universo de discurso. Las propiedades son: valencia, que describe la forma cuantitativa en que los elementos intervienen en la relación (ej. uno a uno, muchos a uno, etc.), funcionalidad, que señala un tipo de implementación de la relación (ej. inyectiva, sobreyectiva) y cardinalidad, que determina el número de argumentos que participan en la relación (ej. unarias, binarias, ternarias, etc.) ([Gómez, A. *et al.*, 1997]).

Para producir una conceptualización recomiendan Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] identificar conceptos, hacer el modelo dinámico de proceso y control, diseñar el mapa de conocimientos, modelizar y estructurar los conocimientos y producir un modelo conceptual.

Un mapa de conocimiento indica Paradela [Paradela, L., 2001] es un diagrama n dimensional que muestra múltiples relaciones entre conceptos usando nodos, enlaces y configuraciones especiales. Para Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] es similar a un mapa mental. Es un método de representar en papel, en dos dimensiones, las conexiones que efectúa el cerebro cuando entiende hechos acerca de algo.

Gruber [Gruber, T., 1993] define una ontología como una especificación formal explícita de una conceptualización compartida. A su vez, Uschold y colegas [Uschold, M. *et al.*, 1996] refieren que una ontología es una representación o “account” explícita de (alguna parte de) una conceptualización. Neches y sus colegas [Neches, R. *et al.*, 1991] indican que una ontología define el vocabulario de un área mediante un conjunto de términos básicos y relaciones entre dichos términos, así como las reglas que combinan términos y relaciones que amplían las definiciones dadas en el vocabulario. La palabra término es equivalente a los elementos de la terna (C;R;F).

1.3 Finalidad y Estructura de la tesis

Como señala Eco [Eco, U., 1989], una investigación es científica cuando trata sobre un objeto reconocible y definido de tal forma que también será reconocible por los demás; tiene que decir sobre ese objeto cosas que todavía no han sido dichas o presentar una óptica diferente; tiene que ser útil; y debe suministrar elementos para la verificación y la refutación de las hipótesis.

La finalidad de este trabajo es colaborar en la búsqueda y en el diseño de propuestas concretas para el aprendizaje. En particular, la meta es establecer un modelo para la creación de entornos de aprendizaje efectivos y eficientes utilizando técnicas de gestión del conocimiento y presentar un diseño e implementación de un entorno concreto basado en dichas técnicas desde una perspectiva interdisciplinaria, combinando el manejo del conocimiento, desde el punto de vista informático, con el aprendizaje en general. En particular, dentro del binomio “enseñanza-aprendizaje”, hacer particular énfasis en el punto “aprendizaje”. Se hace hincapié en que es necesario que los conocimientos que forman parte del aprendizaje se gestionen de la manera más adecuada.

Parece difícil, “a priori”, validar la importancia de un tema de investigación. Teniendo en cuenta los problemas planteados en la enseñanza universitaria así como el crecimiento e importancia de los conocimientos -presentados a través de la perspectiva de cuáles son las funciones de la Universidad, especialmente considerando la era de la información, del conocimiento y del aprendizaje- parece ser relevante intentar realizar aportes para ofrecer nuevas alternativas u opciones que permitan un mejor aprendizaje para los tiempos actuales y sobre todo para los que vienen.

Luego de haberse establecido el tema y su importancia, cabe preguntarse acerca de su novedad. ¿Es nuevo lo que presenta y aporta? Así mismo, ¿es verdad lo que se presenta?, ¿es aplicable?, ¿funciona?.

Para responder estas preguntas se presenta en el Tomo I, en el capítulo 2, el estado de la cuestión y a partir de una descripción formal del problema -incluida en el capítulo 3-, se ofrece, en el capítulo 4, la solución propuesta y en el capítulo 5 la experimentación realizada, así como las conclusiones del trabajo en el capítulo 6. En el capítulo 7 se exponen algunas líneas de trabajo futuro y posibles ampliaciones. La bibliografía consultada se detalla en el capítulo 8. El índice de autores se encuentra en el capítulo 9. En el tomo II se incluyen los apéndices donde constan materiales auxiliares que ha sido necesario manejar para realizar la tesis y que puede ser de interés para el lector deseoso de profundizar en el trabajo, pero no es imprescindible disponer de él para comprender la línea de razonamiento de la tesis. También se incluye un detalle de las publicaciones originadas en la tesis, la bibliografía e índice de autores respectivos.

En forma más detallada, el Tomo I de la memoria está organizado de la siguiente manera:

- en el presente capítulo (*capítulo 1*) se ofrecen los antecedentes, se ubica la necesidad de alternativas diferentes a la enseñanza, y se introducen a grandes rasgos los términos que se tratarán en la tesis;
- en el *capítulo 2* se presenta el estado de la cuestión. Se enfocó hacia los distintos temas que atañe la tesis. Así, se cubren aspectos vinculados a los entornos de aprendizaje, donde se brinda como un primer aporte una definición de entorno, se presentan varios criterios de catalogación y luego se ofrece una lista de entornos y modelos de entornos. Luego se introducen particularidades acerca de la gestión del conocimiento, enumerando diferentes técnicas. Se integran ambos temas (entornos y gestión). Posteriormente se incluyen elementos vinculados al conocimiento en sí: ontologías, representación del conocimiento y posibles clasificaciones. Se presenta una propuesta integradora de las clasificaciones del conocimiento;
- en el *capítulo 3* se plantean nociones acerca de los problemas en general y se presenta el problema en particular a tratar. El problema se puede enunciar como: definir las características necesarias que debe tener un entorno de aprendizaje que, contemplando los requerimientos de adaptabilidad, contexto y flexibilidad, permita a un estudiante satisfacer los requerimientos de conocimiento de una determinada área a través de la gestión explícita del conocimiento;
- en el *capítulo 4* se desarrolla la solución al problema planteado. En primera instancia se ejemplifica un posible uso de un entorno creado a partir del modelo que se propone y luego se detalla la arquitectura del modelo. Se destacan los aportes del modelo en relación a otros entornos y modelos analizados. Como otro aporte del trabajo, se define una ontología sobre los tipos de conocimiento, que integra los diferentes conceptos sobre conocimiento presentados en capítulos previos. Finalmente se describe el modelo detallado y la implementación realizada;

- en el *capítulo 5* se brinda la experimentación. Se describe el diseño experimental elegido, la bitácora de la experimentación, los resultados obtenidos y el análisis realizado. Los resultados se presentan en forma detallada y se analizan desde diferentes perspectivas. Por cada perspectiva o enfoque, se incluye una interpretación y se integran todos los análisis en el punto “Conclusiones de la experimentación”. Como se verá, el uso del entorno permite que el alumno amplíe o mejore sus formas de resolución de problemas así como sus capacidades para realizar la transferencia del conocimiento;
- las conclusiones del trabajo se presentan en el *capítulo 6*. En forma resumida, es posible desarrollar una arquitectura de modelo de entornos de aprendizaje que sea original, aplicable, eficiente y basado en la gestión del conocimiento;
- un esbozo de propuestas de futuras líneas de investigación y de trabajos de ampliación se brinda en el *capítulo 7*;
- la bibliografía consultada se detalla en el *capítulo 8*.
- el índice de autores se incluye en el *capítulo 9*.

El Tomo II de la memoria está organizado de la siguiente forma:

- el *capítulo 1* contiene los apéndices, que consiste del material entregado y, o, discutido con los alumnos, de un resumen de las publicaciones originadas en la tesis y de los datos reales de la experimentación.
- en el *capítulo 2* se incluye la bibliografía respectiva.
- en el *capítulo 3* se presenta el índice de autores.

1.4 Aportes de la tesis

Los aportes de este trabajo son: dar una definición de entorno de aprendizaje, identificar y caracterizar los elementos de los entornos de aprendizaje y brindar una arquitectura de modelo para crear entornos de aprendizaje, efectivos y eficientes, basados en técnicas de gestión del conocimiento. Dentro de la arquitectura se utilizará una conceptualización basada en ontologías: formalmente se presenta una ontología del conocimiento. El empleo de ontologías permite oportunidades para la reutilización y la colaboración, el uso de la experiencia y las búsquedas con filtros adecuados, todo ello debido al lenguaje común. Se combinan la gestión de los conocimientos con el uso de ontologías, aspectos ambos no vinculados tradicionalmente a los entornos de aprendizaje.

Se trata de ofrecer una arquitectura de un modelo tal que su aplicación en casos concretos permita al estudiante, entre otros aspectos, fomentar la metacognición, el autodidactismo, promover el pensamiento crítico y analizar diferentes puntos de vista. El modelo informático servirá como base para el diseño de entornos que permitan facilitar estos procesos. El centro estará en el propio estudiante, en la gestión de los conocimientos y la de sus aprendizajes.

Se presenta una experimentación, en un caso concreto sobre el aprendizaje en Programación. No solamente se presentan los resultados sino que se brinda la información completa de las pruebas.

Como lo señalan Broad y colegas [Broad, W. *et al.*, 1985], un sicólogo de la Universidad del Estado de Iowa escribió a 37 autores de trabajos solicitando los datos brutos en que basaban sus investigaciones. Los resultados fueron desoladores. No contestaron, 5. 21 aseguraron haber extraviado o destruido inadvertidamente, eso sí, sus datos. 2 brindaron acceso en condiciones muy restrictivas. Y sólo 9 enviaron sus datos en sucio, datos que cuando fueron analizados mostraron errores en más de la mitad de ellos. Por esta razón, se incluye en el Tomo II, como aporte metodológico, el cuaderno de bitácora de la experimentación a los efectos de brindar todos los elementos para su replicación y, o, verificación.

1.5 Resumen

El objetivo de este capítulo es brindar puntos iniciales de referencia como contexto al problema a tratar en esta tesis.

Inicialmente se presentan los antecedentes que sirven de punto de partida al trabajo. Se ofrecen diferentes características y funciones de la universidad, en el aspecto histórico, el actual y el futuro. Se describen luego las distintas sociedades (preindustrial, industrial, postindustrial) y se detalla cómo ha ido creciendo en importancia el conocimiento. Se destaca el valor del aprendizaje en lo que se llama la Era del Conocimiento o del Aprendizaje.

La educación, en el marco de esta Era del Aprendizaje, también debe ser ajustada a los nuevos requerimientos. Se enuncian algunas de las carencias u oportunidades de mejora de la educación actual así como las causas de esas carencias. Se ofrecen propuestas para la universidad, como por ejemplo, la generación de nuevas metodologías, el diseño de nuevos esquemas y la ampliación del tiempo, del lugar y de la edad para aprender.

Con el objetivo de aclarar los términos con los que se trabajará a lo largo de la tesis, se ofrecen definiciones iniciales de entorno, aprendizaje, entorno de aprendizaje, conocimiento, gestión del conocimiento y técnicas de gestión del conocimiento.

Finalmente se describe la finalidad de la tesis, que en pocas palabras se puede expresar como: establecer un modelo para crear entornos de aprendizaje efectivos y eficientes utilizando técnicas de gestión del conocimiento. Se define asimismo la estructura del trabajo y los aportes en forma más detallada.

2 Estado de la cuestión

Pedid, y se os dará; buscad, y hallaréis
Evangelio según San Mateo 7:7

Pondera la situación y luego actúa
Sun Tzu (El arte de la guerra)

2.1 Introducción

Bendfeldt [Bendfeldt, J., 1994] cita que: “Un error en la práctica de la medicina puede poner en peligro una vida. Un error en la práctica de la política puede poner en peligro una generación. Más un error en la práctica de la enseñanza puede poner en peligro a miles de generaciones”. Aunque exagerada, sí da una visión de los efectos de la mala práctica en la enseñanza.

Se profundizará en la consideración de los entornos de aprendizaje y las técnicas de gestión del conocimiento, así como en la posible relación entre ambos temas. Asimismo, se analizarán los conceptos vinculados directamente con el conocimiento en sí, tales como ontologías, representación del conocimiento y clasificación del conocimiento. Se presentará una propuesta integradora de clasificación del conocimiento.

2.2 Entornos de Aprendizaje

2.2.1 Pasado, presente y futuro de los entornos de aprendizaje

2.2.1.1 Generalidades

Para Avila y colegas [Avila, P. *et al.*, 2001] en un ambiente educativo, los estudiantes aprenden contenidos de matemáticas, arte o ciencias, pero también desarrollan habilidades intelectuales asociadas a esos aprendizajes tales como representar la realidad, elaborar juicios de valor, razonar, inventar o resolver problemas de varios tipos, al tiempo de que aprenden otras habilidades comunicacionales que son importantes en su proceso de socialización.

Los ambientes de aprendizaje no se dan de manera automática, no surgen como generación espontánea ni son tampoco resultado de las nuevas tecnologías, refieren Avila y colegas [Avila, P. *et al.*, 2001], el diseño pedagógico es decisivo. Cuando se diseñan ambientes de aprendizaje se debe tomar en cuenta la necesidad de modificar actitudes, ideas y mecanismos tradicionales entre docentes y estudiantes, esto implica desde la modificación de la imagen de autoridad y del saber, hasta las formas de uso de los medios y de las tecnologías.

Para Harmon [Harmon, R., 1996], las antiguas escuelas de una sola aula parecen haber sido una forma exitosa de la educación. Los mejores maestros de esas escuelas tenían que prestar mucha atención a cada estudiante. A menudo había 1 ó 2 alumnos en cada grado. Como los grupos eran pequeños, era más fácil ajustarse al ritmo de aprendizaje de cada uno. Se recompensaba a cada estudiante por su progreso individual y se sentían motivados. Sin embargo, la escuela de un solo

maestro sólo era tan buena como el maestro. Algunos maestros eran menos entusiastas, menos comprometidos y menos capaces que otros. En consecuencia, algunos estudiantes se beneficiaban del mejor maestro posible mientras que a otros se les escatimaba la oportunidad de aprender al máximo de su capacidad. Aunque, como señala Freire [Freire, P., 1994], “no podemos afirmar que el alumno de un maestro incompetente e irresponsable deba necesariamente ser incapaz y falto de responsabilidad o que el alumno de un maestro competente y serio automáticamente sea serio y capaz”. Harmon [Harmon, R., 1996] indica que “la solución de la era espacial a la crisis de la educación y la capacitación es regresar a la excelencia del sistema de una sola aula, pero a través de sistemas computacionales y de telecomunicaciones”.

Wurman [Wurman, R., 2001] refiere a que en las escuelas actuales se recompensa por contestar, pero existe mucho más para aprender a través de las preguntas que de las respuestas. Un verdadero maestro es alguien que ayuda a formular las propias preguntas. La persona que hace la pregunta generalmente aprende más que la persona que la responde, y para ejemplificar propone que si a una persona se le pregunta la edad y ella responde “45 años”, el que formuló la pregunta aprendió algo y el que respondió no, porque ya sabía que tenía 45 años.

Como lo contó el premio Nobel de Física de 1978, Arno Penzias, en su libro “Ideas and Information”, la madre de Isaac Rabi, también premio Nobel de Física, al regresar éste de la escuela cada día siempre le hacía la misma pregunta ¿Hiciste hoy alguna buena pregunta Isaac?. Si algo debe facilitar un entorno de aprendizaje virtual es, justamente, promover y facilitar el preguntar [Antonio, A. de *et al.*, 2003].

“La enseñanza en el siglo XX viene a ser como llevarle a uno al mejor restaurante del mundo para obligarle luego a comer el menú del día”, refiere el premio Nobel de Física Gell-Man. [Antonio, A. de *et al.*, 2003]. En el mismo contexto gastronómico, Wurman [Wurman, R., 2001], señala que una escuela ideal debería parecerse a una mesa de comidas en un restaurante de comida libre. Uno debería poder servirse platos grandes o pequeños, comer despacio o rápido así como comer el postre primero.

Como señala Gutiérrez M. [Gutiérrez M., A., 1996], “tampoco nos resulta fácil a ciudadanos de la era Gutenberg entender de qué forma la implantación progresiva de las nuevas tecnologías en la sociedad puede influir en el procesamiento y almacenamiento de la información, en la forma de razonar y la idea del mundo de nuestros alumnos y cómo esos nuevos medios pueden condicionar los procesos de enseñanza y aprendizaje aún cuando no se utilicen en el aula”.

Citan Segovia y colegas [Segovia, F. *et al.*, 1998] algunos rasgos del modelo tradicional, como por ejemplo:

- falta de objetivos claros y explícitos;
- imposibilidad de individualizar el proceso educativo;
- control del resultado final y escasa atención al proceso;
- metodología centrada en la enseñanza, no en el aprendizaje y
- no se toma en cuenta el aprendizaje autónomo.

También estos mismos autores refieren que los docentes, ante el aumento exponencial de los conocimientos, no saben lo que hay que enseñar y además continúan utilizando métodos didácticos superados por los avances de la psicología y de las ciencias sociales afines a la educación, y no se benefician de los apoyos tecnológicos.

Lo que hace falta es un sistema educativo que esté dispuesto y que sea capaz de cambiar, de experimentar con nuevas pedagogías, nuevos contenidos de enseñanza, nueva organización de esos

contenidos y nuevos diseños de los establecimientos y del equipamiento, indica Ackoff [Ackoff, R., 1993].

Para Salinas [Salinas, J., 1997], centrarse en el ambiente de aprendizaje no puede reducirse al análisis de la organización del espacio y tiempo educativos. La unidad básica de espacio educativo (salón de clase) y la unidad básica de tiempo (“la clase”) se ven afectadas por la aparición de nuevas tecnologías de la información. La enseñanza nacida de la industrialización se ha caracterizado por seguir una ley de 3 unidades: unidad de tiempo, unidad de lugar y unidad de acción, esto es: todos en el mismo lugar, al mismo tiempo, realizando las mismas actividades de aprendizaje. Este ambiente característico se comenzó a desdibujar al cambiar las coordenadas espacio-temporales que propician las telecomunicaciones.

Cabrero [Cabrero, J., 2001] refiere que los nuevos entornos llevarán a que el docente deje de ser el transmisor exclusivo de información, pasando a desempeñar el rol de diseñador de situaciones mediadas de aprendizaje y creador de hábitos de destreza en los estudiantes para la búsqueda, selección y tratamiento de la información. Por parte del estudiante, al tener entornos más abiertos y flexibles, le exigirá el desempeño y adquisición de nuevas competencias, superando el papel pasivo, la mera memorización y repetición de la información y desenvolviéndose en otros más significativos para la resolución cognitiva de problemas, la localización, reflexión y discriminación de la información, el control activo de los recursos de aprendizaje, y la adquisición de una actitud positiva para la interacción con y desde las tecnologías. Esto le servirá para desenvolverse en la sociedad del futuro, que, como ya se indicó, será una sociedad de aprendizaje y del aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Daniel Kim [Boyett, J. *et al.*, 1999] aconseja pensar el proceso de aprendizaje como una rueda que gira, pasando por experiencia, meditación, formación de conceptos y comprobación de conceptos. Los modelos mentales son la visión que una persona tiene sobre el mundo, incluyendo el entendimiento explícito e implícito; y son el contexto en el cual ver e interpretar el material nuevo y determinan que información almacenada es relevante en una situación dada.

Boyett y colegas [Boyett, J. *et al.*, 1999] incluyen la definición de aprender como adquirir conocimiento o habilidad. Es saber por qué, es la parte conceptual del aprendizaje, por qué algo ocurre o funciona. La habilidad es el saber cómo, es la parte de aplicación, tener la habilidad para utilizar el saber por qué para hacer que algo ocurra. Para destacar estos dos aspectos de aprender -saber por qué y saber cómo- presenta un interesante ejemplo brindado por Daniel Kim de dos carpinteros, uno con gran conocimiento sobre arquitectura y diseño pero que nunca ha conseguido adquirir las habilidades para usar ese conocimiento y construir algo (el saber cómo) y el otro carpintero que tiene enormes habilidades para trabajar la madera pero no tiene conocimientos sobre qué es lo que hace que una estructura sea coherente, por eso todas las maderas se rompen y sus casas se caen. Obviamente, ninguno de los dos es muy efectivo. Cope [Cope, M., 2001] señala que hay que cambiar la visión del saber cómo y saber qué a una visión que considere también saber por qué y saber cuándo.

2.2.1.2 Enseñanza asistida por computadora

Almeida y colegas [Almeida, S. *et al.*, 1997] definen medio de enseñanza como todos los componentes del proceso docente que actúan como soporte material de los métodos (instructivos o educativos) con el propósito de lograr los objetivos planteados. O’Shea y colegas [O’Shea, T. *et al.*, 1985] señalan que en los años 50 aparecieron los primeros sistemas de enseñanza, llamados *programas lineales*, en los que ningún factor podía cambiar el orden establecido por el

programador. Todos los alumnos recibían el mismo conocimiento en el mismo orden o secuencia. No se tenía en cuenta la aptitud del alumno.

La enseñanza programada supone que los estudiantes pueden aprender cierto material más efectivamente si está programado, o sea si está organizado lógicamente para presentar sólo una idea elemental cada vez, según explica Mateo [Mateo, A., 1997]. Cada idea se construye a partir de las previas, cada nuevo elemento de información va seguido por una serie de preguntas y ejercicios con las correspondientes respuestas, de modo que el estudiante pueda integrar y revisar las informaciones previas y vigilar por sí mismo la marcha del trabajo. El problema es preparar el material. También, según esta autora, resulta problemático la rigidez del orden prefijado. Se le podría agregar elementos tales que “si resolvió tal problema, realizar tal otro”, lo cual es sencillo de hacer con computadora. Destaca como problemas de estos sistemas que los estudiantes no pueden plantear cuestiones, no tratan adecuadamente las respuestas no previstas y no tienen conocimiento de una materia, sólo dan preguntas y respuestas previamente programadas.

Las características de este tipo de formación según García [García, A., 1998] son :

- pequeños pasos: el sujeto va “despedazando” el problema a través de un determinado número de pequeños pasos organizados en una secuencia de instrucciones;
- respuesta continua: según se avanza, el aprendiz responde a todas las pruebas que se le van planteando;
- conocimiento inmediato de resultados y
- propia marcha, los aprendices trabajan con su propio libro o máquina a su propio ritmo.

Como ventajas destaca la flexibilidad, propio ritmo e individualidad del aprendizaje. Como inconvenientes refiere que es difícil encontrar el programa adecuado y los buenos programas son caros.

O’Shea y colegas [O’Shea, T. *et al.*, 1985] indican que luego aparecieron los *programas ramificados*, con un número fijo de temas pero con capacidad para actuar según la respuesta del alumno. Esta mejora se consiguió gracias a la técnica de Equiparación de Patrones (*Pattern matching*), que permitía tratar las respuestas del alumno como aceptables o parcialmente aceptables, en lugar de totalmente correctas o incorrectas.

Posteriormente, entre fines de los 60 y comienzos de los 70 surgieron los *sistemas generativos*, refieren O’Shea y colegas [O’Shea, T. *et al.*, 1985], sistemas asociados a la filosofía educativa que manifiesta que “los alumnos aprenden mejor enfrentándose a problemas de dificultad adecuada, que atendiendo a explicaciones sistemáticas”: es decir, adaptando la enseñanza a sus necesidades. En estos sistemas el sistema determina el grado de dificultad del problema que se presente, tomando en cuenta el concepto a tratar y el nivel de detalle. Todos estos sistemas, conocidos como CASI (*Computer Assisted Instruction*) tienen como deficiencia que:

- 1) pretenden abarcar cursos completos en lugar de limitarse a temas concretos;
- 2) existen barreras de comunicación entre el tutor y alumno;
- 3) no tienen conocimientos de cómo y por qué se ejecutan las tareas;
- 4) su construcción ha estado muy dirigida a sistemas específicos, lo que impide transportarlos a otros dominios;
- 5) tienden a ser estáticos, en lugar de evolucionar y ser dinámicos; y
- 6) una vez construidos, el conocimiento que incluye no se ve modificado con el tiempo.

La enseñanza asistida por computador (u ordenador) (EAC) para San José [San José, C., 1990] es una modalidad de comunicación indirecta entre alumno y profesor, que no se realiza por la línea más corta de la presencia física sino describiendo un ángulo con un vértice en el ordenador. En vez de clasificar estos sistemas como rutinas, tutoriales, juegos y simulaciones, propone clasificarlos en

base a la funcionalidad específica: funciones tutoriales, de aplicación e investigación y de apoyo al profesor.

Así incluye:

Funciones de tutoría:

- Ejercitación (recuperación, educación especial, uso individual).
- Instrucción (EAC propiamente dicha, lecciones secuenciadas, uso individual, introducción de conceptos).
- Evaluación (individual, grupal, examen asistido por ordenador, gestor de test).
- Facilitador de cálculos, datos, (Hojas de cálculo, Gestores de bases de datos, cuadernos de notas, calculadoras, conversores de unidades).

Funciones de aplicación e investigación:

- Simulaciones, modelizaciones (situaciones imposibles, peligrosas, improbables, muy caras, demasiado rápidas o lentas, uso más complicado y creativo).
- Diseño asistido, gráficos.
- Herramientas de ayuda a la composición y a la lectura (estimular la escritura, mejorar velocidad y comprensión de la lectura, creación musical, uso grupal o individual).
- Entornos de creación de modelos, exploratorios y de construcción del pensamiento (Lenguajes de programación, micromundos, hojas de cálculo, gestores de simulación).
- Resolución de problemas (lenguaje de programación, programas de tipo transversal de ejercitación, evaluación y simulación).
- Juegos (Ejercitación de concepto curricular en entorno lúdico, uso individual o colectivo, adecuado para los más jóvenes).

Funciones de apoyo al profesor:

- Bases de evaluación.
- Lenguajes y sistemas de autor.
- Bancos y bases de datos. Herramientas de resolución de problemas.
- Programas de demostración. Gestores de Hipertexto.

Mateo [Mateo, A., 1997] indica que la enseñanza asistida por computador inteligente (EACI) trata de desarrollar la serendipidad (o sea el encontrar algo mejor cuando se busca algo), mejorar la cognición y eliminar la frustración. Las fuentes para mantener el modelo del estudiante son: históricas, implícitas (por el comportamiento) y explícitas (por sus preguntas).

Para Azevedo y colegas [Azevedo, B. *et al.*, 1997] un sistema de tutor inteligente es un software capaz de tutorear a una persona en determinado dominio. El tutor sabe qué enseñar, cómo enseñar, y aprende informaciones relevantes del aprendiz que está siendo tutoreado, proporcionando un aprendizaje personalizado.

Un tutor inteligente, para Almeida y colegas [Almeida, S. *et al.*, 1997], es un programa mediante el cual se pretende enseñar algunos conocimientos a una persona teniendo en cuenta su capacidad de aprendizaje y el conocimiento que tiene en todo momento sobre esa materia. Ese programa debe ser flexible y abierto a las posibles sugerencias del alumno. Generalmente tiene 4 componentes básicos: módulo del *dominio*, modelo del *estudiante*, módulo *pedagógico* y módulo *interfaz*. El módulo del dominio tiene la base de conocimiento del tutor. Ahí hay conocimiento declarativo y, o, procedimental sobre la materia que se enseña. Un modelo del estudiante es toda información que contenga un programa de enseñanza que sea específica para el alumno que está siendo enseñado. Para diseñar el modelo del estudiante se debe pensar en términos de qué características e información debe contener. Debe observarse al estudiante e interpretar sus acciones. A su vez, las acciones que realiza el tutor pueden ser: corrección, elaboración, estrategia, diagnóstico, predicción y evaluación. Beck y colegas [Beck, J. *et al.*, 2001] identifican un quinto componente, el modelo

del experto, que es un modelo de cómo alguien habilidoso en un dominio particular representa el conocimiento. Por ejemplo, es alguien capaz de resolver problemas del dominio. Usando el modelo experto, el tutor puede comparar la solución del aprendiz con la de experto, destacando los lugares donde el aprendiz tuvo dificultades.

Los entornos inteligentes de aprendizaje basados en computador según San José [San José, C., 1990] son EAC controlados por un sistema experto que cuenta con un modelo de alumno y otro de profesor. El programa ha de percibir el estilo cognitivo del alumno a través de sus respuestas y ha de amoldar el ritmo y el árbol de conocimientos que le va a presentar a un alumno determinado. Estaca [Estaca, C., 1999], en relación al proyecto PHASE, señala que el modelo del estudiante realiza la evaluación de las respuestas dadas por el estudiante en función de la resolución del problema que realiza el experto. Esta evaluación se realiza en forma diferente para los distintos tipos de problema contemplados por el sistema (respuesta simple, respuesta múltiple, sí/no, serie de pasos y respuesta aritmética).

Para García [García, R., 1995] los componentes de un sistema inteligente de enseñanza, en relación a la Arquitectura LASIE (Laboratorio de Sistemas Inteligentes de Enseñanza) son: módulo del *alumno*, módulo *experto*, constituido por el conocimiento del dominio, generador de problemas y analizador de problemas, módulo *pedagógico*, formado por conocimiento pedagógico que contiene la descripción de la manera de enseñar al alumno la materia y módulo *tutor*, encargado de la secuenciación de los elementos del curso e interfaz. Adicionalmente, este modelo incorpora una *interfaz* generadora del curso, un módulo de *seguimiento* y uno de *resultados*. Debido a que no se ha implementado en su totalidad, no se han podido comprobar las supuestas ventajas del módulo experto.

Azevedo y colegas [Azevedo, B. *et al.*, 1997] presentan un sistema tutor inteligente basado en una arquitectura multiagente, esto es una sociedad de agentes inteligentes, donde cada uno posee ciertas tareas y se comunica con los demás agentes. El método pedagógico adoptado por el tutor inteligente es el constructivista de Piaget, que enfatiza que una persona aprende mejor cuando toma parte en forma directa en la construcción del conocimiento que adquiere. Azevedo y colegas [Azevedo, B. *et al.*, 1999] describen los agentes: presentador, mediador, aprendiz, compañero, especialista y tutor. El presentador es responsable de la interfaz, recibe información del aprendiz y se la envía al agente aprendiz. El mediador funciona como elemento de unión entre los demás agentes, haciendo el reenvío de mensajes. El agente aprendiz es responsable de crear y mantener modelos de los aprendices que usan el sistema. Ese modelo contiene información (identificación, nombre, nivel de conocimiento anterior), conceptos aprendidos e histórico del aprendiz (otras sesiones realizadas). El agente compañero da guías para ayudar a responder preguntas hechas por el sistema. El especialista contiene una representación del conocimiento a ser comunicado con el aprendiz. El tutor regula las interacciones instruccionales con el aprendiz.

Estaca [Estaca, C., 1999] destaca que las ventajas de los sistemas de tutoría inteligente frente a los tradicionales de enseñanza asistida son:

- 1) la estrategia de enseñanza y el conocimiento del dominio se implementan de manera separada;
- 2) la organización es modular y permite el desarrollo por separado de los módulos que lo integran;
- 3) la estrategia de enseñanza es genérica y puede ser empleada en múltiples dominios y
- 4) el comportamiento del tutor cambia dinámicamente en función del comportamiento del estudiante.

O'Shea y colegas [O'Shea, T. *et al.*, 1985] proveen una clasificación de los sistemas de enseñanza, que se presenta en la Tabla 2-1 Sistemas de enseñanza:

Enfoque	Características	Ejemplo
Programas lineales	Derivación del conductismo, presentación sistemática, refuerzo y ritmo propios	Last (1979)
Programas ramificados	Retroalimentación correctora; adaptable a la respuesta del alumno; diálogos tutoriales; uso de lenguajes de tutor	Ayscough (1977)
Enseñanza generativa asistida por ordenador	Ejercicios y prácticas, uso de medidas de dificultad de tareas, contestación a preguntas del alumno	Palmer y Oldehoeft (1975)
Modelos matemáticos de aprendizaje	Uso de teorías estadísticas de aprendizaje de aplicabilidad limitada, sensibilidad a la respuesta	Laubsch y Chiang (1974)
El proyecto TICCIT	Lecciones de línea principal, control por parte del alumno, uso de TV y miniordenadores	Mitre Corporation (1976)
El proyecto PLATO	Sistema interactivo, pantallas gráficas, interés por el coste	Bitzer (1976)
Simulación	El ordenador concebido como laboratorio, gráficos interactivos, programas pequeños	McKenzie (1977)
Juegos	Intrínsecamente motivantes, efectos audiovisuales, con frecuencia faltos de fines educativos	Malone (1980)
Resolución de problemas	El ordenador como ambiente, derivación de la teoría de Piaget y la inteligencia artificial	Papert (1973)
Modalidades liberadoras	El ordenador concebido como dispositivo economizador de trabajo, orientado a tareas	Lewis y Tagg (1981)
Sistemas de diálogo	Estrategias tutoriales, uso del lenguaje natural, iniciativa mixta, uso de representaciones complejas del conocimiento	Carbonell (1970)

Tabla 2-1 Sistemas de enseñanza

O'Shea y colegas [O'Shea, T. *et al.*, 1985] describen varios proyectos como SCHOLAR, SOPHIE y GUIDON. Estaca [Estaca, C., 1999] los refiere e incluye además TRAPSP:

- El proyecto SCHOLAR, en 1970, fue el primero que se realizó, como ejemplo de Sistema inteligente de tutoría, según explica. Es un sistema generativo porque construye preguntas y respuestas a partir de información que tiene almacenada, sin tener que especificarlas de antemano. Su modelo del experto se basa en una red semántica. Refiere que hay opiniones que SCHOLAR parece “revolotear” de una cosa a otra sin un intento sistemático para que los conocimientos del alumno progresen en alguna dirección concreta.
- SOPHIE, proyecto para la localización de averías en circuitos electrónicos, desarrollado en la Universidad de California, se centra en un simulador de circuitos de propósito general, respondiendo además preguntas sobre el circuito dado, evaluando hipótesis del alumno y generando hipótesis para ofrecer ayuda al alumno que lo solicite.
- GUIDON, desarrollado en la Universidad de Stanford, tiene un dominio correspondiente al diagnóstico de enfermedades infecciosas. Se concibió como una aplicación del sistema

experto MYCIN, añadiéndole conocimientos de pedagogía y una estrategia de tutoría orientada a la enseñanza sobre diagnóstico de enfermedades infecciosas.

- TRAPSP (1997) tiene como meta desarrollar una aplicación basada en técnicas multimedia y de aprendizaje a distancia en el modelo PSP (Personal Software Process, diseñado por el Software Engineering Institute).

Beck y colegas [Beck, J. *et al.*, 2001] categorizan los sistemas de tutoría inteligente basándose en dos dimensiones: abstracción del entorno de aprendizaje y tipo de conocimiento de la instrucción. Respecto a la abstracción del entorno los caracterizan desde aquellos que proveen instrucción mediante simulación de ambientes reales (como ACLS: Advanced Cardiac Life Support, en el cual el estudiante toma el rol de un líder de un equipo de emergencia, en el cual se atiende un paciente) hasta aquellos que enseñan en forma descontextualizada. En relación al énfasis de la instrucción, refieren a los ambientes que enseñan habilidades procedurales como los más comunes sistemas de tutoría inteligente.

2.2.2 Definición de entorno de aprendizaje

Se propone como definición de entorno de aprendizaje la siguiente:

Un espacio adaptativo (capaz de reconocer la habilidad cognitiva y preferencias de aprendizaje del estudiante) y contextual que favorece el trabajo independiente y autónomo del estudiante, con la finalidad de ofrecer enfoques no secuenciales que fomenten la libre asociación de ideas.

Un entorno de este tipo debe satisfacer las expectativas de los estudiantes y no estar sobrecargado, también debe basarse en la participación y responsabilidad del alumno, tener en cuenta los diferentes tipos de inteligencia (que son: lingüística, lógica, musical, quinesésica, visual, espacial, interpersonal, intrapersonal según Cope [Cope, M., 2001]). Este último aspecto también es destacado por Dickinson [Dickinson, D., 2001]. Para Hiltz [Hiltz, S., 1995] se debe considerar la riqueza del medio (en una clase común se ven las caras, gestos, tonos de voz). También debe ser presentar un concepto desde distintas perspectivas y ejemplos, y brindar además ejercicios de autocomprobación.

En el documento de Amauta [Amauta, 2001] se ofrecen axiomas de la facilitación del aprendizaje, destacándose que los adultos aprenden con diferentes inteligencias, usando diferentes estilos, en forma radial asociativa (mapas cognitivos), a partir de necesidades e intereses, en un ciclo que va de concreto a formal, si usan los propios recursos (experiencias y pre-saberes) y si aprenden a aprender. Para desarrollar estrategias de pensamiento sugiere la formulación de problemas, prácticas con un problema concreto, formulación de preguntas, clasificar una serie de elementos, utilizar analogías, deducciones e inducciones. Los nuevos ambientes de aprendizaje ofrecen, para Rose y colegas [Rose, D. *et al.*, 2001], múltiples medios de representación (por ejemplo: representaciones matemáticas escritas y graficadas), múltiples medios de expresión (utilizando videos, audio, texto, imágenes) y múltiples medios de compromiso (algunos estudiantes no se comprometen o se aburren; al tener la flexibilidad de los nuevos medios, se alentará el compromiso y la motivación).

2.2.3 Pautas para la construcción de entornos de aprendizaje

Las actividades educacionales tienen tres dominios: cognitivo, afectivo y sicomotor, señalan Bloom y colegas [Bloom, B. *et al.*, 1975]. Clark [Clark, D., 1999], refiriendo a Bloom explica que el dominio cognitivo es para las habilidades mentales (conocimiento), el afectivo es para el crecimiento en áreas emocionales (actitud) y el sicomotor para habilidades físicas o manuales.

La idea principal de la taxonomía del Dominio Cognitivo de Bloom es que lo que los educadores quieren que sepan los alumnos puede ser organizado en una jerarquía desde lo menos complejo a lo más complejo. La taxonomía tiene 6 niveles: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis, evaluación [Bloom, B., 1956]. Luna [Luna, E. *et al.*, 2000] describe cada etapa, citando a Bloom, de la siguiente forma:

- conocimiento: capacidad básica para recordar información sin requerir un entendimiento del material que está siendo tratado;
- comprensión: capacidad para extender e interpretar material o simulaciones y para extrapolar lo entendido a áreas no cubiertas por el planteamiento original;
- aplicación: capacidad para determinar qué conocimiento es relevante para una situación particular y aplicar correctamente ese conocimiento para producir una solución correcta al problema en cuestión;
- análisis: capacidad para descomponer un problema o una situación compleja en sus partes y para reorganizar las relaciones entre las partes;
- síntesis: capacidad para crear una única entidad nueva, trazando los diferentes aspectos del conocimiento y entendimiento, tal que el resultado es más que simplemente la suma de sus partes componentes y
- evaluación: capacidad para juzgar el valor de las ideas, soluciones, métodos, etc. Este nivel es considerado el tope de la jerarquía cognitiva porque el estudiante puede emplear todos los niveles anteriores más un criterio de evaluación apropiado para determinar el valor general del material que está siendo examinado.

Alvarez [Alvarez, R., 2000] indica que el modelo educativo tradicional apunta sólo a los niveles de conocimiento, comprensión y aplicación, y no alcanza a los de análisis, síntesis y evaluación que son precisamente los que permiten al individuo obtener las mejores habilidades requeridas para las organizaciones en los tiempos actuales.

Yildirim y colegas [Yildirim, Z. *et al.*, 2001], indican que primero hay que determinar las características de los aprendices y examinar el nivel de conocimiento previo que tienen sobre la materia. Si ya se tiene conocimiento previo es más fácil integrar nuevo conocimiento a esa estructura. Otros factores a tener en cuenta son la edad y madurez de los estudiantes.

Stiles y colegas [Stiles, M. *et al.*, 2003] recomiendan para el desarrollo de sistemas de *e-learning* utilizar el modelo ADDIE (Analyse, Design, Develop, Implement, Evaluate). Es un *framework* genérico y relativamente neutral que consiste de analizar, diseñar, desarrollar, implementar y evaluar. El análisis incluye definir las necesidades de los aprendices, cuáles son los objetivos de aprendizaje y establecer las opciones disponibles. El diseño refiere en particular a diseñar las actividades de aprendizaje, métodos de evaluación y definir los medios tecnológicos a usar. Desarrollar está relacionado a la implementación del plan para llevar a cabo el curso. Implementar refiere a utilizar el curso y evaluar a la evaluación en sí. Este modelo también podría ser adaptable a los entornos en general.

Para desarrollar mejores métodos educativos, sugiere Scott [Scott, N., 1996] aprender el lenguaje del aprendiz, o sea descubrir sus códigos y modelos mentales. Debe tenerse presente que todo entorno de aprendizaje tiene el potencial de sobrecargar al alumno. Ejemplifica con *Spice* para diseño de circuitos. Destaca que uno de los principales problemas o fallas de este tipo de ambientes es la falta de contexto. Muchos simuladores tienen como objetivo permitir explorar un gran número de posibilidades y resolver rápidamente problemas, pero no dan soporte al proceso de construir conocimiento.

El entorno debería ser adaptativo, esto quiere decir que se tiene en cuenta el perfil del estudiante, su comportamiento durante el proceso de aprendizaje así como las estrategias de enseñanza utilizadas. Los contenidos se seleccionarían dinámicamente, según propone Carro [Carro, R., 2001]. Salinas [Salinas, J., 1997] señala que desde el rol del alumno, se debería tener acceso a un amplio rango de recursos de aprendizaje, control activo de los recursos, participación en experiencias de aprendizaje individualizadas, acceso a grupos de aprendizaje colaborativo y experiencias en tareas de resolución de problemas.

Avila y colegas [Avila, P. *et al.*, 2001] sugieren que se debe evaluar los procesos y resultados que acompañan a los actores durante su formación, donde la reflexión, el análisis, la síntesis, la crítica y la aplicación son los elementos a evaluar y no la memorización ni mecanización de los contenidos. La evaluación se define, según Bloom y colegas [Bloom, B. *et al.*, 1975], como la reunión sistemática de evidencias a fin de determinar si en realidad se producen ciertos cambios en los alumnos y establecer el grado de cambio en cada estudiante. Según Meirieu [Meirieu, P., 1992] sólo se puede enseñar basándose en el sujeto, en sus adquisiciones anteriores, en las estrategias que le resulten familiares. La enseñanza es estéril si no elabora situaciones de aprendizaje en donde el alumno pueda realizar una elaboración activa, es decir, una integración de nuevos datos en su estructura cognitiva.

Se deben crear ambientes de aprendizaje que le den al estudiante la oportunidad de completar tareas, búsquedas, comunicaciones y presentaciones usando tecnología refiere Morgan [Morgan, J., 2001]. Guinea [Guinea, J., 2001] destaca que lo realmente significativo es que los materiales diseñados para su utilización en entornos virtuales se orienten a un aprendizaje muy activo, en el que la exposición de núcleos de conocimiento se intercala con la realización de actividades y en el que el concepto de lectura de documentos con frecuencia es superado por la realización de debates u otras formas activas de estudio. La toma de decisiones, para Salinas [Salinas, J., 1997] debe estar en el alumno. Debe elegir: qué aprendizaje (selección del contenido o destreza), cómo (métodos, medio, itinerario), dónde (lugar), cuándo (comienzo, fin, ritmo) y a quién recurrir por ayuda (tutor, amigos, profesor).

Aunque también aplicables a los entornos en general, Vrasidas [Vrasidas, C., 2002] recomienda al momento de diseñar sistemas hypermedia (sistemas que combinan textos, gráficos, audio y video, como se presentará más adelante), entre otros aspectos:

- permitir el acceso a la información en cualquier orden,
- permitir retroceder a cualquier sección ya visitada, y
- organizar la información en pequeñas piezas manejables y presentarla desde múltiples perspectivas.

Como un atributo crítico para el diseño de entornos de aprendizaje, Trikić [Trikić, A., 2001] destaca la capacidad de los sistemas hypermedia para ser extendidos y, o, actualizados. Con el mismo objetivo de extensión y de actualización, aquí podría aplicarse la recomendación de López [López, A., 2000] acerca de que es importante para los instructores poder visualizar fácilmente, inspeccionar y navegar las bases de conocimiento.

Para Pohjonen [Pohjonen, J., 1997] la meta es mejorar el acceso a los estudiantes a las fuentes de conocimiento, para lo cual todos deben acceder al conocimiento básico y habilidades requeridas por los nuevos ambientes. Salinas [Salinas, J., 1997] señala que es necesario lograr desarrollar en los alumnos las capacidades de: habilidad para diagnosticar las propias necesidades, programar planes para lograr los propios objetivos y evaluar la efectividad de las actividades de aprendizaje. Se debe

introducir un estilo caracterizado por potenciar en los alumnos el aprender a aprender, y en aplicar el aprendizaje al mundo real.

Meirieu [Meirieu, P., 1992] señala que una estrategia de aprendizaje es un modo de representación de la actividad cognitiva de los sujetos a partir de la descripción de los comportamientos intelectuales eficientes dentro de unas situaciones didácticas precisas. Castaño y colegas [Castaño, C. *et al.*, 1997] citando a Albuerne refieren que los estilos de aprendizaje son atributos, preferencias o estrategias habituales relativamente estables usadas por cada sujeto para organizar y procesar la información en orden a la solución de problemas.

Felder [Felder, R., 1996] describe diferentes estilos de aprendizaje del modelo Felder-Silverman. En [Felder, R. *et al.*, 1988] se presentan más detalladamente esos estilos de aprendizaje, que se basan en una escala de varias dimensiones. Se muestran en la Tabla 2-2:

sensorial/intuitivo	los aprendices sensoriales prefieren hechos, datos y experimentación, tienen paciencia con los detalles, son buenos memorizando hechos, son cuidadosos, pero pueden ser lentos. Los intuitivos prefieren principios, y teorías, se aburren con los detalles, y pueden ser rápidos pero descuidados.
visual/auditivo	los aprendices visuales prefieren pinturas, diagramas, dibujos, películas, demostraciones y exhibiciones. Los aprendices auditivos prefieren explicaciones verbales y discusiones.
activo/reflexivo	los aprendices activos aprenden haciendo y practicando. Los reflexivos aprenden examinando y manipulando la información introspectivamente.
secuencial/global	los aprendices secuenciales aprenden mejor cuando el material se presenta en progresión constante de dificultad y complejidad. Los aprendices globales aprenden en forma no continua, parecen perdidos con el material hasta que en un momento se estructura y organiza el pensamiento.
inductivo/deductivo	los aprendices inductivos prefieren pasar de lo específico (observaciones, medidas, datos) a lo general (reglas, leyes, teorías). Los aprendices deductivos prefieren ir de lo general a lo específico.

Tabla 2-2 Escala de Felder y Silverman

Entre otros modelos de estilos de aprendizaje, según refiere Felder [Felder, R., 1996], se destacan:

a) Indicador Myers-Briggs: este modelo clasifica los estudiantes de acuerdo a sus preferencias basadas en escalas derivadas a partir de la teoría de Carl Jung. Los clasifica en:

- extrovertidos (*extravert*) o introvertidos (*intravert*),
- sensores (*sensors*) (orientados a los detalles, hechos y procedimientos) o intuitivos (*intuitors*) (imaginativos, orientados a los conceptos);
- pensadores (*thinkers*) (tienden a tomar decisiones basados en lógica y reglas) o sentimentales (*feelers*) (aprecian tomar decisiones basados en consideraciones personales y humanísticas)
- jueces (*judgers*) (organizan y siguen agendas, buscan “cerrar” aún con información incompleta) o perceptivos (*perceivers*) (se adaptan a las circunstancias).

b) El modelo de estilo de aprendizaje de Kolb: clasifica los estudiantes de acuerdo a sus preferencias por cómo toman la información (experiencia concreta o conceptualización abstracta) y por cómo internalizan la información (por experimentación activa u observación reflexiva). Así se obtiene:

- tipo 1: concreto, reflexivo. Preguntan “por qué”
- tipo 2: abstracto, reflexivo. Preguntan “qué”
- tipo 3: abstracto, activo. Preguntan “cómo”
- tipo 4: concreto, activo. Preguntan: “qué pasa si”

En particular, Felder y Silverman [Felder, R. *et al.*, 1988] refieren técnicas de enseñanza para los distintos estilos de aprendizaje de su modelo. Algunas de las técnicas son:

- motivar el aprendizaje: relacionar el material con lo visto anteriormente y con lo que vendrá (orientado a: inductivo, global);
- dar un balance de información concreta como hechos, experimentos y resultados (sensorial) y conceptos abstractos (principios, teorías, modelos) (intuitivo);
- usar dibujos, esquemas, grafos antes, durante y después de la presentación de material verbal (sensorial). Dar demostraciones (sensorial, visual);
- no cubrir todos los minutos de clase, dejar intervalos para reflexionar sobre lo presentado (reflexivo);
- proveer oportunidades de otras actividades además de tomar notas (activo); y
- seguir el método científico al presentar material teórico. Dar ejemplos concretos (sensorial, inductivo), desarrollar luego la teoría (intuitivo, inductivo, secuencial), mostrar cómo la teoría es validada y deducir sus consecuencias (deductivo, secuencial) y presentar aplicaciones (sensitivo, deductivo, secuencial).

Posteriormente, Felder [Felder, R., 2002] realizó 2 cambios al modelo:

- eliminó la dimensión inductiva/deductiva y
- cambió la categoría visual/auditiva a visual/verbal, para resolver el problema de que las palabras escritas y habladas integren la misma categoría.

Para Meirieu [Meirieu, P., 1992] una situación de aprendizaje se da cuando un sujeto moviliza una o varias capacidades que hacen entrar en interacción con sus competencias. La actividad que despliega puede ser llamada estrategia, es una actividad personal, aleatoria a su propia historia, es una actividad finalizada mediante la cual se construyen nuevos saberes y nuevos saber-hacer integrando mediante una serie de relaciones sucesivas, la dificultad con la costumbre, lo extraño con lo familiar, lo desconocido con lo conocido. Este proceso es en sí mismo integrado, es decir que una adquisición en el orden de las competencias o de las capacidades sirve como punto de referencia para desarrollar nuevas estrategias y permitir nuevas adquisiciones.

Así, para Meirieu [Meirieu, P., 1992] hay 5 tipos de variables en una estrategia: instrumentos (más visuales o más auditivos), procedimiento (más global o más analítico), grado de direccionalidad (directividad), inserción socioafectiva (uso más o menos frecuente de la interacción social) y gestión del tiempo. Estas variables tienen puntos en común con las dimensiones citadas por Felder y colegas.

Elaborar, para Poggioli [Poggioli, L., 1997], “significa llevar a cabo actividades que le permitan al aprendiz realizar alguna construcción simbólica sobre la información que está tratando de aprender con el propósito de hacerla significativa. Estas construcciones se pueden lograr mediante dos tipos de elaboraciones: imaginarias y verbales. Para poder crear elaboraciones efectivas, es necesario involucrarse activamente en el procesamiento de la información que se desea aprender”. Las estrategias de elaboración se utilizan, generalmente, cuando la información nueva carece de significado para el aprendiz. Cuando las estrategias de elaboración se aplican a tareas más complejas como el aprendizaje de información contenida en textos, las actividades para elaborar sobre el material incluyen: parafrasear, resumir en nuestras propias palabras, crear analogías, hacer inferencias, extraer conclusiones, relacionar la información que se recibe con el conocimiento previo, utilizar métodos de comparación y contraste, establecer relaciones de causa/efecto, tratar de enseñarle a otra persona lo que se está aprendiendo o hacer predicciones y verificarlas (Weinstein, Ridley, Dahl y Weber). El objetivo principal de las estrategias de elaboración es integrar la información nueva, la que se recibe, con el conocimiento previo, es decir, transferir el conocimiento

almacenado en la memoria a largo plazo a la memoria de trabajo y asimilar la información que llega a la ya existente.

Según Cabrero [Cabrero, J., 2001], se deben aplicar nuevas estrategias de aprendizaje, basadas en la participación y la responsabilidad directa del alumno en su propio proceso de formación, favorecer diseños instruccionales apoyados en el trabajo independiente y autónomo, que permita a los estudiantes seleccionar las fuentes, propiciar la interacción y asumir como valor significativo una perspectiva procesal de la enseñanza.

“Uno de los aspectos importantes que conviene resaltar (...), es que la resolución de problemas es una actividad conformada por diferentes tipos de procesos y, en este sentido, constituye una vía mediante la cual los individuos utilizan el conocimiento adquirido previamente –declarativo o procedimental– con el fin de satisfacer las demandas de una situación nueva, no familiar”, señala Poggioli [Poggioli, L., 1997]. Citando a Krulik y Rudnick (1982) se sugiere que el docente debe:

- Crear un ambiente apropiado para la resolución de problemas.
- Ofrecer un repertorio amplio y variado de problemas que generen una práctica intensiva y extensiva, además de que representen un reto para los estudiantes.
- Enseñar a los estudiantes a desarrollar estrategias que les permitan leer los problemas en forma analítica.
- Pedir a los estudiantes que inventen sus propios problemas.
- Permitir que los estudiantes trabajen en parejas o en pequeños grupos.
- Promover en los estudiantes el uso de estrategias alternativas: reconocer patrones de problemas, trabajar en sentido inverso, predecir y probar, simular, experimentar, reducir los datos, deducir, etc.
- Hacer preguntas mientras los estudiantes están en el proceso de discusión de los procedimientos para resolver problemas.
- Permitir que los estudiantes revisen sus respuestas.
- Utilizar estrategias que permitan el desarrollo de procesos del pensamiento.
- Hacer que los estudiantes representen, mediante un diagrama de flujo, sus propios procedimientos para resolver problemas.

Poggioli [Poggioli, L., 1997] señala varios procesos estratégicos que los estudiantes deben adquirir para ayudarlos a convertirse en solucionadores efectivos de problemas:

- conocer las propias limitaciones como aprendiz,
- estar consciente de las estrategias que uno sabe cómo usar y cuándo cada una de ellas es apropiada,
- identificar el problema a resolver,
- planificar las estrategias apropiadas,
- chequear y supervisar la efectividad del plan diseñado para resolver el problema y
- evaluar la efectividad de los pasos anteriores.

Poggioli [Poggioli, L., 1997] como dificultades de los estudiantes al resolver problemas matemáticos cita, entre otras, las siguientes:

- poco dominio de procedimientos heurísticos, generales y específicos para resolver problemas,
- bajo nivel de análisis de la situación problemática,
- dificultad para planificar el proceso de resolución,
- ausencia de conocimiento metacognoscitivo y
- desconocimiento de las etapas y pasos generales que se pueden seguir para resolver un problema.

Gray [Gray, J., 1998] señala que la resolución exitosa de problemas requiere habilidades de alto nivel de pensamiento. Ejemplificando con el puzzle “Shuttle” da una lista de recomendaciones para el proceso de resolver problemas. El puzzle consiste en 4 palitos blancos, 4 negros y un bloque de madera con 9 agujeros alineados; los palitos del mismo color están puestos en los extremos, dejando el centro vacío. El objetivo es invertir los palitos, siguiendo las reglas de: avanzar una posición un palito a un lugar vacío o saltar una posición sobre un palito del color contrario a una posición vacía. Así indica comenzar con un análisis detallado de la descripción del problema, reescribiéndolo en una manera formal. Luego analiza casos triviales (por ejemplo con 1 ó 2 palitos de cada color). Esto permite descubrir patrones. Debe irse anotando las soluciones de esos otros puzzles, generalizar la solución y sintetizar los descubrimientos en un algoritmo.

Nunokawa [Nunokawa, K., 2001] analiza los estados de “estancamiento” en los procesos de resolución de problemas matemáticos, desde el punto de vista del que resuelve la situación. A partir del análisis de las estrategias de resolución de varios estudiantes a problemas concretos de matemáticas, sugiere que una actividad que se puede realizar es explorar la situación problema a través de darle nuevos sentidos a sus elementos y tomar en cuenta la información sobre la situación recabada o encontrada antes, en vez de buscar metas más específicas o tomar un enfoque completamente diferente.

Chang [Chang, C., 2002] refiere que la instrucción basada en resolución de problemas puede conducir a mejores logros y actitudes por parte de los estudiantes que en los casos que se presentan estrategias tradicionales. En su estudio, presenta un método de instrucción basado en la resolución de problemas, que incluye las siguientes características:

- 1) presentación del problema,
- 2) planificar soluciones,
- 3) recolectar la información necesaria,
- 4) llevar adelante los planes y
- 5) evaluar los resultados.

Sus investigaciones, aplicadas en 294 estudiantes de geografía en Taiwan, sugieren que el uso de PSCAI (Problem Solving Based Computer-Assisted Instruction) podría aumentar la habilidad para adquirir conocimiento en esa área y el desarrollo de actitudes positivas a la materia, en comparación con los grupos de control. Se basó en el análisis de items de conocimiento (enfatan la recolección de ideas o conceptos), items de comprensión (requieren entender ideas o conceptos) e items de aplicación (aplicar conocimiento a nuevas situaciones). Como variable independiente tomó el formato de la instrucción y como variables dependientes fueron los logros de los estudiantes y sus actitudes hacia la geografía.

2.2.4 Criterios de evaluación y de catalogación de ambientes/entornos de aprendizaje

Para evaluar un entorno de aprendizaje, Pohjonen [Pohjonen, J., 1997] refiere tener en cuenta la efectividad pedagógica, el costo, los aspectos técnicos y la aceptación por parte de la institución. También este autor cita diferentes modelos de entornos, como:

- independiente del tiempo: basado en computador, uso de email e Internet. Es la versión moderna de la educación por correspondencia;
- simultáneamente distribuido: incluye audio, video conferencia y está basado en la comunicación en tiempo real;
- estudio independiente: basado en trabajo independiente del alumno. Se utilizan CD Rom, multi e hipermedia y
- modelo de tiempo real de encuentro: el estudiante y el docente se encuentran, soportado por los nuevos medios tecnológicos.

Almeida y colegas [Almeida, S. *et al.*, 1997] indican considerar si el entorno o software educativo garantiza:

- 1) que se facilita la motivación,
- 2) recordar el aprendizaje anterior,
- 3) proporcionar nuevos estímulos,
- 4) establecer una secuencia de aprendizaje,
- 5) propiciar recursos,
- 6) generar efectos visuales y auditivos,
- 7) ser cómodamente interactivos, y
- 8) ser modificables.

Como criterios de clasificación de entornos de aprendizaje, sugiere Scott [Scott, N., 1996] considerar:

- facilidad de programación (son algunas opciones -de fáciles a difíciles-: si/no, elección múltiple, palabras claves, grafos, lenguaje natural)
- adaptativo: de menos adaptativo a más adaptativo. Un ejemplo de software no adaptativo es como una película o "movie", o sea una simulación que no puede ajustar el estudiante. Uno adaptativo es un sistema tutorial que sea hábil en reconocer la habilidad cognitiva de cada estudiante, elegir los ejercicios de ajuste o eventualmente sugerir un enfoque diferente

Extrapolando los criterios de Marqués [Marqués, P., 1998] para clasificar el software educativo a los entornos de aprendizaje, se sugiere considerar:

Según los contenidos (temas, áreas curriculares, etc.);

Según los destinatarios (criterios basados en niveles educativos, edad, conocimientos previos, etc.);

Según su estructura tutorial (lineal, ramificado o abierto), base de datos, simulador, constructor, herramienta;

Según sus bases de datos: cerrado, abierto (= bases de datos modificables);

Según los medios que integra: convencional, hipertexto, multimedia, hypermedia, realidad virtual;

Según su "inteligencia": convencional, experto (o con inteligencia artificial);

Según los objetivos educativos que pretende facilitar: conceptuales, procedimentales, actitudinales (o considerando otras taxonomías de objetivos);

Según las actividades cognitivas que activa: control psicomotriz, observación, memorización, evocación, comprensión, interpretación, comparación, relación (clasificación, ordenación), análisis, síntesis, cálculo, razonamiento (deductivo, inductivo, crítico), pensamiento divergente, imaginación, resolución de problemas, expresión (verbal, escrita, gráfica), creación, exploración, experimentación, reflexión metacognitiva, valoración, etc.,

Según el tipo de interacción que propicia: reconocitiva, reconstructiva, intuitiva/global, constructiva (Kemmis);

Según su función en el aprendizaje: instructivo, revelador, conjetural, emancipador (Hooper y Rusbhi);

Según su comportamiento: tutor, herramienta, aprendiz (Taylor);

Según el tratamiento de errores: tutorial (controla el trabajo del estudiante y le corrige), no tutorial;

Según sus bases psicopedagógicas sobre el aprendizaje: conductista, cognitivista, constructivista [Gros, B., 1997];

Según su función en la estrategia didáctica: entrenar, instruir, informar, motivar, explorar, experimentar, expresarse, comunicarse, entretener, evaluar, proveer recursos (calculadora, comunicación telemática), etc. y

Según su diseño: centrado en el aprendizaje, centrado en la enseñanza, proveedor de recursos (Hinostroza, Mellar, Rehbein, Hepp, Preston).

También, respecto a la manera en la que se va a utilizar el programa, sugiere Marqués [Marqués, P., 1998] considerar:

- Papel del programa:

- Información que facilitará al estudiante
- Tareas que propondrá
- Modo en que deberán realizarse.

- Papel de los estudiantes:

- Tareas que realizarán los estudiantes.
- Nivel de autonomía en el uso del programa:
 - Libre, según su iniciativa, realizando las actividades por las que siente más interés.
 - Semidirigido: puede utilizar el material como quiera pero con la finalidad de desarrollar un trabajo concreto o un proyecto encargado por el profesor.
 - Dirigido, siguiendo las instrucciones específicas del profesor.
- Interacciones de cada estudiante:
 - Con el programa
 - Con otros compañeros: consultas, opiniones, comentarios, etc.
 - Con el profesor: consultas, orientaciones, ayudas, etc.
 - Con otros materiales: fuentes de información diversas, guías, etc.
- Técnicas de aprendizaje que se utilizarán:
 - Repetitivas (memorizando): copiar, recitar, etc.
 - Elaborativas (relacionando la nueva información con la anterior): subrayar, resumir, esquematizar, elaborar diagramas y mapas conceptuales, etc.
 - Exploratorias: explorar, experimentar (verificar hipótesis, ensayo-error, etc.)
 - Regulativas (analizando y reflexionando sobre los propios procesos cognitivos, metacognición)

- Papel del profesor:

- Información inicial a los estudiantes (objetivos, trabajo a realizar, materiales y metodología, fuentes de información, etc.)
- Orientación y seguimiento de los trabajos (dinamización, asesoramiento y orientación).
- Técnicas de enseñanza que se utilizarán:
 - Motivación
 - Ejercicios de memorización
 - Prácticas para la adquisición de habilidades de procedimiento
 - Enseñanza directiva
 - Exploración guiada
 - Experimentación guiada

- Descubrimiento personal
- Expresión personal
- Comunicación interpersonal
- Metacognición.

Gros [Gros, B., 1997] clasifica los entornos de aprendizaje según diferentes criterios, entre otros por sus componentes o por el tipo. Por los componentes, citando a Perkins refiere que pueden ser:

- 1) de bancos de información: son fuentes o depósitos de información. Por ejemplo: libros de texto, profesores, enciclopedias, videos;
- 2) soportes simbólicos: superficies para la construcción y manipulación de símbolos y lenguaje. Ejemplo: cuadernos de notas del alumno, procesadores de texto;
- 3) simulaciones: que permiten la presentación, observación y manipulación de determinadas situaciones. Por ejemplo, el juego “*SimCity*” que permite simular el funcionamiento de ciudades;
- 4) kits de construcción: colecciones de paquetes con componentes de contenido para encajar y manipular. Ejemplos: Lego, software para manipulación de problemas matemáticos, los lenguajes de autor y
- 5) actividades directoras: suelen ser elementos del entorno que proporcionan guía, retroalimentación (“*feedback*”) y cambios en la dirección del aprendizaje.

Por el tipo de entorno, también citando a Perkins esta autora refiere:

- 1) entornos mínimos: entornos que dan más importancia a los bancos de información, soportes simbólicos y actividades directoras, y
- 2) entornos “ricos”, entornos que contienen más kits de construcción y simulaciones.

También se podrían adaptar algunas de las formas de organizar la información, referidas por Wurman [Wurman, R., 2001] a los entornos de aprendizaje. Las formas son: por ubicación, alfabeto, tiempo, categoría o jerarquía. Por ubicación ejemplifica con una industria, analizando como está distribuida en el mundo. Por alfabeto ejemplifica con una guía telefónica. A su vez, por tiempo con exhibiciones, museos, historias. Asimismo, por categoría, con tiendas organizadas por tipos de mercadería. Finalmente, por jerarquía es por magnitud, de menos costosos a más, o por orden de importancia. Para los entornos se podría considerar: por ubicación: disponible localmente o a través de redes locales o Internet; por categoría: entornos dirigidos a unos contenidos u otros; por magnitud: los mismos criterios del autor referido.

Otros criterios adicionales pueden ser: la calidad del contenido, cómo gestionan el conocimiento y el grado de personalización permitido.

Respecto a la cantidad de información brindada, según indica Paradela [Paradela, L., 2001], existe polución informativa. Lo que consumen las noticias es, como lo señala Simon [Simon, H., 1989], más bien obvio: consumen la atención de sus receptores. Por consiguiente, una abundancia de noticias crea una escasez de atención y una necesidad de ubicar esa atención eficientemente entre la sobreabundancia de fuentes de noticias que pueden consumirlas.

Se observa en el caso 1 de la Ilustración 2-1 Curvas de atención frente a volumen de contenidos, brindada por Paradela [Paradela, L., 2001]. También refiere a que hay que dedicar mucha atención en separar el grano de la paja, lo que interesa de lo que no, lo que se quiere de lo que no se quiere. Cada vez hay más información y el recurso más escaso es la atención humana. Hay demasiados conocimientos y pocos metaconocimientos: quién sabe qué, dónde están los conocimientos que se precisan, qué conocimientos hacen falta y cuándo, qué es lo que no se sabe y debería saberse. El manejar bien esos conocimientos no provoca una demanda adicional de atención por parte del usuario, con lo que la eficiencia del sistema gana y se alcanza la eficiencia, como se ve en el caso 2

(GC Normal: gestión del conocimiento –GC- normal) de la referida ilustración. El manejo de los metaconocimientos, refinándolos y precisando su nivel de fiabilidad mejora la eficiencia del sistema, como se ilustra en el caso 3 (GC con Metaconocimiento).

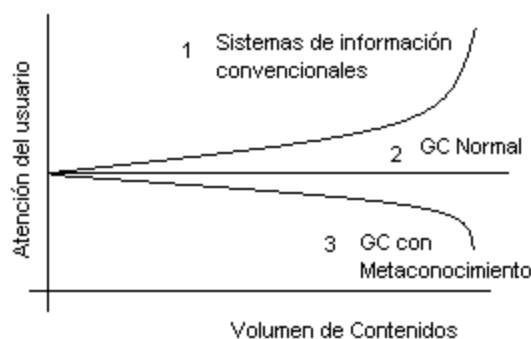


Ilustración 2-1 Curvas de atención frente a volumen de contenidos

El criterio, aplicable a los entornos de aprendizaje, sería el volumen de información brindada.

2.2.5 Diversos entornos y modelos de entornos de aprendizaje

Dentro de la multiplicidad de entornos y modelos de entornos de aprendizaje, se seleccionaron algunos que parecieron más oportunos, aunque esta elección es muy opinable e idiosincrática. También debe tenerse en cuenta el alto grado de obsolescencia.

Salvo algunos casos, es de destacar que en la inmensa mayoría de los entornos relevados en la información encontrada no se incluían datos experimentales de mejora o desmejora respecto a criterios establecidos. En su información se detallan las herramientas y, o, modelos, se destacan sus virtudes, pero no se ofrecen datos experimentales reales.

2.2.5.1 Estándar IEEE P1484.1/D9 LTSA (Learning Technology Systems Architecture)

El estándar [IEEE P1484.1/D9, 2001] LTSA especifica una arquitectura de alto nivel para el aprendizaje, la educación y los sistemas de entrenamiento soportados a través de tecnologías de la información.

Una arquitectura es un esquema o esqueleto para diseñar sistemas y para compararlos. Los niveles o capas (*layers*) de esta arquitectura son:

- **Interacciones entre el aprendiz y el ambiente (*Learner and Environment Interactions*) (informativo):** concierne a la adquisición, transferencia, intercambio, formulación, descubrimiento, etc., de conocimiento y, o información por parte del aprendiz a través de la interacción con el ambiente.
- **Características de diseño relacionadas con el aprendiz (*Learner-Related Design Features*) (informativo):** Concierno a los efectos que los aprendices tienen en el diseño de estos sistemas.
- **Componentes del sistema (*System components*) (normativa):** Describe la arquitectura basada en componentes. Más adelante se describirá en detalle.
- **Perspectivas de implementación y prioridades (*Implementation Perspectives and Priorities*) (informativo):** Describe los sistemas de aprendizaje desde varias perspectivas.
- **Componentes operativos e interoperabilidad, codificación, APIs, protocolos (*Operational Components and Interoperability — codings, APIs, protocols*) (informativo):** Describe los componentes genéricos “plug-n-play” (interoperables) e interfaces de un sistema de este tipo.

- La entidad aprendiz (*learner entity*) es un proceso conceptual que representa una abstracción de un aprendiz humano. Puede ser una persona, un grupo aprendiendo individualmente o colaborativamente, grupos de aprendices con diferentes roles, etc.
- El técnico (*coach*) es un proceso conceptual que puede incorporar información de varias fuentes como el aprendiz (a través de sus preferencias - *learning preferences*), proceso de evaluación (*assessment information*), registros del aprendiz (rendimiento, preferencias y otras informaciones) y recursos de aprendizaje (*learning resources*) y puede usar esa información para buscar (a través de consultas-*query*) y seleccionar (*locator*) contenidos (vía el proceso de entrega y multimedia) para las experiencias de aprendizaje.
- La entrega (*Delivery*) es un proceso conceptual que puede transformar información obtenida a través de contenidos de aprendizaje en una presentación, que puede ser transferida al aprendiz a través de multimedia.
- Los recursos de aprendizaje incluyen representaciones del conocimiento, presentaciones, tutoriales, herramientas, experimentos, laboratorios y otros materiales de aprendizaje. Ejemplo: una consulta en un tópico de química, puede retornar un conjunto de información de catálogo que incluye un experimento de laboratorio simulando el comportamiento de sólidos, líquidos y gases, una presentación de la ley de Boyle, bibliografía de materiales relacionados, un tutorial, un tutor de química y una ontología (un modelo conceptual del sujeto representado como contenido genérico de aprendizaje) para la temperatura.
- La información de catálogo (*Catalog information*) es un flujo de un solo sentido desde los recursos de aprendizaje (*learning resources*) al técnico (*coach*) y representa el resultado de la búsqueda de recursos. Esta información es similar a las entradas de catálogo de una biblioteca.

El modelo es genérico y permite representar una amplia variedad de sistemas de aprendizaje de diferentes dominios. Como ejemplo de un posible “mapeo” entre el estándar y un caso límite, de clase tradicional, no electrónica se presenta la Ilustración 2-4 “Mapeo” entre el estándar y un caso límite:

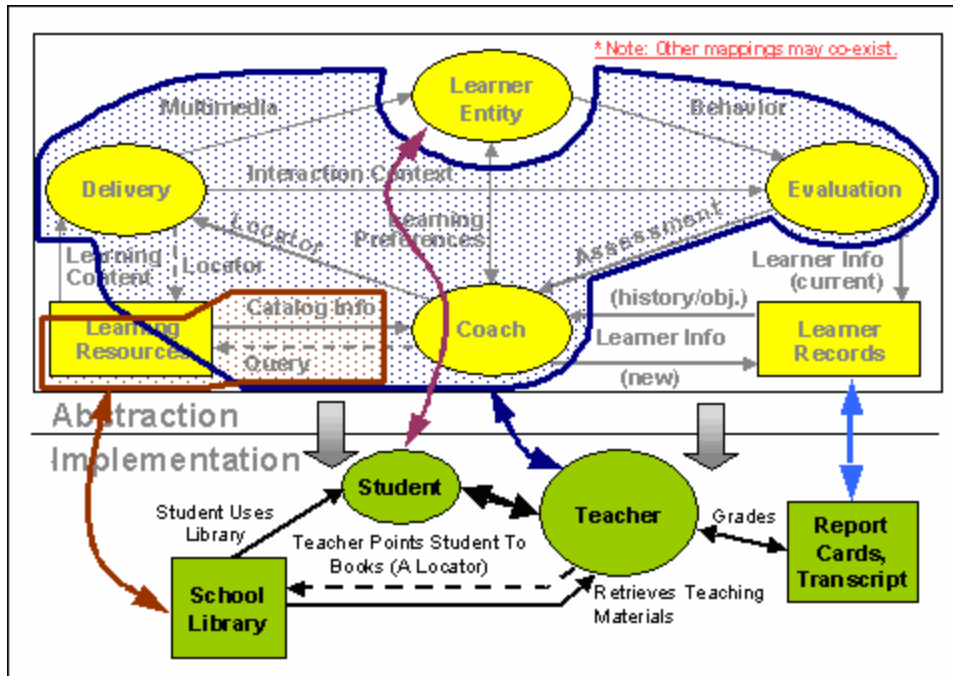


Ilustración 2-4 "Mapeo" entre el estándar y un caso límite

2.2.5.2 Modelos y sistemas basados en Hypermedia

Hypermedia es una de las más recientes herramientas para la educación, refiere Liaw [Liaw, S., 2001]. Un ambiente basado en hypermedia ofrece un ambiente multimedia, soporta acceso no lineal a la información, provee comunicación interactiva e integra varios formatos de información. Formalmente hypermedia puede ser definido como una clasificación de programas de software que consiste en una red de textos relacionados, gráficos, audio y video, a través de los cuales se navega en un navegador (*browser*). HyperCard, HyperStudio y Toolbook son ejemplos de software hypermedia. Para Bartolomé [Bartolomé, A., 1998], hypermedia es un modo de organizar la información que se caracteriza por ofrecer información estructurada en pequeños paquetes con significado completo, altamente conectados. Para Vrasidas [Vrasidas, C., 2002] los sistemas hypermedia son herramientas valiosas para la educación pues proveen acceso fácil y, como se indicó, no lineal, a grandes volúmenes de información, que permiten un mayor control por parte del aprendiz y presentan la información en más de un modo.

Las tecnologías de computación tales como hypermedia, así como multimedia y las simulaciones, están desarrollados típicamente bajo el enfoque constructivista según Maddux y colegas [Liaw, S., 2001]. Los ambientes constructivistas tienen como características que proveen múltiples representaciones de la realidad, enfatizan la construcción del conocimiento en vez de la reproducción del conocimiento, enfatizan también las tareas auténticas en un ambiente significativo en vez de instrucción abstracta fuera de contexto, estimulan la reflexión a partir de la experiencia y dan soporte a la construcción colaborativa del conocimiento a través de la negociación social.

Liaw [Liaw, S., 2001] destaca como ventajas de los ambientes basados en hypermedia la multiplicidad de perspectivas, el aprendizaje colaborativo (que es efectivo en el desarrollo de habilidades como definición de problemas, evaluación de información, resolución de problemas y elaboración de conclusiones apropiadas), la orientación al estudiante al permitirle un gran control del ambiente por parte del propio estudiante y el aprendizaje interdisciplinario, a través de las enormes bases de datos, múltiples vinculaciones y herramientas de navegación. Trabajar en grupos

en actividades realistas es considerado, según Stiles [Stiles, M., 2000], como una forma de mejorar la aproximación a la resolución de problemas, habilitar mejores reflexiones en los roles involucrados en una actividad específica, asistir en la identificación de concepciones erróneas y desarrollar habilidades de trabajo colaborativo.

Ventajas similares, aunque para el contexto de un ambiente de aprendizaje basado en realidad virtual de 2 dimensiones, cita Follows [Follows, S., 1999] señalando que los entornos virtuales de aprendizaje permiten que el estudiante controle su proceso de aprendizaje, favoreciendo que se transforme en un aprendiz independiente a lo largo de su vida y desarrolle habilidades para resolver problemas de alto nivel y, o, mal estructurados. Además el entorno se ajusta a un amplio rango de estilos de aprendizaje en vez del enfoque tradicional secuencial, no activo y verbal.

Como limitaciones de los ambientes basados en hypermedia destaca Liaw [Liaw, S., 2001]: discrepancia de base, desorientación, sobrecarga de información e interfaz ineficiente. Por discrepancia de base se refiere a la falta de habilidades con la computadora. En relación a desorientación, debido a que hypermedia provee acceso no lineal y un ambiente controlado por el aprendiz -y estas características corresponden a las habilidades metacognitivas de los humanos- existe el peligro potencial de desorientarse o “perdersé” en el hiperespacio. Para evitar “perdersé” se sugiere que la aproximación sea a través de una gran figura primero, para centrar la atención en los aspectos estructurales de la lección y luego ir a los detalles. La interfaz debe ser fácil de usar y que ayude en vez de ser frustrante o irritante.

Yildirim y colegas [Yildirim, Z. *et al.*, 2001] refieren a experimentos realizados en hypermedia. Realizó pruebas con 39 estudiantes de 9no. grado, y no detectó diferencias significativas en la adquisición de conocimiento declarativo, condicional y procedimental pero sí mejor retención a largo plazo. Utilizó como definición de estos tipos de conocimiento las proporcionadas por Schunk [Schunk, D., 1997]. Schunk [Schunk, D., 1997] refiere a que el conocimiento declarativo está compuesto por los hechos, las creencias, las opiniones, las generalizaciones, las teorías, las hipótesis y las actitudes. El conocimiento procesal o procedimental es el entendimiento de cómo hacer actividades cognitivas; son los conceptos, reglas y algoritmos. El conocimiento condicional indica cuándo emplear las formas de los conocimientos declarativos o de procedimientos y por qué es importante.

También Yildirim y colegas [Yildirim, Z. *et al.*, 2001] dan recomendaciones para favorecer cada tipo de conocimiento. Así, para favorecer el conocimiento declarativo, el proceso de aprendizaje debe incluir las actividades de vincular, organizar y elaborar. A su vez, para el conocimiento procedimental, los aprendices deben primero determinar las variables o conceptos involucrados y decidir qué tipos de reglas se aplican a esa situación. Al final se debe alcanzar una conclusión. Para el conocimiento procedimental, sugiere actividades de resolución de problemas en la cual la meta es descompuesta en submetas.

El estudio de Rehbein y colegas [Rehbein, L. *et al.*, 2002] evalúa la efectividad del software hypermedia en el aprendizaje y retención, asociación y estructuración de conocimiento biológico en estudiantes de 5to. grado (9-11 años) en escuelas de Chile. En su experimento se dividió a los 72 alumnos en 4 grupos: Grupo A) recibió software hypermedia sobre funciones del cuerpo humano; Grupo B) la misma información pero en un libro electrónico, lineal; Grupo C) recibió la misma información impresa en un libro y Grupo D) recibió el curso normal. Todos los estudiantes incrementaron su retención de información, sin embargo el grupo que usó el software tuvo mejores resultados en asociación remota de conceptos. La navegación a través de información puede servir para estructurar y relacionar información conceptual.

Armarego y colegas [Armarego, J. *et al.*, 2001] recomiendan presentar un sistema coherente, consistente y con navegación simple. El entorno debe tener retroalimentación (*feedback*) al estudiante y progreso “monitoreado”, o sea, herramientas que permitan planificar y manejarse en el entorno de acuerdo a sus patrones de trabajo.

2.2.5.3 ID Expert

ID Expert es un desarrollo para instrucción, basado en computadora, inteligente, interactivo y multimedia realizado por Merrill y colegas [Merrill, M. *et al.*, 1998], que se apoya, según refieren los autores, en las ideas de Gagné acerca de que hay diferentes tipos de conocimiento y habilidades y cada una requiere condiciones únicas para ser aprendidas.

Los cinco tipos de capacidades aprendidas, según Gagné y colegas [Gagné, R. *et al.*, 1983], son:

- habilidades intelectuales: capacidades que hacen competente al hombre, por ejemplo: empleo de una metáfora para describir un objeto;
- estrategias cognoscitivas: capacidad que gobiernan el aprendizaje del individuo, su retentiva y conducta de pensar. Por ejemplo, inducción del concepto de campo magnético;
- información verbal, por ejemplo: “el punto de ebullición del agua es 100 grados centígrados”;
- destrezas motoras, por ejemplo, escritura de letras de molde y
- actitudes, por ejemplo preferencia de la música como actividad de esparcimiento.

En el desarrollo de ID Expert [Merrill, M. *et al.*, 1998], asumen que mucho del conocimiento es genérico y es reaplicable a varias situaciones diferentes. Definen transacción como un intercambio de información mutua, dinámica, en tiempo real, entre el sistema y estudiante. Las transacciones son: identificar, ejecutar, interpretar, clasificar, generalizar, juzgar, decidir y transferir. A su vez, definen objetos de conocimiento que son entidades, actividades y procesos. ID Expert permite al usuario crear objetos de conocimiento independientemente de las transacciones.

A los efectos de profundizar en las estrategias cognoscitivas, se presenta una taxonomía de las mismas realizada por Poggioli [Poggioli, L., 1997] y que se muestra en la Tabla 2-3 Tipos de estrategias cognoscitivas:

Estrategias de adquisición del conocimiento	Estrategias de ensayo	Estrategias de codificación: repetir, ensayar, practicar, enumerar. Mnemotécnicas. Estrategias de organización: agrupación, clasificación, categorización.
	Estrategias de elaboración verbal	Estrategias de elaboración verbal: parafrasear, identificar ideas principales, anticipar o predecir, elaborar hipótesis, hacer inferencias, activar conocimiento previo, pensar en analogías, extraer conclusiones, generar notas, hacer y responder preguntas, utilizar la estructura del texto, resumir.
	Estrategias de elaboración imaginaria	Formarse imágenes mentales.
	Estrategias de organización	Elaborar esquemas, elaborar mapas de conceptos, mapas araña, árbol organizado, brain-mapping.

Estrategias de estudio y ayudas anexas		Tomar notas, subrayar, repasar, responder preguntas anexas, preguntas generadas, establecer objetivos instruccionales, presentar organizadores previos, usar ayudas tipográficas (negritas, cursivas), ilustraciones, usar títulos y subtítulos, generar encabezamientos.
Estrategias para la solución de problemas		Métodos heurísticos (estrategias de resolución y reglas de decisión utilizadas por los solucionadores de problemas, basadas en la experiencia con problemas similares). Algoritmos (procedimientos específicos que señalan paso a paso la solución de un problema y garantizan el logro de una solución siempre y cuando sean relevantes al problema). Procesos de pensamiento divergente (generación de enfoques alternativos a la solución del problema).
Estrategias metacognoscitivas		Estrategias cognoscitivas para aprender, retener y evocar, autorreguladas y utilizadas de manera consciente.
Estrategias de apoyo y motivaciones		Facilitar condiciones externas: ambiente, tiempo y materiales. Identificar obstáculos internos: actitudes e interferencias. Identificar aspectos positivos.

Tabla 2-3 Tipos de estrategias cognoscitivas

2.2.5.4 Modelo de Wiig

Wiig [Wiig, K., 1995] detalla un modelo efectivo de enseñanza como se presenta en la Ilustración 2-5 Modelo de enseñanza de Wiig. El proceso de enseñanza comienza con un ejemplo práctico (valor 1 en la Ilustración 2-5 Modelo de enseñanza de Wiig), el siguiente paso es introducir un caso más general (*script*) para dar una apreciación de que existe un dominio más amplio (valor 2). Luego se expande el caso, dando un esquema inicial para presentar características generales (valor 3). Después se presenta un ejemplo diferente, pero congruente con el esquema presentado (valor 4). Una rutina es introducida (valor 5) y luego expandida (valor 6). Se amplía el esquema (valor 7), se crea un nuevo “script” (valor 8) y se van repitiendo las etapas (valores 9 al 15). En la segunda figura de la Ilustración 2-5 Modelo de enseñanza de Wiig, se destaca el grado de énfasis de cada tipo de conocimiento según la etapa [Wiig, K., 1995].

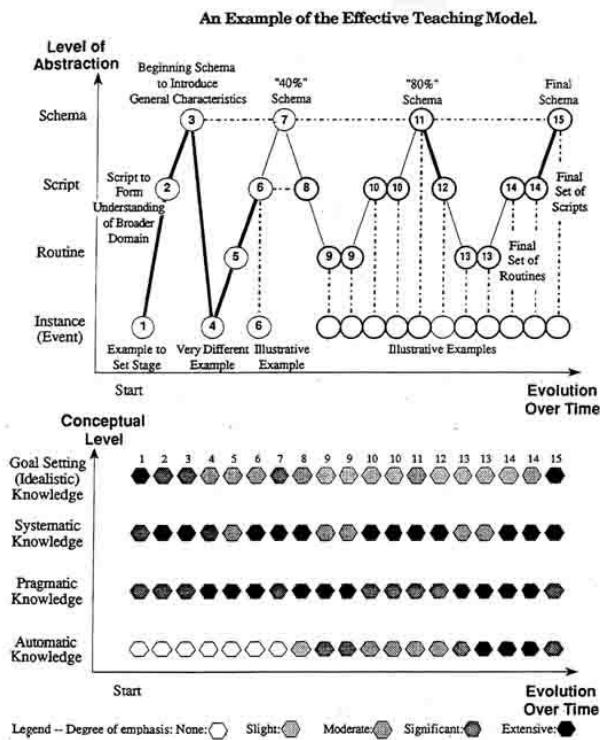


Ilustración 2-5 Modelo de enseñanza de Wiig

2.2.5.5 Aula virtual

El aula virtual propuesta por Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2002] (Ilustración 2-6 Aula Virtual) está formada por los propios *profesores* que, cuando sea necesario, impartirán lecciones magistrales, la *videoteca* que contendrá las grabaciones de aquellos temas que pedagógica y didácticamente se consideren adecuados y convenientes y la *memoria académica*, que es un tipo de memoria institucional que tiene:

- un sistema de lecciones aprendidas, que es una base de conocimientos en donde aparecen las experiencias, tanto positivas como negativas;
- un conjunto de mejores prácticas que permiten elegir para cada alumno, dentro de los distintos enfoques de cada cuestión aquel que le resulta más sencillo de aprender y
- un sistema de consulta inmediata, con un repositorio de respuestas, un catalogador de consultas y una interfaz.

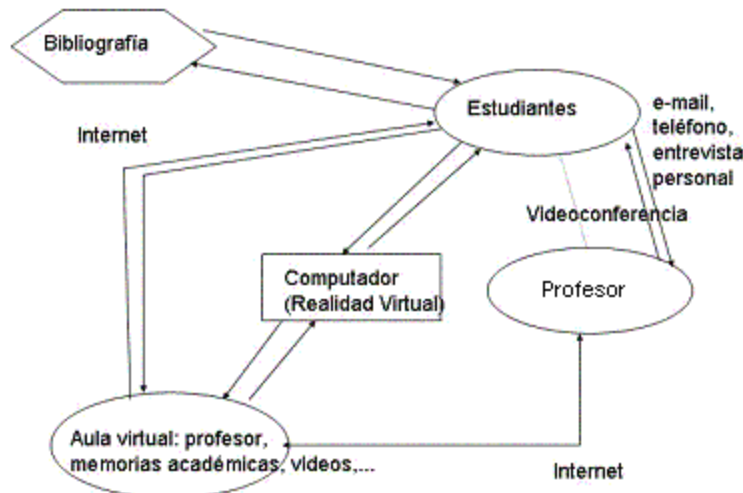


Ilustración 2-6 Aula Virtual

2.2.5.6 ExAM

Ghaoui y colegas [Ghaoui, C. *et al.*, 2001] presentan un modelo extensible llamado ExAM que permite elicitar, extender y almacenar conocimiento sobre información conceptual contenida en un material de aprendizaje. Analizan la estructura del material de aprendizaje desde 2 aspectos. Uno es en términos de los conceptos y relaciones encontrados en la materia. El otro es en términos de métodos de aprendizaje. Por métodos de aprendizaje refieren a las técnicas de navegación que usan los estudiantes de acuerdo a los aspectos instruccionales de la materia que desean aprender. Focalizan en los beneficios de la metodología orientada a objetos para construir el material para generar múltiples vistas.

Cualquier material de un tema está formado por múltiples conceptos que pueden ser ordenados en jerarquías y otras estructuras. Por ejemplo, el concepto de “auto” puede ser dividido de acuerdo a sus componentes y funciones. Diferentes relaciones crean diferentes estructuras y una relación simple puede producir múltiples estructuras [Ghaoui, C. *et al.*, 2001].

Respecto a los métodos de aprendizaje, Ghaoui y colegas [Ghaoui, C. *et al.*, 2001] dividen en:

- 1) aprendizaje de conceptos (*concept learning*): este método muestra los componentes para un lector que busca un determinado concepto dentro del material;
- 2) aprendizaje por discriminación (*discrimination learning*): este método muestra los componentes para un lector que busca investigar y discriminar, por ejemplo discriminar entre conceptos relacionados como funciones seno y coseno;
- 3) aprendizaje de reglas y principios (*rule/principle learning*): este método muestra los componentes para un lector que busca investigar la aplicación de reglas y, o, principios que son discutidos en el material; y
- 4) resolución de problemas (*problem solving*): este método muestra los componentes para un lector que busca investigar para resolver ciertos tipos de problemas.

La orientación a objetos (OO) permite crear un conjunto de elementos de arquitectura para construir modelos de la realidad. Usando OO se puede capturar las relaciones estructurales genéricas para los

diferentes métodos de aprendizaje y estilos de enseñanza. Un concepto lo representan como una clase, por ejemplo, la definición de “fotosíntesis”. A partir de extraer aspectos comunes entre conceptos, identifica conceptos ‘padres’, que capturan aspectos genéricos aplicables a diferentes conceptos. Por ejemplo, el concepto de “función coseno” puede heredar la información disponible de “funciones circulares”. Utilizan también agregación (que define la relación entre un objeto y sus partes, cuando hay atributos compartidos). Por ejemplo, un auto está formado por motor, ruedas, etc, que comparten atributos como dirección y velocidad. Asimismo utilizan asociación para capturar las relaciones entre objetos [Ghaoui, C. *et al.*, 2001].

Ghaoui y colegas [Ghaoui, C. *et al.*, 2001] definen en el modelo diferentes tipos de objetos:

- Información-entre (*Between-information objects*): son usados para soportar la estructura conceptual para filtrar información. Tienen como atributos:
 - o campo, por ejemplo: álgebra, trigonometría;
 - o aplicación: aplicación en el mundo real, ej: determinación de la velocidad de un objeto, análisis de datos y
 - o nivel: nivel educacional
- Información-dentro-de (*Within-informacion objects*): representan las facetas de bajo nivel del material y se usan para capturar las estructuras concepto-relación para diferentes tipos de conceptos. En el caso de matemáticas identifican: tipos de conceptos matemáticos: ejemplo: modelo, función, parámetro, operación, etc. También incluyen tipo de conceptos para aprendizaje tradicional: descripción, ejemplo, pregunta.
- Método de aprendizaje (*Learning Method - LM*): soportan los aspectos de generación de vistas de acuerdo al método de aprendizaje elegido por el aprendiz. Un objeto LM determina los tipos de objetos documentos involucrados en un método de aprendizaje. Por ejemplo:
 - o jerarquías de aprendizaje
 - o aprendizaje de conceptos
 - o aprendizaje por discriminación

Según estos autores ([Ghaoui, C. *et al.*, 2001]) la contribución más saliente de ExAM es que brinda soporte para organizar y generar documentos hipertexto en términos de conocimiento sobre conceptos teóricos dentro de una materia. El conocimiento es organizado en términos de atributos de segmentos de documentos.

2.2.5.7 COSE

COSE (Creation Of Study Environments) es un ambiente de aprendizaje virtual que permite la colaboración por pares y tutores y facilita el desarrollo de cursos desde una posición de aprendizaje activo. Según explica Stiles [Stiles, M., 2000], el sistema COSE ha sido desarrollado siguiendo, entre otras, las siguientes reglas:

- presentar al estudiante situaciones reales de aprendizaje para permitir que se apropie tanto del conocimiento tácito como del codificado (o específico de una materia) y
- hacer explícitas las relaciones entre el currículo de la materia, las actividades de aprendizaje y la evaluación.

Su modelo utiliza tres dominios de aprendizaje: información, método y cognición (o reflexión), cuya intersección central representa la aplicación en un contexto “real”. Divide el aprendizaje en los niveles de aprender a resolver problemas limitados (funcional), habilidad de llevar adelante actividades de desarrollo (aplicación) y las de llevar adelante proyectos o investigaciones (contextual). Los grados de cada uno pueden ajustarse a medida que el aprendiz se mueve a través del dominio de estudio, el nivel de las actividades específicas y los recursos [Stiles, M., 2000].

En el sistema COSE, un curso es organizado como un grupo que está asignado a “Oportunidades de aprendizaje”; los grupos pueden ser de tutores que desarrollan material juntos, aprendices (“Courses”) manejados por tutores y grupos de pares creados y manejados por los aprendices. El contenido del sistema puede ser de trabajo en proceso o trabajo publicado, accesible para todos. Todas las páginas COSE son HTML [Stiles, M., 2000].

2.2.5.8 TANGOW

TANGOW (Task-based Adaptive learnNer Guidance On the Web), referido por Carro [Carro, R., 2001], es un sistema para la enseñanza de cursos accesibles a través de Internet. Los cursos definidos con TANGOW se adaptan a los estudiantes teniendo en cuenta tanto sus características propias (edad, idioma, etc.), como el conjunto de acciones que realizan durante el proceso de aprendizaje. Existe una estructura asociada con cada estudiante en su interacción con el sistema, que se restaura al inicio de cada sesión. Los cursos gestionados por el sistema se definen en términos de Tareas Docentes y Reglas. Las Reglas especifican la(s) relación(es) entre Tareas que, a su vez, corresponden a unidades conceptuales definidas por el diseñador del curso.

Las características de las tareas docentes y reglas están explicadas en [TANGO-W, 1999]:

“Una Tarea Docente es la unidad básica del proceso de aprendizaje pudiendo ser atómica o compuesta. El curso completo puede considerarse como una tarea a realizar, que está conceptualmente dividida en subtareas, las cuales pueden estar a su vez divididas en otras subtareas, y así sucesivamente, de forma que los estudiantes deben realizar todas o sólo algunas de ellas para que pueda considerarse que han realizado la tarea principal. Respecto a su objetivo principal, cada tarea puede ser de teoría, de prácticas o de ejemplos, pudiendo tener asociados ciertos requisitos de finalización, implementados mediante un método que decide si la tarea ha finalizado o no. Este método puede recibir parámetros relacionados o bien con las acciones del estudiante durante la realización de esta tarea (en el caso de que la tarea sea atómica), o bien con la finalización de las subtareas (si la tarea es compuesta). Una tarea también puede tener asociada, opcionalmente, una lista de elementos multimedia que se utilizarán para la generación dinámica de las páginas HTML. Existe un lenguaje de descripción que especifica qué tipo de elementos aparecerán en cada página y sus posiciones relativas, se utiliza para la construcción de las páginas que se presentan al estudiante. Los elementos multimedia se encuentran almacenados y clasificados dependiendo de su naturaleza (p.e. nivel de dificultad o idioma). El sistema selecciona los elementos más apropiados para cada estudiante durante la creación de las páginas HTML asociadas a la tarea que está realizando el estudiante en cada momento. La descomposición de tareas está representada por medio de Reglas. Cada regla tiene un nombre e incluye información sobre la tarea compuesta, la lista de subtareas que forman parte de la misma y una palabra clave que indica la secuencia de las subtareas: puede ser necesario realizarlas todas en un determinado orden (AND), en cualquier orden (ANY), o puede ser suficiente con realizar alguna de ellas (OR o XOR). Además, una regla especifica los requisitos para su activación, que pueden depender de parámetros relacionados con las tareas ya realizadas, el perfil del usuario y/o la estrategia que está utilizándose.”

2.2.5.9 Modelo de Rodríguez-Artacho

Para Rodríguez-Artacho [Rodríguez-Artacho, M., 2000], la mayoría de las propuestas siguen basando los contenidos en un soporte físico que no está formado ni estructurado en base a elementos del nivel de abstracción educativo. Asimismo, plantea que es necesario proporcionar una forma de describir escenarios educativos que permita la abstracción en las referencias a los

elementos que integra en los mismos y que mejore el proceso de creación de los contenidos de manera que el profesor disponga de elementos de mayor nivel de abstracción en la autoría.

Rodríguez-Artacho [Rodríguez-Artacho, M., 2000] formula diferentes dominios: conceptual, instruccional y didáctico, como se representan en la Ilustración 2-7 Dominios que modelan una materia de estudio.

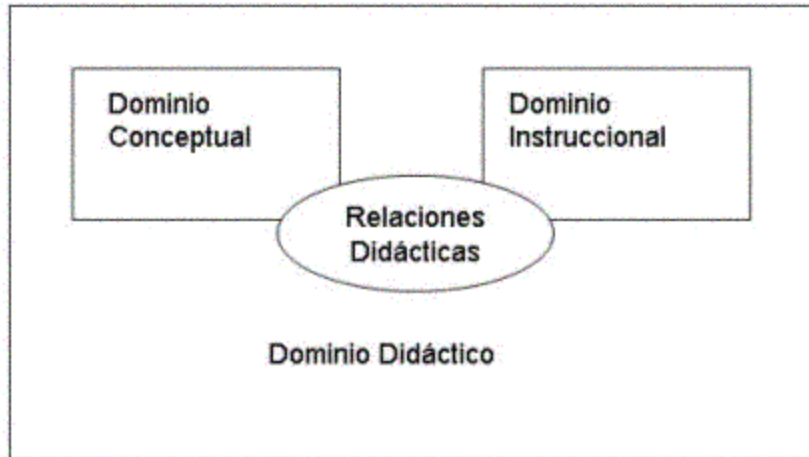


Ilustración 2-7 Dominios que modelan una materia de estudio

Los elementos son:

- Dominio Conceptual: representan los objetos, conceptos y otras entidades que existen en una determinada área de interés junto con las relaciones que se establecen sobre ellos. Consta de:
 - entidades: concepto: ej. predicado, variable y actividad: ej. evaluar predicado,
 - relaciones: estructurales (tipo de, parte de) o dependientes del dominio (induce, produce, se realiza sobre)
- Dominio instruccional: describe las entidades instruccionales, es decir, aquellas cuya finalidad es la de ayudar a la adquisición y comprensión sobre el conocimiento de la materia. Está formado por:
 - entidades: ejemplo, error, pista, explicación, problema, solución, pregunta/respuesta
 - relaciones: es solución, explica, responde a
- Dominio didáctico: complementa a los otros dominios con propiedades didácticas asociadas a los elementos y relaciones. El conocimiento didáctico es aquel que clasifica y describe los elementos de un dominio de conocimiento atendiendo a sus cualidades pedagógicas. En este dominio se definen:
 - atributos: grado de dificultad, nivel de adquisición;
 - relaciones: relaciones entre entidades de otros dominios, por ejemplo: requisito, involucra, ejercita, ilustra

Su propuesta es separar la etapa de autoría en dos: por un lado, creando un dominio de conocimiento educativo que describa el conocimiento de una materia dada y por otro mediante la descripción explícita del escenario educativo, lo que se logra a través de la herramienta PALO (lenguaje de marcado). En su tesis modeliza el conocimiento del dominio en forma de un mapa conceptual que proporciona una herramienta para la comprensión de los conceptos de una materia dada y que permite una representación del conocimiento independiente de los escenarios.

En particular, aplicó su metodología y herramientas para crear un modelo del dominio de la asignatura Programación II (Verificación formal de algoritmos), así como la creación de plantillas instruccionales correspondientes a los documentos existentes y la creación de documentos estructurados en PALO para la descripción de los entornos de trabajo de los alumnos. Las plantillas creadas son: una guía didáctica de la asignatura, una prueba de evaluación a distancia y una práctica de la asignatura. Como valoración global de esta experiencia de realización de la práctica de la materia utilizando el sistema indica que la respuesta ha sido muy positiva en lo que se refiere a la capacidad de los entornos para la realización de una actividad interactiva de trabajo y consulta. La crítica principal es el hecho de no poder utilizarlos sin conexión y que ésta es excesivamente costosa para la realización de labores de consulta, por lo cual este tipo de operaciones es poco significativa en comparación con las que se realizan en el entorno de la práctica.

2.2.5.10 Modelo de Gil

El modelo propuesto por Gil [Gil, J, 2002] ofrece una guía didáctica, que incluye una introducción o papel de la asignatura dentro de los estudios, objetivos del curso, requisitos, metodología, materiales didácticos, apoyo tutorial (presencial y telemático), criterios de evaluación, interfaz gráfica, contenido del curso, estructuración de los contenidos y recomendaciones para el estudio. Además debe haber enlaces de interés, foro para la comunicación asíncrona entre los alumnos, *FAQ* (respuesta a preguntas más comunes), cuestionarios de evaluación del proceso, materiales diversos y actividades de autoevaluación y heteroevaluación. En particular, en relación a la elaboración de los contenidos, ofrece un detalle de cómo presentar los contenidos: al principio una introducción motivadora, al comienzo de un capítulo debe haber un esquema o indicación de la ubicación de éste en el conjunto de los temas, reforzadores explicativos (ejemplos, resúmenes, conclusiones, gráficos, citas) y reforzadores orientativos (índices, preguntas de autoevaluación).

2.2.5.11 Otros entornos

El entorno de Giraffa y colegas [Giraffa *et al.*, 2003] utiliza una combinación de clases presenciales con clases virtuales. Según indican estos autores, es importante crear situaciones de aprendizaje basadas en tareas asociadas con diferentes ejercicios de variada complejidad. Su metodología se basa en un conjunto de actividades a desarrollar utilizando recursos virtuales. Un recurso virtual es cualquier programa que permita organizar mejor los contenidos, estrategias y evaluaciones. Para organizar el dominio, por ejemplo, para organizar el contenido de un tema, utilizan mapas conceptuales. Los mapas representan diferentes niveles de conceptos y permiten organizar jerárquicamente los contenidos a ser enseñados. Su entorno se denomina “Proograma” y está basado en un conjunto de recursos y funcionalidades, como por ejemplo: repositorios, agenda, foro y sistema de ayuda. El profesor organiza los materiales de cada clase. Cada lección empieza con un resumen de la clase, un conjunto de textos para presentar el contenido, varios ejemplos y algunas preguntas. El sistema utiliza un agente para ayudar al profesor a organizar la información del estudiante acerca de la evaluación. No indican resultados experimentales.

El *Learning Design Information Model* [IMS, 2003] tiene por objetivo desarrollar un *framework* que soporte la diversidad pedagógica y la innovación, mientras promueve el intercambio y la interoperabilidad de los materiales de *e-learning*. Más detalladamente, el objetivo de la especificación de *Learning Design* es proveer un conjunto de elementos que puedan describir cualquier diseño de proceso de enseñanza aprendizaje de una manera formal. Entre otras características, la especificación debe permitir describir los procesos en forma completa, tener flexibilidad pedagógica, permitir la personalización y ser reutilizable.

El diseño integra una colección de componentes, objetivos y prerequisites y un método. El concepto principal de la especificación, independientemente de la aproximación pedagógica, es que una persona toma un rol en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En ese rol, trabaja hacia ciertos objetivos haciendo actividades más o menos estructuradas dentro del ambiente. El ambiente consiste de los objetos de aprendizaje apropiados y de los servicios a ser usados durante el desarrollo de esas actividades. Cuál rol toma en cuáles actividades en un momento es determinado por el método. El método consiste en una o más obras (“play”), que consiste cada una en uno o más actos.

Caeiro y colegas [Caeiro, M. *et al.*, 2003] plantean que el desafío ya no es utilizar las nuevas tecnologías para recrear los modelos educativos tradicionales, sino también ofrecer nuevas posibilidades. En su trabajo, el objetivo es tratar de identificar las funcionalidades que deben ser proporcionadas por un sistema de aprendizaje electrónico independientemente de la filosofía pedagógica utilizada. Para describir el proceso de aprendizaje indican que habría que describir las interacciones que deben producirse entre el alumno y su entorno. El modelo debe prever las funcionalidades requeridas por todos los usuarios implicados: tutores, profesores, alumnos, administrativos, evaluadores, etc. Asimismo, debe poder dividirse en un conjunto de componentes lo menos interrelacionado posible. Analizan varios modelos y en particular indican que el modelo de IMS referido [IMS, 2003] parece lo bastante sencillo y completo como para ser adoptado por la industria tecnológica educativa. Sugieren agregar modelos de información de percepción, modificación y adaptación. Dado que su artículo se centra en el análisis de componentes, no detallan específicamente una propuesta completa.

Una lista con varias herramientas para desarrollar entornos de aprendizaje ofrece de Benito [de Benito, B., 2000], y aquí se resumen en la Tabla 2-4. Como se indicó, en la inmensa mayoría no se incluyen datos experimentales.

Nombre URL	Descripción
Ariadne http://ariadne.eu.org	Son un conjunto de herramientas desarrolladas como proyecto de investigación dentro del IV Programa Marco de la Unión Europea, enfocadas a la estandarización.
Asymetrix Librarian http://www.asymetrix.com/products/librarian/	Asymetrix Librarian es una herramienta integrada que permite controlar todas las actividades de aprendizaje, incluyendo la distribución de cursos, acceso de los alumnos, colaboración y seguimiento, acceso a materiales, ejercicios, etc.
Blackboard CourseInfo http://www.blackboard.com	BlackBoard es una herramienta de comunicación integrada dentro de la plataforma CourseInfo. Permite a profesores y a alumnos compartir documentos en la web, comunicarse y colaborar, y hacer un seguimiento y evaluación del progreso de los alumnos.
CDM.Train http://www.cdmi.com/products.html	Herramienta enfocada a la distribución y gestión de cursos de formación en empresas. Incluye también CDM.Sim (Web Based Simulation System) para crear simulaciones a tiempo real (para entrevistas, evaluaciones, etc.)

Classnet http://classnet.cc.iastate.edu	Producido por la Universidad de Iowa. ClassNet es software "Gestión del Aula Virtual" en la Web. Los servicios incluyen creación de una clase por un instructor, matrícula en la clase por estudiantes, la creación de tests, puntuaciones de las pruebas, información sobre las puntuaciones de toda la clase y alumnos, foros de discusión de email y espacios para conferencias electrónicas a tiempo real, etc.
CMU online (Carnegie Mellon Online) http://online.web.cmu.edu/	Sistema que genera contenidos adaptados a cada estudiante (evaluación, retroalimentación, etc) y permite un seguimiento de éste en el curso, estableciendo prerequisites para avanzar en los materiales del curso. Los principales elementos del CMU son: distribución del curso, gestión y administración (alumnos, clases, personal, etc.); creación de contenidos.
CyberClass www.cyber-class.com	Permite crear cursos para ser utilizados on-campus o a distancia. Las principales utilidades son: creación del programa del curso, añadir enlaces, administración de ejercicios y pruebas de evaluación, exámenes, así como diferentes herramientas de comunicación (foros, correo electrónico y "chat")
Cyberchalk Learning Network http://www.blueatlas.com	Para la distribución de cursos a través de Internet. Integra las siguientes utilidades: creación de los cursos, distribución, evaluación, matrícula de los alumnos, expedición de certificados, etc.
CyberProf http://cyber.ccsr.uiuc.edu/cyberprof/	Es una versión beta disponible para docencia (nonprofit). Los profesores pueden crear materiales de aprendizaje que incluyen ecuaciones, animaciones y gráficos, proporciona herramientas de comunicación y ejercicios de evaluación.
Docent http://www.docent.com	Herramienta para la distribución de cursos a través de Internet. Incluye: Learning Management System (para la gestión académica y tareas administrativas), Content Delivery Server (para la distribución del contenido de aprendizaje, la evaluación y el seguimiento de los alumnos), Mobile (para la distribución del curso a alumnos offline y remotos) y Desktop (para el desarrollo y publicación del curso, incluye a su vez dos aplicaciones: outliner y publisher)
e-college http://www.ecollege.com	Engloba una serie de herramientas para la creación entornos virtuales de enseñanza: eToolkit, eCompanion y eCourse.
e-education http://www.e-education.com	Herramienta para la creación, gestión y distribución de cursos en línea.

eSocrates http://www.esocrates.com	Para la creación de entornos virtuales de formación. Incluye las siguientes utilidades: para la planificación de cursos (programa, calendarios, etc.), herramientas para la interacción (“chat”, foros, correo electrónico), automatrícula, pruebas y ejercicios de evaluación, seguimiento alumnos, páginas personales para los alumnos, acceso a los contenidos de aprendizaje, etc.
Jenzabar.com http://www.jenzabar.com	Herramienta que permite la creación de intranets. Incluye diferentes utilidades como: herramientas de comunicación (correo electrónico interno, “chat” privado, mensajería instantánea, foros de discusión, páginas personales, etc.), facilitadoras del aprendizaje (páginas web, recursos multimedia, programa), organizativas (calendario)
JLE (Java Learning Environment) http://www.jle.net	Herramienta integrada que permite de forma sencilla distribuir cursos a través de Internet.
Learn Loop http://www.learnloop.org	Es básicamente una herramienta que facilita el trabajo colaborativo, donde se pueden realizar foros de discusión, compartir documentos, etc., pero también se pueden realizar pruebas de evaluación con diferentes tipos de pregunta.
Learning Space http://www.lotus.com	Se basa en los entornos Lotus/Notes para la creación, gestión y distribución de cursos de aprendizaje a distancia. La componen diferentes módulos interconectados: Schedule, Media Center, CourseRoom, Profiles, Assessment Manager. Cada uno es una base de datos de Lotus Notes. Los alumnos pueden acceder a los cursos sólo utilizando un navegador.
LiveTraining http://www.livetraining.com/contents/index.html	Herramienta integrada que permite la combinación de material de aprendizaje interactivo, con la realización de pruebas y el seguimiento del progreso de los alumnos. Ofrece herramientas de comunicación como chat, correo electrónico y tablero electrónico
MALLARD http://www.cen.uiuc.edu/Mallard	Posibilita la creación de entornos instructivos asíncronos. Facilita la organización de material de aprendizaje en línea (“online”) así como la creación de pruebas con retroalimentación (“feedback”) inmediato para el estudiante. Los profesores pueden hacer un seguimiento de los alumnos. Incluye también herramientas de comunicación.
Mentorware http://www.mentorware.com	Es un sistema completo que permite la creación, desarrollo, distribución y seguimiento de cursos en la web. Tiene muy desarrollada la parte de creación y reutilización de contenidos.
MessageBoard http://www.ichat.com/community/boards	Herramienta para la realización de discusiones asíncronas.

<p>SCETPionner http://www.ltscotland.org.uk/</p>	<p>Herramienta integrada que incluye los siguientes componentes: gestión de alumnos y grupos, materiales de aprendizaje multimedia, calendario, anotaciones para los alumnos, correo electrónico, “forums”, actividades (construcción de pruebas de autoevaluación), “chat”, pizarra compartida, herramienta de búsqueda y una herramienta de ayuda para utilizar el entorno.</p>
<p>Serf http://serfsoft.com</p>	<p>Permite la creación y distribución de cursos en un entorno de aprendizaje multimedia que permite a los alumnos navegar por el programa del curso, acceder a recursos instructivos, comunicarse, etc.</p>
<p>TLM (The Learning Manager) http://www.thelearningmanager.com</p>	<p>Facilita la creación de materiales de aprendizaje y tests, así como la distribución de cursos en la enseñanza presencial o a distancia, posibilita la gestión y el seguimiento de los alumnos y ofrece también herramientas de comunicación.</p>
<p>Toolbook II http://www.asymetrix.com/</p>	<p>Toolbook II es un paquete para la creación de materiales multimedia interactivos y gestión y distribución de cursos a través de Internet. Los programas que los integran son: Instructor (proporciona herramientas de programación para desarrollar materiales de calidad profesional), Assistant (posibilita la creación de aplicaciones sin necesidad de tener conocimientos de programación) y Librarian (para la gestión y distribución de cursos). En cuanto a este último incorpora las siguientes utilidades: gestión del curso y de los participantes; diseño y desarrollo de materiales y gestión del contenido; gestión de los alumnos para acceder a los contenidos; seguimiento de los alumnos, entorno para el aprendizaje colaborativo; etc.</p>
<p>TopClass http://www.wbtsystems.com/</p>	<p>Proporciona herramientas de comunicación (correo electrónico, grupos de discusión), distribución de materiales y gestión de los alumnos y utilidades como: páginas personales, tutoría personalizada, inscripción “online”, etc.</p>
<p>VirtualU Education System http://virtual-u.cs.sfu.ca/</p>	<p>Es una herramienta integrada que permite el diseño y distribución de cursos a través de la WWW. Está integrada por diferentes herramientas tanto para los profesores como los alumnos: facilitadores para el diseño del curso, de comunicación y presentación de la información, de gestión y evaluación y de administración.</p>

<p>WebCT http://homebrew.cs.ubc.ca/webct</p>	<p>Es un sistema de herramientas integradas que facilitan la creación de entornos de aprendizaje en la WWW. Proporciona diferentes tipos de herramientas: de presentación (diseño del curso), de comunicación, elaboración de test de autoevaluación, glosario, agenda, índice alfabético, búsquedas, de gestión y administración, etc.</p>
---	---

Tabla 2-4 Distintas herramientas para construir entornos de aprendizaje

2.2.6 Consideraciones acerca de los entornos presentados

El estándar de IEEE 1484 [IEEE P1484.1/D9, 2001] provee una arquitectura de alto nivel para el aprendizaje y la educación con soporte en las tecnologías de la información. Analizando dicho estándar se observan ciertas carencias como:

- falta de definición de la estructura para los recursos de aprendizaje;
- falta la relación directa entre la entidad aprendiz y los recursos de aprendizaje. El estudiante debería poder acceder, según sus propias preferencias, a los recursos directamente;
- no hay un módulo de apoyo de gestión del conocimiento, como por ejemplo una memoria institucional o páginas amarillas (directorio de especialistas de los temas);
- no se modela la entidad profesor y
- no se incluye la evaluación del propio repositorio del conocimiento por parte del estudiante.

Como problemas de los ambientes basados en Hypermedia ([Liaw, S., 2001], [Yildirim, Z. *et al.*, 2001]) se destacan los ya citados: desorientación, sobrecarga de información e interfaz ineficiente. ID Expert ([Merrill, M. *et al.*, 1998]) y el modelo de Wiig [Wiig, K., 1995] no incluyen los distintos estilos de aprendizaje ([Felder, R. *et al.*, 1988]) y no son adaptativos ([Carro, R., 2001]). Además, en el modelo de Wiig citado se da un orden para el conocimiento, no estableciéndose la oportunidad de otras alternativas.

El aula virtual de Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2002] gestiona el conocimiento y describe, a nivel muy general, los componentes. No detalla la estructura a bajo nivel ni incluyen los posibles estilos diferentes de aprendizaje citados. Tampoco incluye otros elementos de gestión del conocimiento como las páginas amarillas.

El modelo de ExAm ([Ghaoui, C. *et al.*, 2001]) utiliza un enfoque *bottom-up*, pues identifica los conceptos primero y luego extrae propiedades comunes y los generaliza y, o, los relaciona. Faltaría la formalización de los diferentes posibles tipos de conocimiento, lo que podría verse como un enfoque *top-down*. Tampoco incluye o refiere específicamente a los estilos de aprendizaje en la formulación o modelado de los conocimientos.

Tango-W [TANGO-W, 1999] está centrado en la tarea, no en la gestión del conocimiento y establece además un orden para las tareas, lo cual podría restringir al estudiante. El modelo de Gil [Gil, J, 2002] contiene una guía de cómo presentar los contenidos, pero este orden limitaría al estudiante pues no le permitiría seleccionar su propio orden o método de acercamiento a los contenidos. El modelo de Rodríguez-Artacho [Rodríguez-Artacho, M., 2000], en la versión referida, no permite el acceso a los repositorios de los componentes educativos.

Se presentaron otros entornos y modelos, como por ejemplo: basados en COSE ([Stiles, M., 2000]) y una extensa lista ofrecida por de Benito ([de Benito, B., 2000]). Los problemas que se detectan en dichos entornos son que muchas veces parece haber sobrecarga de información y que el centro no es el estudiante pues se hace hincapié en el curso o en el propio material.

Excepto el aula virtual de Azpiazu y colegas ([Azpiazu, J. *et al.*, 2002]), ninguno de los entornos analizados gestiona explícitamente el conocimiento. La gestión es un aspecto cada vez más necesario, teniendo en cuenta las características de la sociedad del conocimiento y el incremento acelerado de los conocimientos.

2.3 Gestión del conocimiento

2.3.1 Actividades de la gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento es un marco (*framework*) y un conjunto de herramientas para mejorar la infraestructura del conocimiento de una organización, con la meta de dar el conocimiento correcto a la persona correcta en la forma correcta en el momento correcto [Schreiber, G. *et al.*, 2000]. Conocimiento refiere a los procesos humanos cognitivos y de innovación y los artefactos que lo soportan. Para Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001], conocimiento es todo el conjunto de cogniciones y habilidades con los cuales los individuos suelen solucionar problemas. Comprende tanto la teoría como la práctica, las reglas cotidianas al igual que las instrucciones para la acción. El conocimiento se basa en datos e información, pero a diferencia de éstos, siempre está ligado a las personas. Forma parte integral de los individuos y representa las creencias de éstos acerca de las relaciones causales.

Para convertir información en conocimiento, Wilson y colegas [Wilson, L. *et al.*, 1999] lo representan gráficamente, según se muestra en la Ilustración 2-8 Conversión de información en conocimiento:

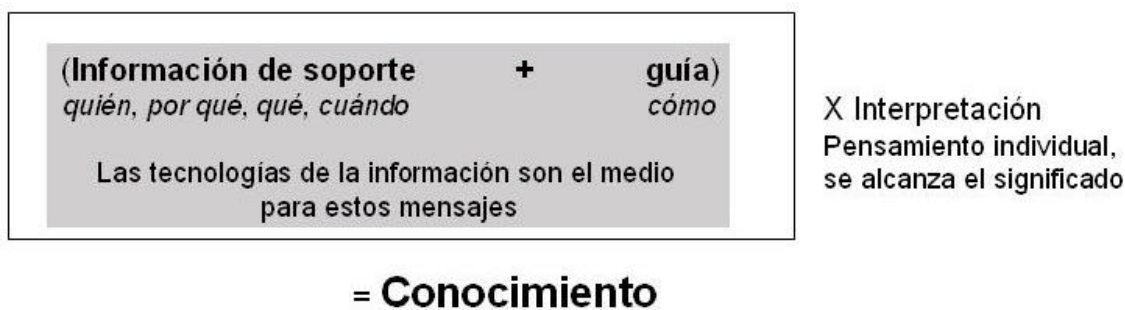


Ilustración 2-8 Conversión de información en conocimiento

Paradela [Paradela, L., 2001] refiere que las actividades básicas de la gestión de conocimiento son: identificación, adquisición, preservación, desarrollo, diseminación y uso de los conocimientos de una institución. Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001] representan gráficamente los procesos de la gestión o administración del conocimiento según se presenta en la Ilustración 2-9 Procesos modulares de la administración del conocimiento.

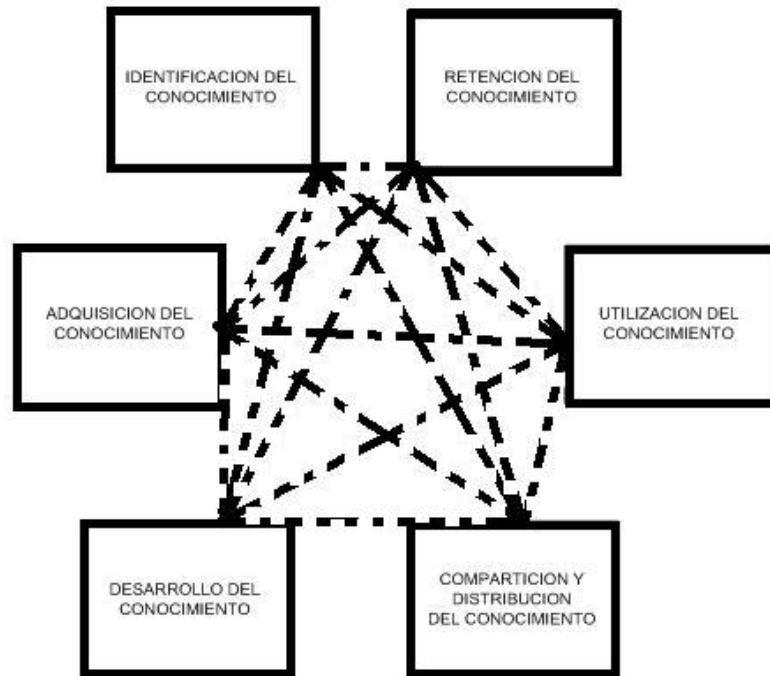


Ilustración 2-9 Procesos medulares de la administración del conocimiento

Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001] señalan que la *identificación del conocimiento* significa el análisis y la descripción del entorno de conocimiento de una empresa. Las empresas importan gran parte de su conocimiento de fuentes externas. Las relaciones con los clientes, los proveedores, los competidores y los socios en proyectos conjuntos presentan un potencial considerable para *adquirir* conocimientos. El *desarrollo* abarca todas las actividades administrativas orientadas, de manera consciente, a producir capacidades que todavía no están presentes en la organización. Respecto a *compartir*, plantean que debe responderse a “quién debe saber cuánto acerca de qué, o puede hacer qué”. El paso más importante es analizar la transición del conocimiento del individuo al grupo. La *distribución* es el proceso de compartir y difundir el conocimiento que ya está presente en la organización. La *utilización* refiere a asegurar que el conocimiento se aplique de manera productiva para el beneficio de la organización. La *retención* trata acerca de seleccionar, almacenar, y actualizar regularmente el conocimiento.

2.3.2 Diferentes técnicas de gestión del conocimiento

En el capítulo 1 se presentaron las principales técnicas de gestión del conocimiento. Aquí se profundizará en algunas de ellas.

2.3.2.1 Análisis FADO

Según Paradela [Paradela, L., 2001], el análisis FADO (Fortalezas, Amenazas, Debilidades y Oportunidades, en inglés SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), es una técnica poco usada. El objetivo es conducir el proceso de solución de problemas para desarrollar, por un lado, entendimiento y discernimiento dentro de la dirección presente y futura de la institución basada en factores relevantes, tanto internos como externos y, por otro lado, un potente enfoque para alcanzar lo que se desea bosquejando los pasos tácticos todo lo que los recursos y el tiempo disponible permiten.

Se puede explicar cada uno de los componentes FADO, separando en análisis externo e interno. Dentro del *externo* se incluyen *oportunidades* y *amenazas*. Las *oportunidades* son aquellas circunstancias o situaciones del entorno (fuerzas que surgen desde fuera de las fronteras de la organización, pero que afectan las decisiones y acciones internas, así como las actividades y desarrollo) que son potencialmente favorables para la institución u organización que se quiere estudiar. Las *amenazas* son aquellas circunstancias o situaciones del entorno desfavorables para la empresa que pueden afectar negativamente la marcha de la institución, de no tomarse las medidas necesarias en el momento oportuno [Documento, 2001].

Dentro del análisis *interno* se incluyen *fortalezas* y *debilidades*. Una *fortaleza* es un recurso de tipo interno que posee la institución en mejores condiciones que la competencia y que la hacen tener ventaja sobre las demás y por lo tanto la hace rigurosa en su accionar. La institución puede emplear estos elementos para lograr sus objetivos y mejorar su posición competitiva en el mercado. Son aquellos aspectos internos en los que se es fuerte y que se debe mantener o mejorar para posicionarse adecuadamente en el mercado. Las *debilidades* son limitaciones, defectos o inconsistencias en la institución que constituyen un obstáculo para la consecución de los objetivos y una merma en la calidad de la gestión. Son aspectos internos en los que se debe mejorar para lograr una posición más competitiva [Documento, 2001].

Se construye una matriz para indicar los pasos tácticos o movimientos estratégicos, aquí descritos en general en la Tabla 2-5 FADO ([Documento, 2001]):

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Usar fortalezas para aprovechar oportunidades (FO)	Vencer debilidades aprovechando oportunidades (DO)
Amenazas	Usar fortalezas para evitar amenazas (FA)	Reducir a un mínimo las debilidades y evitar las amenazas (DA)

Tabla 2-5 FADO

Para desarrollar un plan de desarrollo estratégico se utiliza el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, el establecimiento de ciertos objetivos estratégicos y un conjunto de medidas de tipo estratégico de corto y largo plazo. El diseño estratégico es indispensable en una institución para encauzar su trabajo y las decisiones de corto plazo en la dirección de objetivos de mediano y largo plazo [Riveros, L., 1997].

2.3.2.2 Memorias Institucionales

Las memorias institucionales (MI) son una herramienta primordial para realizar la conjunción entre personas y tecnología al soportar los conocimientos compartidos y la reutilización de los conocimientos individuales e institucionales, las lecciones aprendidas y las mejores prácticas, según Paradela [Paradela, L., 2001]. La función principal de una MI es mejorar la competitividad de la institución mejorando la forma en que gestiona sus conocimientos.

Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1996] definen una MI o memoria corporativa como una representación de los conocimientos y la información en una institución, explícita, incorpórea y persistente. Para Prasad y colegas [Prasad, M. *et al.*, 1996] la MI es la suma de la información y de los recursos de conocimiento dentro de una organización. Puede incluir bases de datos, documentos electrónicos, informes, requisitos de productos, etc. Para Euzenat [Euzenat, J., 1996] es un depósito de conocimiento y “saber cómo” de un conjunto de individuos trabajando en una institución particular. Para Simon [Simon, G., 1996] la memoria corporativa es un conjunto de conocimiento estructurado relacionado a la experiencia de la empresa en un dominio dado. La definición tomada

por Paradela [Paradela, L., 2001] es que es una representación de la información y en especial de los conocimientos de una institución de forma explícita, independiente y persistente.

Algunas características de una MI son para Paradela [Paradela, L., 2001]:

- a) deben poder coleccionar y organizar sistemáticamente información a partir de varias fuentes,
- b) explotar la retroalimentación de los usuarios para su mantenimiento y evolución,
- c) integrarse a los entornos de trabajo existentes y
- d) presentar activamente la información relevante.

El servicio fundamental de la MI es proporcionar los conocimientos necesarios siempre que se necesiten a quien los precise.

Para construir una MI según Paradela [Paradela, L., 2001] se deben seguir los pasos:

- 1) detección de necesidades de MI,
- 2) construcción de la MI,
- 3) difusión de la MI,
- 4) evaluación de la MI y
- 5) mantenimiento y evolución de la MI

Acerca de la motivación para construir una MI Paradela [Paradela, L., 2001] cita evitar perder el saber-cómo, explotar la experiencia adquirida, mejorar la comunicación, mejorar el aprendizaje de los miembros e integrar los distintos saber hacer de la institución. Hay que considerar el tipo de usuario, las características y comportamientos de los usuarios, qué tareas, cuáles situaciones o contextos y también cuáles conocimientos correctos.

Hay diferentes tipos de MI, según se considere la distribución entre los miembros de la institución y colección. Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1996] clasifican las memorias corporativas o institucionales en:

- a) conocimiento “Atico” (colección pasiva, distribución pasiva). Ejemplo: un archivo que puede consultarse cuando se necesita.
- b) conocimiento “Esponja” (colección activa, distribución pasiva). No hay ejemplos reales de momento.
- c) conocimiento “Editor” (colección pasiva, distribución activa). Ejemplo: luego de introducidos los conocimientos, se combinan con los otros conocimientos existentes en la MI y se envía a los miembros de la institución. Podría hacerse en forma de boletines de noticias, resúmenes, etc.
- d) conocimiento “Bomba” (colección activa, distribución activa). Ejemplo: ICARO.

Para Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1996], el conocimiento para la memoria corporativa puede ser recogido activa o pasivamente. Activo significa que gente en la organización está revisando los procesos de comunicación para detectar lecciones aprendidas. Pasiva significa que los trabajadores reconocen ellos mismos que una pieza de conocimiento tiene suficiente valor para ser almacenada en la memoria corporativa.

Como recursos para ubicar el conocimiento, Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001] incluyen, entre otros elementos, los directorios y las páginas amarillas (“yellow pages”). Los directorios de expertos y manuales sobre los empleados ofrecen un método eficaz y hasta cierto punto económico para ubicar a los expertos y especialistas en cualquier parte del mundo y permite conectar islas de conocimiento.

Otro elemento sugerido por estos autores (Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001]) es una red de experiencia adquirida, en la que se incluyen las *lecciones aprendidas* al final de cada proyecto, lo

que enriquece los procedimientos normales del proyecto, aumenta la transparencia de los demás proyectos lo que ayuda a evitar la duplicación y puede estimular la cooperación y proporciona acceso directo a los trabajadores del proyecto y a su experiencia. Señalan también documentar los *buenos resultados* y las *mejores prácticas*. Respecto a los procesos de las lecciones aprendidas, Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1996] señalan 2 formas de aprender en las organizaciones: *top down* y *bottom up*. Top down o aprendizaje estratégico lo definen como un área de conocimiento particular que es reconocida como prometedor y se toman determinadas acciones para adquirir el conocimiento. Bottom up refiere al aprendizaje de un trabajador que aprende algo que puede ser útil y esta lección aprendida es distribuida en la organización.

2.3.2.3 Mapas

Wurman [Wurman, R., 2001] indica que los mapas son la forma metafórica por la cual se puede comprender y actuar sobre la información a partir de fuentes externas. Pueden tomar múltiples formas y permiten intercambiar información. Para Murray [Murray, P., 2001] un *mapa de concepto* (MC) es una figura de ideas o tópicos de la información y la manera en que esas ideas o tópicos están relacionadas unas con otras. Es un sumario visual que muestra la estructura del material.

Paradela [Paradela, L., 2001] explica que los mapas de concepto facilitan la representación de problemas y también facilitan el pensamiento y el aprendizaje. Son más efectivos que el texto tradicional en la adquisición de las ideas principales y son tan efectivos como el texto tradicional en la adquisición de detalles. Para construir un MC se deben establecer los objetivos, identificar los recursos, recolectar o capturar los conocimientos, construir borradores de mapas, evaluarlos por expertos, evaluar alternativas para la estructuración de los conocimientos y finalizar los mapas. Señala diferentes tipos de mapas:

- globales: “hipermapas”,
- detallados: mapas únicos,
- resumen: mapas sintéticos,
- “ad hoc”: para usos de gestión en el corto plazo y
- mapas archivo: para uso a largo plazo.

Los *mapas de conocimiento* apuntan al conocimiento pero no lo contienen. Son una guía, no un repositorio. Involucran ubicar el conocimiento importante en la organización y publicarlo en algún tipo de lista o figura que muestre dónde encontrarlo. Apuntan a personas y, o, documentos y bases de datos [Davenport, T. *et al.*, 1998]. Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001] indican también utilizar, además de los mapas de conocimiento, las *topografías de conocimiento*. Los mapas de conocimiento los presentan como representación gráfica de expertos, activos, fuentes, estructuras o aplicaciones del conocimiento, con la meta de ubicar la experiencia. Las topografías del conocimiento identifican a las personas que poseen habilidades y conocimiento específico e indican su nivel de conocimiento, según se ejemplifica en la Tabla 2-6 Topografía del conocimiento (en este caso para el área de Programación):

Persona	Diseño	Progra- mación	Lenguaje Java	Program. WEB	Arquitectura
Gastón Martínez	XXXXX	XXX	XX		XXXXX
Fernando Suárez	XXX	XXXX	X	X	XX
Marta Cassinoni	X	XXX	XXX	XXXXX	
Marcelo Colina		XX	XXXXX	XXXX	XX
Federico Kante		XXXXX		XX	

Tabla 2-6 Topografía del conocimiento

Probst y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001] refieren a posibles problemas de los mapas de conocimiento, destacándose que no debe permitirse que permanezcan estáticos y que deben ser vistos como documentos vivos, nunca completos y en permanente cambio. Deben estar soportados por un lenguaje común.

Un *mapa de aprendizaje* es, según Paradela [Paradela, L., 2001], una descripción visual del modelo de “negocio” de una institución, el ámbito o mercado en que opera, los clientes o usuarios que sirve, los competidores que enfrenta, etc. Desarrollar un mapa de aprendizaje crea un proceso por el cual los miembros de la institución pueden establecer distintas conexiones entre elementos dispares de información y proporciona retroalimentación acerca de las oportunidades y amenazas que se ven.

Un *mapa de valor* puede ayudar a entender los valores centrales de la gente implicada en las iniciativas e identificar un perfil de valores del equipo, dentro del marco, más amplio y etéreo que constituye la cultura institucional ([Paradela, L., 2001]).

2.3.2.4 Herramientas y tecnologías de la información genéricas y específicas para la gestión del conocimiento

Grau [Grau, A., 2000] explica las funcionalidades de las herramientas de la gestión de conocimiento. Define un documento como información estructurada con el propósito de ser percibida por las personas de una organización. Los documentos contienen conocimiento externalizado y codificado relacionado con distintos aspectos y temas de las tareas y procesos de una organización. Para poder reutilizar este conocimiento las herramientas deben permitir: clasificación, búsqueda, almacenamiento y extracción.

Paradela [Paradela, L., 2001] refiere como herramientas y tecnologías genéricas para la gestión del conocimiento a:

- a) groupware: aplicaciones basadas en grupos especializados,
- b) sistemas de soporte a la decisión, sistemas expertos, simulaciones,
- c) minería de datos y “Knowledge Discovery Database”,
- d) sistemas de recuperación de documentos,
- e) gestión y planificación de proyectos, como por ejemplo: PERT,
- f) agentes inteligentes y
- g) redes de Petri.

Podría incluirse también en esa lista las bases de datos, las aplicaciones de productividad personal (con los asistentes o “wizards”), los sistemas de flujo de trabajo (*workflow*) y los portales de información [Wilson, L. *et al.*, 1999]. O’Leary [O’Leary, D., 1998] incluye también como tecnologías a los *data warehouses*, los *knowledge warehouses* y los agentes inteligentes. La diferencia entre un *data warehouse* y un *knowledge warehouse* es que éstos últimos tienen información más cualitativa que la cuantitativa típica de los primeros.

Dentro de los métodos y técnicas específicas, como se indicó, Paradela [Paradela, L., 2001] incluye la revisión de conocimientos basadas en cuestionarios, sesiones en grupo con el objetivo de realizar una gestión de nivel medio, análisis del entorno de las tareas, análisis de protocolos verbales, análisis básico de conocimientos, análisis de funciones críticas de conocimientos, análisis de requisitos y usos de conocimientos, guionado o perfilado de conocimientos y análisis de flujos de conocimientos. Indica que para que un proyecto de conocimiento sea exitoso se debe tener en cuenta a los que proporcionan los conocimientos, los usuarios de los conocimientos, los que toman las decisiones y los afectados por los conocimientos.

Para manipular el conocimiento, Herrera [Herrera, R., 2001] provee una clasificación de las herramientas, destacando:

- de personalización: permiten el acceso de forma automática a la información que ha sido seleccionada anteriormente;
- de trabajo en grupo: permiten generar procesos de colaboración, distribuir y sincronizar tareas;
- de portales corporativos: permiten el acceso de las personas a contenido personalizado y ayudan a crear ambientes de colaboración y
- de simulación: simulan el esquema de realización de un proyecto complejo y tiene por finalidad rectificar los errores que puedan presentarse al planificar la ejecución del mismo.

2.3.3 Gestión del Conocimiento en Empresas

En muchas empresas e instituciones se están haciendo esfuerzos de gestionar el conocimiento, refieren Stromquist y colegas [Stromquist, N. *et al.*, 2000]. Sistemas de gestión del conocimiento (KMS: Knowledge Management Systems) están siendo desarrollados para todo tipo de organizaciones. Citan como ejemplo al Banco Mundial, que trata de convertir al propio banco en un banco de conocimiento. Explican que, como primer paso, el Banco Mundial especificó qué categorías de conocimiento serán recogidas y almacenadas. A partir del ejemplo, señalan que este tipo de sistemas son dependientes del “manager”, el administrador de la entrada y salida de conocimiento. Plantean que el establecimiento y mantenimiento de bases de conocimiento están dominados por instituciones potentes que pueden comandar los recursos humanos, financieros y técnicos.

En Hewlett Packard Co se realizó un proyecto de crear un sistema de conocimiento donde todo el personal puede acceder, crear y almacenar información con la finalidad de enriquecer o favorecer compartir conocimiento, colaboración y toma de decisiones, expone Charles [Charles, S., 2002]. Algunas dificultades del proyecto fueron: entender, categorizar e indexar los documentos. Fue necesario establecer taxonomías que los usuarios finales pudieran usar para refinar su habilidad de extraer documentos del repositorio. El proyecto fue completado pero no fue puesto en uso en forma total por los usuarios debido a:

- falta de soporte fuerte y consistente de “management”;
- proyecto muy grande para los recursos disponibles;
- comunicación pobre y
- falta de preparación para una cultura del conocimiento.

Ambrosio [Ambrosio, J., 2000] destaca errores frecuentes cometidos al desarrollar proyectos de gestión del conocimiento. Entre ellos se destaca:

1) Fallas en coordinar esfuerzos entre la tecnología de la información y los recursos humanos. No pensar que es un problema de la tecnología o un problema de gente, es de ambos.

2) Construir una gran base de datos para almacenar todo el conocimiento de la compañía. En vez de esto, sugiere “comunidades de prácticas”.

3) Asumir que otro liderará el cambio.

Komi-Sirviö y colegas [Komi-Sirviö, S. *et al.*, 2002], referido al área empresarial, indican como problemas que lleva tiempo completar la base de conocimientos, que la captura del conocimiento es demasiado informal y que no está incorporada a los procesos de ingeniería.

Papows [Papows, J., 1999] afirma que la experiencia ha enseñado que la verdadera gestión del conocimiento se basa tanto en la gente como en la cultura y en la tecnología. Como principales dificultades para llevar a cabo la gestión del conocimiento refiere: la magnitud de la compañía, el

volumen de información, la falta de incentivo, errores de cálculo y falta de visión, carencia de experiencia y rápida obsolescencia.

Davenport [Davenport, T., 1997] señala algunos errores frecuentes en la gestión del conocimiento. Por ejemplo, el hecho de que no basta con tener software o tecnología apropiados. Otro caso es que el disponer de manuales de procedimiento, manual del personal y otras informaciones no es conocimiento real. Finalmente, señala que no es razonable que toda persona en la organización sepa o pueda hacer un buen trabajo escribiendo lo que sabe, o sea, que debería haber personas dedicadas a estos procesos de recolección y edición del conocimiento a partir de aquellos que tienen ese conocimiento.

Lee [Lee, J., 2000] refiere que para el individuo (no la organización como un todo), la proposición de valor para la gestión del conocimiento existe en cinco fases diferentes a lo largo del ciclo de vida del trabajador:

1) “No conozco suficiente sobre mi trabajo para saber qué necesito”. El trabajador podría ser nuevo en el puesto, pobremente entrenado o simplemente no tomar conciencia de la relación de su rol con el resto de la organización y sus metas;

2) “Conozco lo que necesito, pero no sé dónde encontrarlo”. El trabajador tiene conocimiento o puede ubicar dónde está el conocimiento, pero para obtenerlo es ineficiente debido a la naturaleza *ad hoc* del proceso de compartir información y, o a la infraestructura de la organización;

3) “Hay mucho contenido, me siento saturado”. Esta fase representa el período cuando el trabajador puede no estar seguro de que el conocimiento que necesita está, pero tiene confianza que sí;

4) “Puedo encontrar lo que necesito cuando voy a buscar. Muchas veces no tengo tiempo.”. El trabajador sabe que el conocimiento está y dónde buscarlo y

5) “Consigo lo que quiero sin tener que preguntar”. Las necesidades de conocimiento son anticipadas.

La meta de la gestión del conocimiento es proveer un ambiente tal que todos los individuos en la organización alcancen la última etapa [Lee, J., 2000].

2.4 Entornos de aprendizaje y Gestión del conocimiento

Entre las definiciones de gestión del conocimiento y los entornos de aprendizaje podría establecerse un paralelismo. La gestión del conocimiento, como se indicó, tiene como finalidad proporcionar al usuario los conocimientos que necesita, cuándo, dónde y cómo los necesita. Esta misma definición se puede aplicar a un entorno de aprendizaje, es más, podría tomarse como una definición del propio entorno.

Gutiérrez [Gutiérrez, C., 2001] refiere al efecto “impresionista”, indicando que “la aparición de los impresionistas a mediados del siglo XIX significó una ruptura radical del arte y surgió una tendencia que también enfatizaba la ligereza del trazo, el manejo desenvuelto de las líneas y el atrevimiento en el uso del color. Así, mientras las más bellas obras fueron creadas por quienes conocían y dominaban las técnicas preexistentes, una masa de improvisados impresionistas que ignoraba por completo los antecedentes del arte, inundaba las calles y galerías con burdos intentos.”. Este efecto impresionista se está dando, según este autor, en las empresas que se abstienen de enfrentar con rigor y audacia las realidades de la sociedad del conocimiento. Podría extrapolarse esta reflexión a la creación de ambientes de aprendizaje.

Rosenberg [Rosenberg, M., 2001] diferencia entre entrenamiento y gestión del conocimiento. El propósito del entrenamiento es instruir, el programa dicta como aprenderá el usuario, la meta es transferir las habilidades y conocimientos al usuario. A su vez, la gestión del conocimiento tiene como propósito informar, el usuario determina cómo aprenderá, la meta es ser un recurso al usuario. Durante el entrenamiento, son expresiones características: “sé que hacer y por qué, pero agregando información y herramientas me ayudarán a hacerlo mejor y más fácil”. Dentro de la gestión del conocimiento, la expresión es “puedo obtener la información que me ayudará para hacerlo, que todavía necesito aprender cómo encontrar la información necesaria”. Debe tenerse en cuenta también que la disponibilidad del conocimiento no es suficiente para que sea transferible, considera Ramesh [Ramesh, B., 2002], sino que se deben tener presente la capacidad de absorción del receptor y el valor percibido del conocimiento. Todas estas consideraciones se pueden aplicar a los entornos de aprendizaje. Los entornos pueden favorecer o simplificar tanto el entrenamiento como la propia gestión.

También, las fases ya referidas [Lee, J., 2000] acerca de las etapas por las cuales pasa un trabajador, podrían asimilarse al proceso de aprendizaje en un entorno, cambiando los términos “mi trabajo” por “esta materia” o “este tema”.

Los KMS parecen ser una herramienta efectiva y moderna, con promesas de velocidad, fácil acceso, interfaz uniforme entre usuarios y fuente de datos y alta habilidad en búsquedas a través de categorización [Stromquist, N. *et al.*, 2000]. En educación, sin embargo, es riesgoso presentar el acceso al conocimiento en forma fragmentada y descontextualizada, introduciendo mediadores cuya vista del conocimiento e intenciones pueden no coincidir con los usuarios primarios. Podría extraerse como sugerencia que, para evitar este tipo de problemas, para los entornos de aprendizaje deberían ser tomados con especial cuidado los aspectos de carga y de mantenimiento de conocimiento, y que se debería permitir a todos los involucrados su manejo.

Se debe considerar las dificultades planteadas por Komi-Sirviö y colegas [Komi-Sirviö, S. *et al.*, 2002] acerca de la informalidad en la captura de conocimientos y el tiempo que lleva completar la base de conocimiento. Es necesario poner énfasis en tratar de evitar esas dificultades al momento de capturar los requisitos de conocimiento para el entorno y en su posterior uso y ampliación.

Las herramientas para la gestión del conocimiento enumeradas anteriormente, como las de trabajo en grupo, memorias institucionales, simulación y, o, portales corporativos, podrían ser aplicables a los entornos de aprendizaje.

En resumen, todos estos aspectos referidos deben ser tenidos en cuenta al diseñar un entorno de aprendizaje basado en la gestión del conocimiento.

2.5 Modelo Conceptual: Ontologías

2.5.1 Definición de ontología

Cuando se trata de definir los conocimientos de un dominio, el uso de ontologías puede ser de utilidad. Ontología, etimológicamente proviene del griego “ontos”: ser y “logos”: tratado o estudio, es el estudio del ser y sus propiedades esenciales.

Una ontología es una especificación formal explícita de una conceptualización compartida [Gruber, T., 1993]. Conceptualización se refiere a una abstracción, una visión simplificada del mundo que se desea representar, construido a partir de la identificación de los conceptos y relaciones relevantes.

Formal significa que debe ser comprensible por un computador, no ser solamente escrita en lenguaje natural. Como se indicó, Neches y sus colegas [Neches, R. *et al.*, 1991] señalan que una ontología define el vocabulario de un área mediante un conjunto de términos básicos y relaciones entre dichos términos, así como las reglas para combinar los términos y las relaciones para definir extensiones al vocabulario. Para Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1997] una ontología es una especificación explícita a nivel de conocimiento de una conceptualización. Es un conjunto de distinciones que son significativas para un agente.

Para Gutiérrez [Gutiérrez, C., 1997], “Ontología es teoría de los objetos. La ontología de la ciencia, o de una ciencia en particular, es la lista de objetos cuya existencia tiene el científico que postular para poder practicar su disciplina. Una ontología es la colección de entes (objetos) a que se refieren los enunciados de cada disciplina particular. El tema de la ontología es el tema de *lo que hay*.”.

Para Rodríguez-Artacho [Rodríguez-Artacho, M., 2000] una ontología es una representación explícita de una conceptualización cognitiva, es decir, la descripción de los componentes de conocimiento relevantes en el ámbito de la modelización.

Toledo y colegas [Toledo, E. *et al.*, 2001] refieren que para la filosofía, ontología es el estudio de la existencia del ser. Citando a Gruber, indican que las definiciones deben ser objetivas y preferiblemente completas, coherentes, extensibles (que se puedan definir nuevos conceptos a partir de los existentes) y tener un mínimo compromiso con la implementación.

Jasper y colegas [Jasper, R. *et al.*, 1999] señalan que una ontología puede tomar una variedad de formas, pero necesariamente deberá incluir un vocabulario de términos y alguna especificación de su significado. Esto incluye definiciones y una indicación de cómo los conceptos están interrelacionados. Las ontologías son usadas para mejorar la comunicación entre personas o computadoras.

2.5.2 Clasificación de ontologías

Para Sowa [Sowa, J., 2001] es posible distinguir entre ontologías terminológicas y formales. Las terminológicas son aquellas en las cuales las categorías no necesitan ser completamente especificadas por axiomas y definiciones. Las formales tienden a ser más pequeñas que las terminológicas pero sus axiomas y definiciones pueden soportar complejas inferencias y cálculos. Un ejemplo de una formal es la especificación de un esquema de base de datos en SQL.

Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1997] señalan que se pueden clasificar las ontologías por la *cantidad y tipo* de la estructura de la conceptualización y por la *materia o tema* de la conceptualización. Respecto a la *cantidad y tipo* de la estructura:

1) ontologías terminológicas: especifican términos que son usados para representar conocimiento de un dominio;

2) ontologías de información: especifican la estructura de los registros de la base de datos. Ejemplifican con un marco para modelar registros médicos de pacientes. El modelo provee un marco para registrar las observaciones de los pacientes pero no distingue entre síntomas, signos, tratamientos, etc.

3) ontologías de modelado del conocimiento: especifican conceptualizaciones del conocimiento. Tienen una estructura más rica comparada con las de información.

Respecto al *tema*, refieren Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1997], hay 4 clasificaciones: de aplicación, de dominio, genérica y de representación. En particular señala:

- 1) de aplicación: contienen todas las definiciones que son necesarias para modelar el conocimiento requerido para una aplicación particular. Típicamente son una mezcla de conceptos tomados de las de dominio y las genéricas;
- 2) de dominio: expresan conceptualizaciones que son específicas para un dominio;
- 3) genéricas: similar a las de dominio, pero los conceptos que definen son considerados genéricos a varias áreas y
- 4) de representación: proveen un marco de representación. Las de dominio y genéricas son descriptas usando las primitivas de las ontologías de representación.

Guarino [Guarino, N., 1997] comenta sobre la clasificación presentada de Van Heijst y colegas, y señala que no hay razón para tomar como hipótesis la distinción entre ontologías sobre la base de la cantidad y tipo de la estructura de su conceptualización. Indica que la distinción puede ser hecha entre diferentes ontologías tomando como base el grado de detalle usado para caracterizar una conceptualización.

Mizoguchi y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] clasifican las ontologías en dependientes del dominio y dependientes de la tarea. Las dependientes del dominio proporcionan un vocabulario sistematizado que tiene por objeto describir los términos empleados en un dominio dado. Se subclasifican en: a) de conceptos (ej. bisturí, scanner), b) de actividad (ej. anestesiar, pedir bisturí) y c) de campo (ej. son conceptos que aparecen en las teorías, y relaciones y fórmulas que constituyen las teorías y sus principios). Las dependientes de la tarea proporcionan un vocabulario sistematizado con los términos empleados en la resolución de problemas que pueden, o no, ser del mismo dominio, pero que tienen entre sí cierta similitud. Se subclasifican en: a) de nombres genéricos (ej. plan, meta, restricción), b) de verbos genéricos (ej. asignar, clasificar, seleccionar), c) de adjetivos genéricos (ej. sin asignar, el último) y d) de otros conceptos específicos de la tarea (ej. fuerte restricción, satisfacción de la restricción).

Pazos [Pazos, J., 2002] recoge varias clasificaciones de ontologías y las agrupa en:

- 1) ontologías de representación de conocimientos: capturan las representaciones de primitivas usadas para formalizar los conocimientos en paradigmas de representación de los mismos (van Heijst y colegas);
- 2) ontologías generales o comunes: incluyen un vocabulario y relaciones con cosas, eventos, tiempo, espacio, causalidad, comportamiento (Mizoguchi);
- 3) ontologías núcleo o genéricas: reusables a través de distintos dominios (van Heijst y colegas);
- 4) ontologías del dominio: proporcionan un vocabulario sistematizado que tiene por objeto describir los términos empleados en un dominio dado. Pueden ser de concepto, de actividad o de campo;
- 5) ontologías de la tarea: proporcionan un vocabulario sistematizado de los términos empleados en la resolución de problemas asociados a una serie de tareas que pueden, o no, ser del mismo dominio, pero que tienen entre sí cierta similitud;
- 6) ontologías de tareas de un dominio: son ontologías reusables en un dominio dado, pero no entre dominios y
- 7) ontologías de aplicación: contienen los conocimientos necesarios para modelizar un dominio particular.

2.5.3 Construcción de ontologías

Gruber [Gruber, T., 1993] señala como principios metodológicos para construir ontologías la claridad y objetividad, la completación, la coherencia y el maximizar la ampliación monótona. Este

último principio quiere decir que deberían incluirse en la ontología términos nuevos, tanto generales como especializados, de tal manera que no requieran la revisión de las definiciones existentes.

Crear una ontología tiene como ventaja, indica Rodríguez-Artacho [Rodríguez-Artacho, M., 2000] que hace explícita la categorización de los elementos y relaciones que intervienen en el modelo de conocimiento, de forma que el modelo pueda ser editado y gestionado y sea posible transmitirlo.

La construcción de una ontología involucra la definición de conjuntos de clases, relaciones, funciones, objetos constantes y axiomas, según Toledo y colegas [Toledo, E. *et al.*, 2001]. Hay varias propuestas de lenguajes para describir ontologías, algunos ejemplos son KIF (Knowledge Interchange Format) y Ontolingua, desarrollado por el Departamento de Ciencia de la Computación de la Universidad de Stanford.

Hay varias metodologías para construir ontologías, según refiere Fernández [Fernández López, M., 1999]. A partir de la descripción del estándar de IEEE 1074-1995 sobre el proceso de desarrollo de software, establece que es posible aplicar dicho estándar al desarrollo de ontologías pues son parte de los productos de software. Los criterios utilizados para comparar las metodologías son: herencia de ingeniería del conocimiento, detalle de la metodología, recomendaciones para formalizar el conocimiento, estrategias para construir ontologías (dependiente, semidependiente o independiente de la aplicación), estrategia para identificar conceptos, ciclo de vida recomendado, diferencias con el estándar IEEE 1074-1995, técnicas recomendadas y qué ontologías se han desarrollado utilizándolas. Las metodologías comparadas son, entre otras: Enterprise Ontology de Uschold y colegas ([Uschold, M. *et al.*, 1995]), la de A. Bernaras ([Bernaras, A. *et al.*, 1996]), Methontology ([Gómez, A., 1996]) y Sensus ([Swartout, B. *et al.*, 1997]). Las conclusiones de su estudio es que ninguna de las metodologías eran complemente maduras aunque la más madura resultó ser Methontology.

Para Noy y colegas [Noy, N. *et al.*, 2000] desarrollar una ontología supone: definir las clases, acomodarlas en una jerarquía de clases (sub y super clases), definir los “slots” y los valores permitidos para dichos “slots”, y completar los valores de los “slots” de las instancias.

Una ontología general tiene, según Morales y colegas [Morales, E. *et al.*, 1999], los siguientes elementos:

- 1) categorías: incluyen objetos con propiedades comunes arregladas en taxonomías jerárquicas. Se pueden organizar y simplificar el conocimiento por medio de la herencia, se pueden tener clases, subclases, clases de clases, categorías disjuntas, descomposiciones exhaustivas o particiones;
- 2) medidas: relaciona objetos a cantidades de tipo particulares (ejemplo: masa, edad, precio);
- 3) objetos compuestos: objetos que pertenecen a categorías por su estructura constitutiva. Se pueden tener jerarquías de tipo “partes de”.
- 4) tiempo, espacio y cambio: para permitir acciones y eventos con diferentes duraciones y que puedan ocurrir simultáneamente;
- 5) eventos y procesos: eventos individuales ocurren en un tiempo y lugar particular. Los procesos son eventos continuos y homogéneos por naturaleza;
- 6) objetos físicos: al extender las cosas en tiempo y espacio, los objetos físicos tienen mucho en común con los eventos. A veces se les llama “fluentes” (*fluents*);
- 7) substancias: un objeto con sólo propiedades intrínsecas es una sustancia y uno con propiedades extrínsecas es un objeto contable. Un objeto puede pertenecer a las dos. Por ejemplo, la manteca tiene propiedades intrínsecas (color, temperatura en que se derrite, contenido de grasa) y extrínsecas (peso, forma);

8) objetos mentales y creencias.

Los criterios para aceptar una ontología según Gutiérrez [Gutiérrez, C., 1997] “son primordialmente la coherencia teórica y la conformidad con la experiencia; pero que los conflictos entre estos dos criterios son dirimidos en definitiva por un criterio supremo de simplicidad. Este principio fue concebido inicialmente más bien para reducir el número de los entes u objetos con cuya existencia nos comprometemos, que para dar preferencia a teorías más sencillas; así quedó formulado por algún monje precursor de Guillermo de Occam, el gran nominalista del siglo XIV –y bautizado por la tradición “navaja de Occam”–: “*Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem* (no multiplicar los entes más allá de lo indispensable)”. Este principio lo presentan Pazos y colegas [Pazos, J. *et al.*, 2002] como “la explicación más sencilla es habitualmente la correcta, junto con la suposición de que la independencia entre causas exige un requerimiento de mínima cardinalidad”.

De hecho, este principio de Occam, según Pazos y colegas [Pazos, J. *et al.*, 2002], se ha aplicado con algunas variantes a diferentes dominios. Por ejemplo, según refieren a Kendall, en Inteligencia Artificial y Psicología Computacional se enuncia, como que “no se debería invocar entidad o fuerza alguna para explicar fenómenos mentales si se puede lograr en términos de computadoras electrónicas”. En Arquitectura, se reformula como “menos es más”, según Mies van der Rohe y en el desarrollo de software como “más es menos y menos es más” según Brooks. Así, en todas las ciencias que usan los modelos como instrumento heurístico, es decir, como ayuda para descubrir, se trata de descubrir entre todas las causas que pueden producir un fenómeno, lo más simple [Pazos, J. *et al.*, 2002].

2.6 Modelo formal: Representación del conocimiento

2.6.1 Conceptos y relaciones

Un concepto para Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] es cualquier cosa acerca de la cual se quiere decir algo. Una relación, como ya se indicó, es un tipo de interacción entre conceptos en un universo de discurso. Las relaciones tienen como propiedades:

- 1) la valencia, que describe la forma cuantitativa en que los elementos intervienen en la relación,
- 2) su funcionalidad, que señala un tipo de implementación de la relación. Puede ser inyectiva y sobreyectiva
- 3) la cardinalidad, que determina el número de elementos que participan en la relación.

2.6.2 Tipos de formalismos

Hay formalismos para representar conceptos y relaciones. Los más empleados para conceptos según Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] son las ternas Objeto-Atributo-Valor y los Marcos. A su vez, entre los formalismos para relaciones destaca la lógica, las redes semánticas y la teoría de la Dependencia Conceptual.

2.6.2.1 Formalismos basados en conceptos

2.6.2.1.1 Objeto-Atributo-Valor

Como señalan Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997], Objeto-Atributo-Valor es el formalismo más sencillo que permite describir conceptos. El objeto describe la entidad o concepto, por ejemplo persona. El atributo describe una propiedad de o característica de la entidad, por ejemplo, profesión. El valor describe el valor del atributo del objeto, por ejemplo carpintero.

2.6.2.1.2 Marcos

Otra técnica para representar conocimientos son los marcos, que como indican Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] es una estructura de datos para representar estereotipos. Refieren que el formalismo de Marcos es la técnica de representación de conocimientos más utilizada en inteligencia artificial cuando los conocimientos del dominio están organizados en base a conceptos. Los marcos organizan los conocimientos en árboles (también llamados jerarquías) o en grafos.

Hay dos tipos de marcos: marcos *clase* y marcos *instancia*. Los marcos clase se utilizan para representar conceptos, clases o situaciones genéricas descritos por un conjunto de propiedades. Ejemplos son los marcos Persona, Hombre, Mujer. En los dominios de trabajo, existen elementos o instancias de clases. Por ejemplo, Ana, Luis y Pedro son marcos instanciados de la clase Mujer y Hombre. Las relaciones entre conceptos se representan con relaciones entre marcos, siendo las relaciones más comunes: subclase de y superclase de, instancia y representa, disjunto, no disjunto, fraternal, “ad hoc” o a medida (ejemplos: casado-con, divorciado-de) [Gómez, A. *et al.*, 1997].

Los marcos tienen propiedades de clase y de instancia. Las de clase representan atributos o características de un concepto o clase. Toman siempre el mismo valor en todos los elementos o instancias de la clase. Las propiedades de instancia se rellenan en cada instancia con valores concretos, que dependen del elemento de la clase que se esté representando [Gómez, A. *et al.*, 1997].

Luego de identificadas las propiedades de los marcos clase, se describen las facetas de cada una de esas propiedades. Las facetas pueden ser:

- 1) facetas que definen propiedades de clase, de instancia y relación, por ejemplo tipo ranura, cardinalidad máxima y mínima,
- 2) faceta que define propiedades de clase y relación; por ejemplo la llamada propiedad general y
- 3) facetas que definen propiedades de instancia. Las más comunes son: valores permitidos y valores por omisión.

2.6.2.2 Formalismos basados en relaciones

La lógica más utilizada en los sistemas basados en conocimiento, según Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997], es la de cálculo de predicados de primer orden. Las relaciones se representan por predicados y los conceptos son sus argumentos. Estos predicados pueden verse afectados por conectivas y cuantificadores.

Otro formalismo son las redes semánticas. Una *red semántica* es un grafo orientado formado por nodos y arcos unidireccionales, ambos etiquetados. Los nodos representan conceptos y los arcos representan relaciones entre conceptos [Gómez, A. *et al.*, 1997]. O sea, es un conjunto de nodos y vínculos entre ellos. Un concepto es una clase abstracta o conjunto, cuyos miembros son “cosas” que están agrupadas juntas porque comparten propiedades o características comunes, según Murray [Murray, P., 2001].

La Teoría de la Dependencia Conceptual fue propuesta por Schank para expresar declarativamente las relaciones entre los elementos de una frase escrita en lenguaje natural [Gómez, A. *et al.*, 1997].

2.7 Clasificación de los conocimientos

2.7.1 Diversos tipos de conocimientos y clasificaciones

Nonaka y colegas [Nonaka, I. et al., 1999] diferencian entre conocimiento explícito y tácito. El explícito se expresa a través del lenguaje formal, incluidos enunciados gramaticales, expresiones matemáticas, especificaciones y manuales. Puede ser transmitido fácilmente de un individuo a otro. El conocimiento tácito es más importante, es difícil de enunciar mediante el lenguaje formal; se trata de lo aprendido gracias a la experiencia personal e involucra factores como las creencias, el punto de vista propio y los valores.

Nonaka y Takeuchi [Nonaka, I. et al., 1999] indican formas de convertir uno en otro, según se muestra en la Tabla 2-7 Conversión entre tipos de conocimiento:

	a tácito	a explícito
desde tácito	socialización	exteriorización
desde explícito	interiorización	combinación

Tabla 2-7 Conversión entre tipos de conocimiento

Detallan cada caso ([Nonaka, I. et al., 1999]):

- tácito a tácito (socialización): el aprendiz observa al maestro y modela;
- tácito a explícito (externalización): el conocimiento tácito se transforma en explícito mediante diálogos, usando analogías y metáforas;
- explícito a explícito (combinación): es la esencia en los programas de entrenamiento y
- explícito a tácito (internalización): las experiencias se internalizan a través del día a día o escuchando historias. Por ejemplo, un técnico aprende a resolver problemas difíciles escuchando los relatos de otros.

M. Polanyi y colegas [Polanyi, M. et al., 1977] ejemplifican el conocimiento tácito con el uso de un mapa: para usarlo se debe tener 3 habilidades: primero identificar la posición actual en el mapa, encontrar en el mapa el itinerario hacia el destino buscado y finalmente, se debe identificar ese itinerario a través de referencias en el paisaje. La lectura del mapa depende del conocimiento tácito y de la habilidad de la persona en el uso del mapa. Atherton [Atherton, J., 2001] refiriendo a Polanyi señala que el conocimiento tácito está vinculado al contenido de lo que es aprendido y el aprendizaje implícito está referido al proceso. Ambos tienen en común la idea de no conocer qué se sabe o qué se ha aprendido.

Papows [Papows, J., 1999] refiere a que el conocimiento tácito reside en la forma individual del saber-cómo (*know-how*) y trata de hábitos, modelos, conductas y perspicacia. Es conocido pero usualmente silenciado. El conocimiento explícito, para Papows [Papows, J., 1999] se expresa a través de informes, manuales, análisis, directivas y prácticas, entre otros. Cuando un empleado explica a otro cómo redactar un plan de negocios, está volviendo explícito y accesible su conocimiento. Ese conocimiento explícito luego se hace tácito a través de la acción y aplicación del nuevo empleado.

Wiig [Wiig, K., 1995] clasifica los conocimientos en públicos, compartidos y personales. Los tipos son: conocimiento de hechos, conceptual, de expectativas y metodológico. El conocimiento de hechos refiere a datos y hechos conocidos; el conceptual refiere a las percepciones, conceptos y conductas; a su vez el de expectativas son los juicios, hipótesis y expectativas; por último el metodológico son las estrategias de razonamiento y metodologías. Wiig [Wiig, K., 1999] presenta

las cinco dimensiones relacionadas con el conocimiento que son: información, competencia, conceptual, manifestación y detalle, según la Ilustración 2-10 Dimensiones de los Conocimientos:

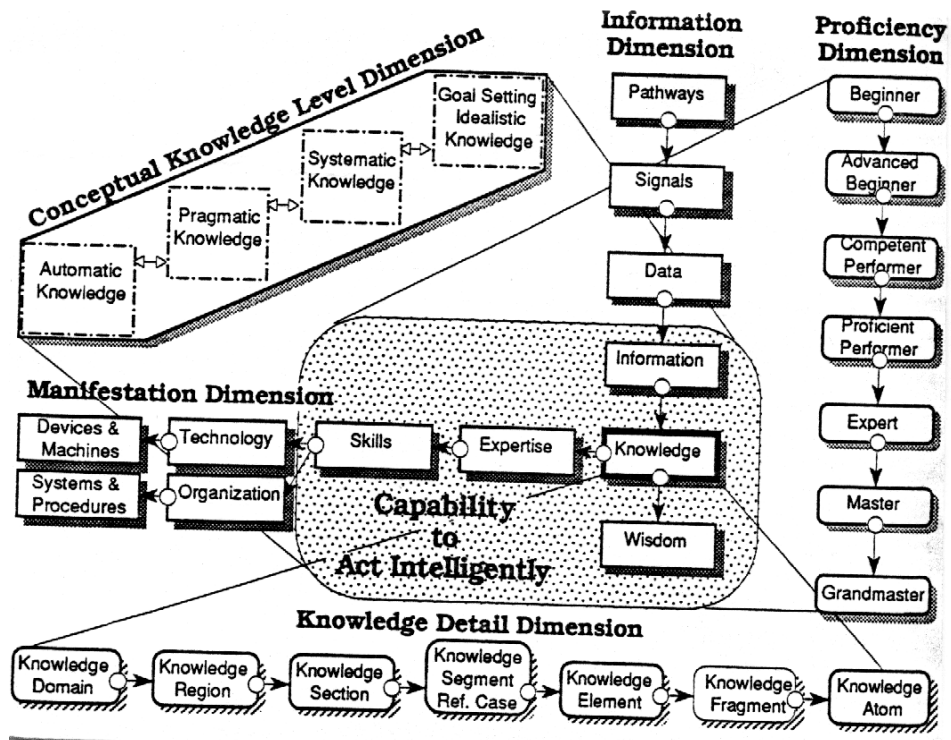


Ilustración 2-10 Dimensiones de los Conocimientos

En la dimensión conceptual (*Conceptual Knowledge Level Dimension*) este autor reconoce los niveles:

- idealístico (*goal setting idealistic knowledge*): parte de este conocimiento es bien conocido para la persona y es explícito. Mucho de ese conocimiento no es bien conocido, es tácito y es sólo accesible no conscientemente;
- sistemático (*systematic knowledge*): es el conocimiento de principios generales y estrategias de resolución de problemas;
- pragmático (*pragmatic knowlegde*): es el conocimiento de tomar decisiones, es práctico y mayormente explícito y
- automático (*automatic knowledge*): se conoce este conocimiento tan bien que se ha automatizado. La mayoría se transformó en tácito, que se usa para tareas automáticas.

En la dimensión de información (*Information dimension*), destaca:

- caminos (*pathways*): es el medio que transmite las señales;
- señales (*signals*): son, por ejemplo, ondas de sonido, marcas de lápiz en una hoja, pulsos eléctricos que representan 0 ó 1;
- datos (*data*): son secuencias de números y letras, palabras habladas, figuras, etc.;
- información (*information*): son datos organizados como, por ejemplo, un artículo de una revista o una tabla de estadísticas de ventas anuales;
- conocimiento (*knowledge*): es información organizada, por ejemplo, entender qué significa la media de las ventas y cómo interpretarla y
- sabiduría (*wisdom*): es la habilidad para proveer juicios, por ejemplo, sobre las estadísticas de ventas; es proponer formas válidas y valiosas de manejar nuevas situaciones.

En la dimensión manifestación (*Manifestation dimension*) incluye:

- dispositivos y máquinas (*devices & machines*): por ejemplo: teléfono celular, scanner de los puntos de venta;
- tecnología (*technology*): es la aplicación de conocimiento implícito a determinada área;
- habilidades (*skills*): es el conocimiento explícito de “cómo hacer” para un propósito específico;
- “expertise” (*expertise*): es la habilidad de un experto y
- conocimiento (*knowledge*): es el entendimiento general de un arte, ciencia o técnica.

La dimensión de competencia (*Proficiency dimension*) está dividida en:

- aprendiz (*beginner*): inocente sin experiencia real;
- aprendiz avanzado (*advanced beginner*): parcialmente informado pero relativamente sin habilidades;
- *competent performer*: comenzando entendimiento profundo;
- *proficient performer*: competente y ampliamente hábil;
- experto (*expert*): altamente proficiente en un área particular;
- maestro (*master*): altamente experto en varias áreas y
- gran maestro (*grandmaster*): experto mundial en todas las áreas del conocimiento.

La dimensión de detalle (*Knowledge detail dimension*) la presenta a través de ejemplos, en este caso relacionados con la medicina:

- dominio de conocimiento (*knowledge domain*): medicina interna;
- región de conocimiento (*knowledge region*): urología;
- sección de conocimiento (*knowledge section*): problemas del riñón;
- segmento de conocimiento (*knowledge segment*): diagnóstico de problemas del riñón;
- elemento de conocimiento (*knowledge element*): estrategias de diagnóstico
- fragmento de conocimiento (*knowledge fragment*): “si el síntoma es dolor penetrante, considerar cálculos renales” y
- átomo de conocimiento (*knowledge atom*): un síntoma es dolor penetrante.

Schunk [Schunk, D., 1997], como se indicó, clasifica el conocimiento en declarativo, procesal o procedimental y condicional. El conocimiento declarativo está compuesto por los hechos, las creencias, las opiniones, las generalizaciones, las teorías, las hipótesis y las actitudes. El conocimiento procesal o procedimental es el entendimiento de cómo hacer actividades cognitivas; son los conceptos, reglas y algoritmos. El conocimiento condicional indica cuándo emplear las formas de los conocimientos declarativos o de procedimientos y por qué es importante.

Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] ejemplifican diferentes tipos de conocimientos que se muestran en la Tabla 2-8:

Tipos de conocimientos, según Hayes-Roth, y los autores			Tipos de conocimientos, según Hayes-Roth, y los autores		
Tipo	Variantes	Ejemplos	Tipo	Variantes	Ejemplos
Hecho	Afirmación	La clavija A se conecta al hilo 12.	Comportamiento (I)	Aproximación	La velocidad de un corredor es 10 m/s.
	Situación típica	El motor siempre está enchufado.		Pragmático	Para abrir la puerta, vaya hasta el ojo electrónico.
	Hipótesis	El voltaje normalmente es 225 voltios.		Heurístico	Para abrir la puerta, intentar empujar o tirar.
	Hecho incierto	La clavija A se conecta al hilo 12 es probablemente cierto con un factor de certeza de 0,99.		Metaprocedimiento	Para ejecutar un procedimiento, determinar los recursos necesarios, recolectarlos y luego asignarlos a un ejecutor.
Regla	Definición	El hilo 12 es el conductor principal.	Restricción	Proceso	Primero desconectar el motor, luego quitar la carcasa.
	Disyuntivo	El hilo 12 o se conecta a la clavija 12 o se conecta al interruptor IG.		Mandato	El enchufe A debe estar aislado del suelo.
	Conjunto	El hilo 12 se conecta a la clavija 12 y se conecta al interruptor IG.		Invariante	El momento es constante.
	Heurística	Si la lluvia cae en un charco de agua y hace burbujas será persistente.		Preferencia	Mantener la temperatura entre 12° y 99° C.
Entidad	Implicación	Si x es un hilo, x es conductor.	Recursos	Relajación	Se puede calentar hasta 95° C si fuera necesario por cortos períodos de tiempo.
	Implicación causal	Si un hilo conecta dos clavijas, la corriente puede fluir entre ellas.		Cambios	Las restricciones de temperatura generalmente son más importantes que las de vibración.
	Decisión	Si bajan los tipos de interés por debajo del 6%, pedir un crédito.		Consumo	El circuito usa 20 vatios.
	Incierta	Si el hilo 12 se rompe, el circuito C fracasará con una certeza de 0,99.		Producción	La batería proporciona 10 amperios a 5 voltios.
Clase	Definición	Un rectángulo contiene a los polígonos de cuatro lados con cuatro ángulos interiores iguales.	Comportamiento (II)	Almacenamiento	El dispositivo guarda 10 mV durante 10 segundos con pérdida exponencial negativa.
	Pertenencia	El polígono P es un rectángulo.		Balance	El nivel decrece según el ratio de consumo y aumenta con el de producción.
	Jerarquía	Rectángulo es un subtipo de polígono.		Estado	El sistema está normal cuando la clavija está baja.
	Instancia	El rectángulo dorado es una instancia prototípica de «rectángulo».		Evento	Alguien pulsa el conmutador.
Relación (afirmación) (I)	Metaclase	Los dibujos que se dan contienen las clases polígonos y círculos.	Relación II	Transmisión	La clavija A sube desde una posición baja.
	Objeto	Hilo 12.		Historia	El sistema estuvo normal durante 10 minutos, luego pasó a la situación anormal 4.
	Sistema	ECM-1 consta de los enchufes A, B, C, los chips X e Y, y los conductores 1 a 12, y está descrito por el manual A1.		Futuro	El sistema retornará a la posición normal en 2 segundos.
	Binaria	El hilo 12 está aislado.		Plan	Una transición anormal debe ocurrir dentro de 5 segundos, y no debe reconocerse un rearranque hasta que ocurra.
Estructura (afirmación)	N-aria	El hilo 12 está hecho de cobre.	Leyes	Causal	El pistón se desliza en el cilindro por efecto de la presión de los gases.
	Equivalencia	Las componentes de ECM-1 incluyen los chips X e Y, los conductores 1 a 12, y las clavijas A, B y C.		Similitud	Es equivalente decir que una válvula está abierta o que admite gasolina.
	Nivel básico	Beneficio = Ingresos - Gastos.		Condicional	Cuando masas pequeñas se mueven a poca velocidad y mucha aceleración, usar la hipótesis cuántica.
	Jerárquico	Una mano tiene cuatro dedos y un pulgar.		Finalidad	Los códigos los crearon los humanos para transmitir sus ideas.
Comportamiento (I)	Heterárquico	Un dedo tiene tres falanges y dos articulaciones.	Suposiciones	Simple	Un circuito eléctrico siempre tiene que incluir una fuente de corriente.
	Definición	El músculo 21 es parte del dedo D1 y del D2, que son entidades distintas.		Compleja	Primera de Kirchoff: La cantidad de corriente que entra a un nodo es la misma que la que sale.
	Ecuación	Abrir la puerta significa correr el cerrojo y separar la hoja del quicio.		Mediata	Si es un enchufe, tiene tres contactos.
		Velocidad = aceleración * tiempo.			Después de reparar el enchufe y conectarlo, la electricidad llegará al hilo 13.

Tabla 2-8 Diferentes tipos de conocimientos

Para clasificar los conocimientos es posible utilizar varios criterios señalan Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997]. Uno de ellos es la operatividad: pueden ser conocimientos descriptivos o declarativos o conocimientos prescriptivos o procedimentales. A su vez los declarativos, que refieren a qué son las cosas y describen situaciones establecidas o a establecer, pueden ser derivados (como compilados, heurísticos, abstracciones, generalizaciones) o modelizados (como fórmulas matemáticas, leyes naturales, modelos causales y temporales entre otros). Los prescriptivos tienen que ver con cómo funcionan las cosas y representan el saber hacer que se tiene del dominio.

En una base de conocimiento, según Gómez y colegas [Gómez, A. *et al.*, 1997] los tipos de conocimiento que puede contener son: declarativos, conocimientos operativos o prescriptivos y conocimientos heurísticos, que dicen cuáles de los conocimientos operativos deben usarse en cada momento.

Mayer [Mayer, R., 1992] discrimina los tipos de conocimiento en: lingüístico, semántico, esquemático, procedimental y estratégico. El conocimiento lingüístico es el conocimiento de palabras, frases y oraciones. El semántico es el conocimiento de los hechos sobre el mundo. A su vez, el esquemático es el conocimiento de los tipos de problemas. El procedimental es el conocimiento de cómo hacer una secuencia de operaciones, por ejemplo, dividir un número entre otro. Finalmente, el estratégico son las técnicas para utilizar los diferentes tipos de conocimiento disponible en la resolución de problemas.

Bryan-Kinns y colegas [Bryan-Kinns *et al.*, 1999] distinguen tres tipos de conocimiento: explícito, embebido y comunitario. El explícito es el conocimiento de los datos y no tiene ambigüedad en su significado o intención. El embebido es el conocimiento específico del dominio y puede ser tácito y

explícito a la vez. El comunitario es el sistema de creencias comunes y generalmente es tácito, refiere a los hechos particulares que se conocen, su rol y el “saber cómo”, y es necesario para completar la tarea en curso. También destacan el valor del conocimiento, puede ser más o menos significativo.

Poggioli [Poggioli, L., 1997] refiere a:

- conocimiento declarativo: principios, fórmulas, conceptos. Ej. un kilómetro son 1000 metros.
- procedimental: conocimiento acerca de las acciones necesarias para resolver un tipo de problema en particular
- estratégico: permite, al individuo solucionador del problema, decidir sobre las etapas o fases que debe seguir en el proceso de solución

Una clasificación de los conocimientos dada por Paradela [Paradela, L., 2001] incluye: conocimientos tácitos, explícitos, implícitos, combinados implícitos y explícitos, descriptivos o declarativos, anecdóticos y empotrados.

Paradela [Paradela, L., 2001] establece criterios para codificar los conocimientos. Así ofrece los criterios:

- 1) subjetivo versus objetivo: el conocimiento siempre es interpretado por un actor, implicando una perspectiva o marco de referencia;
- 2) borroso versus exacto;
- 3) asociativo versus fragmentativo;
- 4) dirigido por la meta versus neutral;
- 5) activo versus pasivo;
- 6) dinámico versus estático: las representaciones cambian mientras se están usando;
- 7) cambiante versus rígido y
- 8) adaptativo versus planificado: una buena representación del conocimiento debería ser abierta para acomodar las respuestas a los cambios el entorno.

Como indica Paradela [Paradela, L., 2001], se puede organizar los conocimientos en jerarquías. También pueden representarse por palabras, imágenes, guiones, conceptos. En particular, destaca las habilidades y experiencia. Habilidad es la facultad o talento para efectuar ciertas tareas y funciones particularmente basadas en el conocimiento de técnicas. La experiencia son los conocimientos y habilidades que tiene alguien o algo en un área particular y que han sido desarrollados a lo largo del tiempo.

2.7.2 Propuesta de clasificación del conocimiento

Entre las clasificaciones presentadas (en el punto previo y en anteriores) hay aspectos comunes - “conceptualización compartida”- que podrán ser utilizados en la formulación de una ontología del conocimiento. Así se llega a una posible clasificación:

- conocimiento descriptivo: es el conocimiento con el cual se describe una situación, un concepto o una idea. Los términos similares que refieren a esta idea son:
 - o sistemático ([Wiig, K., 1999],
 - o explícito ([Nonaka, I. et al., 1999], [Bryan-Kinns *et al.*, 1999]),
 - o descriptivo ([Paradela, L., 2001]),
 - o declarativo ([Gómez, A. *et al.*, 1997], [Poggioli, L., 1997], [Schunk, D., 1997], [Yildirim, Z. *et al.*, 2001]),
 - o semántico ([Mayer, R., 1992]) y
 - o saber por qué ([Boyett, J. *et al.*, 1999]).

- conocimiento procedimental: es el conocimiento para llevar adelante una acción, procedimiento o proceso. Lo encontramos bajo los nombres de:
 - o pragmático ([Wiig, K., 1999], [Gómez, A. *et al.*, 1997]),
 - o explícito ([Nonaka, I. *et al.*, 1999]),
 - o operativo([Gómez, A. *et al.*, 1997]),
 - o procedimental ([Poggioli, L., 1997], [Mayer, R., 1992], [Schunk, D., 1997], [Yildirim, Z. *et al.*, 2001]),
 - o saber cómo ([Boyett, J. *et al.*, 1999]).
- conocimiento heurístico: representa las lecciones aprendidas, las buenas prácticas y las heurísticas en general. Se relaciona directamente con el concepto de:
 - o tácito ([Nonaka, I. *et al.*, 1999], [Polanyi, M.,1984]),
 - o heurístico ([Gómez, A. *et al.*, 1997]),
 - o condicional ([Schunk, D., 1997],),
 - o comunitario ([Bryan-Kinns *et al.*, 1999]) y
 - o estratégico ([Poggioli, L., 1997], [Mayer, R., 1992]).
- conocimiento anecdótico: refiere a anécdotas, historias y relatos vinculados a un conocimiento ([Paradela, L., 2001]).

Es de destacar que, estrictamente, más que “clasificación del conocimiento” -en el entendido de que podría no haber exclusión total- podría denominarse esta lista (descriptivo, procedimental, heurístico, anecdótico) como “tipos de conocimiento” o “características de conocimiento”.

2.8 Resumen

En primera instancia, se ofrecieron consideraciones acerca del pasado, presente y futuro de los entornos de aprendizaje. Se presentaron aspectos generales sobre los entornos y se detalló acerca de la enseñanza asistida por computadora. También se incluyeron las características de los sistemas de tutoría. Para esta tesis, los sistemas inteligentes de tutoría se considerarán como un punto “cerrado” y no se profundizará en su análisis.

Se brindó una definición de entorno con miras al futuro, o sea, que incluya las características deseables de un entorno tal que le permitan a un estudiante aprender en forma autodidacta y que le fomente su pensamiento crítico, entre otras propiedades. Se trata de que el proceso de aprender le cree la necesidad de seguir aprendiendo, que se promuevan actitudes y estrategias ajustadas a las demandas de la Sociedad del Conocimiento y que se acorten las distancias entre los modos de enseñar y los medios de aprendizaje.

Se presentó un detalle de criterios o pautas iniciales para la construcción de entornos de aprendizaje, que incluyen, entre otros, aspectos tales como que favorezca o apunte a todos los niveles del dominio cognitivo de Bloom ([Bloom, B., 1956], [Alvarez, R., 2000]), que sea adaptativo ([Carro, R., 2001]), que permita acceder a un amplio rango de recursos de aprendizaje ([Salinas, J., 1997]), en diferentes medios ([Rose, D. *et al.*, 2001]), que presente múltiples representaciones ([Hiltz, S., 1995]), que el material se oriente a un aprendizaje activo ([Guinea, J., 2001]) y también que le permita al estudiante completar tareas ([Morgan, J., 2001]) y realizar actividades ([Guinea, J., 2001]).

Como rasgos destacados además tenerse en cuenta los diferentes estilos de aprendizaje ([Felder, R. *et al.*, 1988], [Castaño, C. *et al.*, 1997]), debe mantenerse el contexto ([Scott, N., 1996]) y favorecer el trabajo autónomo e independiente ([Cabrero, J., 2001]). Asimismo, el entorno debe ser extensible y actualizable ([Trikić, A., 2001], [López, A., 2000]). Estos aspectos serán tenidos en cuenta al momento de diseñar un modelo de entornos de aprendizaje.

Las características generales de los entornos pueden catalogarse según diferentes criterios, como por ejemplo, grado de adaptación ([Scott, N., 1996]), tipo de contenido y la forma en que se usará ([Marqués, P., 1998]), los objetivos educativos y los componentes ([Gros, B., 1997]). Se ofrecieron algunos criterios más, como la ubicación, la categoría, la magnitud, la calidad del contenido, la gestión del conocimiento, el grado de personalización y el volumen de información brindada.

Posteriormente se presentó un relevamiento de diferentes entornos y modelos de entornos. Se incluyó un análisis de las principales carencias y oportunidades de mejora de los mismos. Entre otros, se analizó el estándar de IEEE 1484 [IEEE P1484.1/D9, 2001], entornos basados en Hypermedia ([Liaw, S., 2001], [Yildirim, Z. *et al.*, 2001]), ID Expert [Merrill, M. *et al.*, 1998], Aula Virtual [Azpiazu, J. *et al.*, 2002] y COSE [Stiles, M., 2000]. Excepto el aula virtual de Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2002] ninguno de los entornos analizados gestiona explícitamente el conocimiento.

De todas las búsquedas bibliográficas realizadas, así como búsquedas en Internet, se destaca la ausencia de información respecto a las ventajas reales del uso de entornos de aprendizaje determinados. A excepción de los ejemplos citados, como Yildirim y colegas [Yildirim, Z. *et al.*, 2001], se constata una escasez de análisis y resultados concretos, más aún de detalles de la experimentación que podrían permitir validar y, o, replicar los experimentos.

En relación a las técnicas de gestión del conocimiento (GC), se presentaron diferentes herramientas como las memorias institucionales, el análisis FADO y variados tipos de mapas y redes ([Paradela, L., 2001], [Euzenat, J., 1996], [Van Heijst, G. *et al.*, 1996], [Probst, G. *et al.*, 2001]). Se incluyeron ejemplos de aplicación de GC en las empresas y errores frecuentes al desarrollar ese tipo proyectos con la finalidad de, extrapolando, evitar estos errores en procesos similares de desarrollo de entornos ([Ambrosio, J., 2000], [Charles, S., 2002], [Davenport, T., 1997]).

Se estableció un paralelismo entre la GC y los entornos de aprendizaje, pues coinciden en su finalidad (otorgar lo que necesite a quien lo necesite en el momento, lugar y forma apropiada) y también respecto a las etapas por las que pasa un trabajador respecto a la GC, en las que se puede hacer una analogía con el uso de un entorno por parte de un estudiante.

Se presentaron varias definiciones de ontologías, tipos, criterios de diseño, metodologías para su construcción y componentes ([Gruber, T., 1993], [Neches, R. *et al.*, 1991], [Sowa, J., 2001]). No se encontró, al momento de escribir estas líneas, el uso de ontologías para la definición de conocimientos, y en particular aplicado a un modelo de entorno de aprendizaje, excepto la de Rodríguez-Artacho [Rodríguez-Artacho, M., 2000], aunque su trabajo se centra más en la formulación de una ontología para modelar los dominios conceptual, didáctico e instruccional.

Se relevaron diferentes propuestas de representación del conocimiento (marcos, relaciones, etc.) ([Gómez, A. *et al.*, 1997]) y de clasificación del conocimiento. Como aporte, se presentó una propuesta de clasificación del conocimiento que integra los diferentes tipos y clasificaciones presentadas. Esta clasificación podrá ser utilizada en la formulación de una ontología del conocimiento.

3 Planteamiento del problema

La formulación de un problema es más importante que su solución.

Albert Einstein

3.1 Introducción

De acuerdo a lo presentado en los capítulos previos, se detectan problemas o carencias en la enseñanza universitaria. Según se describió en las Propuestas para la Universidad, se sugiere buscar métodos y estrategias que faciliten el aprendizaje para los tiempos actuales y futuros, que atiendan a las características de autodidactismo y eficiencia, que permitan adquirir metodología y que desarrollen el espíritu de iniciativa, entre otros aspectos.

El enfoque a presentar está basado en la inmersión del alumno en el mar de aprendizaje, donde están los conocimientos, integrando dichos conocimientos para permitir el pensamiento en forma sistémica, según la terminología de Senge [Senge, P., 1992]. El objetivo es presentarle al alumno los elementos necesarios tal que sea capaz de adquirirlos por sí mismo, gestionando explícitamente el conocimiento. Se propone formular un modelo o marco para un entorno de aprendizaje centrado en la gestión informática del conocimiento, capaz de reconocer la habilidad cognitiva y preferencias de aprendizaje del estudiante, que favorezca el trabajo independiente y autónomo, y brinde enfoques no secuenciales que fomenten la libre asociación de ideas, de acuerdo a la definición de entorno de aprendizaje presentada. Se trata de incorporar elementos de gestión del conocimiento y solucionar las dificultades de los entornos analizados, como la sobrecarga de información y la falta de centro en el estudiante.

3.2 Acerca de los problemas

Newell y colegas [Newell, A. *et al.*, 1972] definen que una persona está enfrentada a un problema cuando ella desea algo y no sabe inmediatamente cuál serie de acciones debe realizar para obtener lo deseado. Para Bransford y colegas [Bransford, J. *et al.*, 1993], un problema existe cuando hay una discrepancia entre el estado inicial y la meta y no hay una solución hecha para el que resuelve el problema. Podría representarse con la siguiente ilustración (Ilustración 3-1 Problema) de los mismos autores:

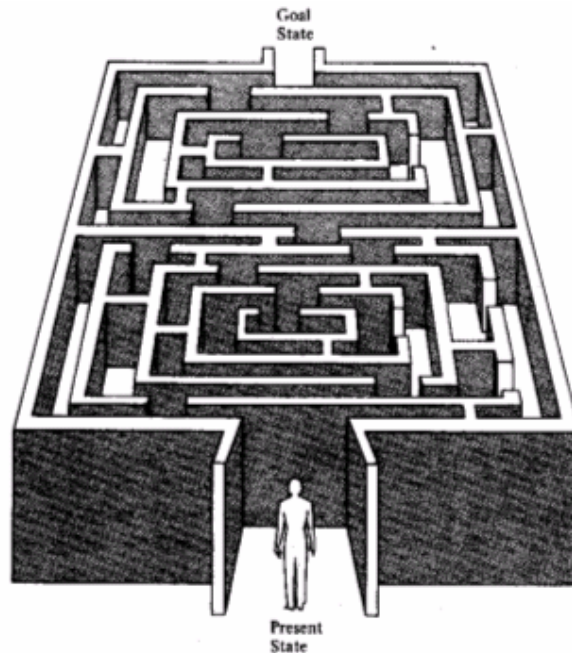


Ilustración 3-1 Problema

Como se indicó, un problema es una situación en la que un individuo, o grupo de individuos, quiere algo y no conoce inmediatamente qué acción, o series de acciones, hay que tomar para lograr lo que se desea. Tener la idea completa de qué es realmente un problema es equivalente a especificar de qué está compuesto y bajo qué condiciones existe, refieren Ares y Pazos [Andrade, J., 2002].

Un problema, según Deutsch [Deutsch, D., 1997] se presenta “cuando alguna de nuestra teorías, especialmente por las explicaciones que proporciona, parece inadecuada y necesitada de mejora”. Otra definición brinda Noone [Noone, D., 1996]: un problema es una situación que una persona juzga como mala o en el mejor de los casos, que requiere una rectificación. Puede experimentarse de diversas maneras, pero se lo considera una insuficiencia, un déficit, una carencia, una falta de armonía, un enigma, un inconveniente, una incomodidad o una forma de dolor. Un problema implica lo que resulta deseable para lograr la armonía, el consuelo, el conocimiento, la certeza, el objetivo o resultado pretendido. Según Chi y Glaser [Poggioli, L., 1997], es una situación en la cual un individuo actúa con el propósito de alcanzar una meta utilizando para ello alguna estrategia en particular.

Poggioli [Poggioli, L., 1997] refiere que los problemas tienen 4 componentes: metas, datos, restricciones y métodos. Las metas constituyen lo que se desea lograr en una situación determinada; puede haber una o más metas, que pueden estar bien o mal definidas. Los datos consisten en la información numérica o verbal disponible con que cuenta el aprendiz para comenzar a analizar la situación problema; también pueden estar bien o mal definidos así como estar explícitos o implícitos. Las restricciones son los factores que limitan la vía para llegar a la solución y pueden estar bien o mal definidos, explícita o implícitamente. Los métodos son los procedimientos utilizados para resolver el problema.

Para Bransford y colegas [Bransford, J. *et al.*, 1993] los problemas pueden ser rutinarios o no rutinarios. Un problema rutinario es aquel que es familiar a un individuo porque es similar a uno que resolvió antes. En cambio, el no rutinario es nuevo y requiere nuevos pensamientos. Cualquier problema puede ser relativamente rutinario para uno y no rutinario para otro.

Según Pazos [Pazos, J., 2002a] hay varias dimensiones categoriales de problemas:

- 1) Descripción, estructura y, o, formulación:
mal o vagamente definidos, semiprecisamente formulados o definidos, precisa pero implícitamente formulados o definidos, bien o precisa y explícitamente formulados;
- 2) Familiaridad:
rutinarios, insólitos o no rutinarios;
- 3) Contrincante:
contra la naturaleza (de ordenación, como las Torres de Hanoi, de ordenación: criptoaritmética, inducción, deducción, divergentes), competitivos contra otro contrincante (suma nula o suma no nula);
- 4) Complejidad:
irresolubles, inherentemente exponenciales, polinomiales;
- 5) Grado o nivel de dificultad de su solución:
elementales, difíciles, alto o muy difíciles;
- 6) Tratables o no tratables;
- 7) Filosófica:
estáticos: leibnizianos o de formulación analítica, lockeanos o de indagación o consenso; dinámicos: kantianos o moderadamente estructurados, hegelianos o vagamente formulados o definidos y
- 8) Reversibilidad:
reversibles, semirreversibles o irreversibles.

Descartes [Descartes, R., 1964], como método para llegar al conocimiento, aplicable a la resolución de problemas, expresa:

- Regla de la Evidencia: “No aceptar nunca como verdadero lo que con toda evidencia no reconociese como tal, vale decir, que evitaría cuidadosamente la precipitación y la prevención”;
- Regla del Análisis: “Dividir cada una de las dificultades que hallara a mi paso en tantas partes como fuere posible y necesario para su mejor solución”;
- Regla de la Síntesis: “Ordenar los conocimientos, empezando por los más sencillos y fáciles, para elevarme poco a poco y como por grados hasta los más complejos, estableciendo también cierto orden en los que naturalmente no lo tienen.” y
- Regla de la Prueba: “Hacer siempre enumeraciones tan completas y revistas tan generales, que se pueda tener la seguridad de no haber omitido nada”.

Para Kipling [Kipling, R., 1952], los 6 honestos servidores del hombre son: qué, por qué, cuándo, cómo, dónde y quién:

*I keep six honest serving-men
(They taught me all I knew);
Their names are What and Why and When
And How and Where and Who.
I send them over land and sea,
I send them east and west;
But after they have worked for me,
I give them all a rest.*

Polya [Polya, G., 1988], siguiendo a Kipling aunque sin citarlo, señala que los cinco mejores amigos son: qué, por qué, dónde, cuándo y cómo. Su modelo provee un marco conceptual para resolver problemas matemáticos. Los pasos son:

- 1) Comprender el problema.
- 2) Desarrollar un plan. Expresar la relación entre los datos y lo desconocido.

- 3) Llevar a cabo el plan. Al llevar adelante este plan, chequear cada paso.
- 4) Revisar. Examinar la solución obtenida, preguntarse si la respuesta tiene sentido.

Citando a Dijkstra, Poggioli [Poggioli, L., 1997] define la resolución de problemas como un proceso cognitivo complejo que involucra conocimiento almacenado en la memoria a corto y a largo plazo.

Polanyi [Polanyi, M., 1984] señala las cuatro fases del descubrimiento matemático: preparación, incubación, iluminación y verificación. Puede interpretarse este orden como una estrategia de resolución de problemas.

El programa IDEAL para resolver problemas, presentado por Bransford y colegas [Bransford, J. *et al.*, 1993], se basa en cinco fases:

- I**= Identificar el problema.
- D**= Definir y presentar.
- E**= Explorar distintas estrategias.
- A**= Actuar de acuerdo con las estrategias.
- L**= Logros, observación y evaluación.

Por su parte, Borrajo y colegas [Borrajo, D. *et al.*, 1993] presentan un proceso para resolver problemas:

- 1) realizar un proceso inicial llamado traducción de la entrada que produce una representación interna del entorno externo;
- 2) elegir un método particular para resolverlo;
- 3) aplicar el método;
- 4) cuando finaliza un método sin solución se presentan 3 alternativas
 - a) intentar otro método,
 - b) seleccionar una nueva representación y volver a formular el problema o
 - c) abandonar el intento de solución;
- 5) durante la ejecución de las acciones para encontrar una solución, un método puede dar lugar a nuevos problemas. Las alternativas son:
 - a) elegir uno para intentar resolverla
 - b) dejar de lado las submetas continuando por otra rama del método original;
- 6) aprovechar el influjo de la nueva información procedente del entorno externo conseguido.

Marinoff [Marinoff, L., 2000] ofrece el método PEACE de resolución de problemas:

- P**roblema,
- E**moción,
- A**nálisis,
- C**ontemplación y
- E**quilibrio

Las dos primeras etapas enmarcan el asunto. Las dos siguientes estudian el problema de manera progresiva y suele resultar ventajoso contar con un interlocutor o un guía para explorar nuevos territorios. En forma detallada, en la primera etapa se debe identificar el problema. En la segunda se debe hacer acopio de las emociones que provocan el problema. En la tercera etapa es necesario enumerar y examinar las opciones de que se dispone para resolver el problema. La solución ideal sería la que normalizara tanto los aspectos externos (el problema) como los internos (las emociones que ha despertado el problema). Como cuarta etapa indica dar un paso atrás, ganar cierta perspectiva y contemplar la situación en conjunto. En lugar de detenerse en un árbol, estudiar el

contorno del bosque. Finalmente, luego de enunciar el problema, expresar sus emociones, analizar sus opciones y contemplar, la quinta etapa es alcanzar el equilibrio.

Deutsch [Deutsch, D., 1997] presenta un esquema de resolución de problemas, que consta de las fases:

- 1) Problema;
- 2) Soluciones conjeturadas;
- 3) Críticas, experimentos;
- 4) Sustitución de las teorías erróneas y
- 5) Nuevo(s) problema(s).

Wallas, referido por Poggioli [Poggioli, L., 1997], indica que las etapas para resolver un problema son:

- 1) preparación, fase en la cual se analiza el problema, se intenta definirlo en forma clara y recoge hechos e información relevante al problema;
- 2) incubación, fase en la que el solucionador analiza el problema de manera inconsciente;
- 3) inspiración, fase en la cual la solución surge de manera inesperada y
- 4) verificación, fase que involucra la revisión de la solución.

Para Ackoff [Ackoff, R., 1993] hay cuatro maneras distintas y de diferente efectividad de tratar los problemas: absolución, resolución, solución y disolución. La absolución consiste en ignorar el problema y esperar que pase o se resuelva solo. La resolución consiste en hacer algo que produce un resultado que se considera suficientemente bueno. Las resoluciones se apoyan mucho en la experiencia, en el método de ensayo y error, el juicio cualitativo y el sentido común. La solución consiste en hacer algo que produce lo que corrientemente se considera el mejor resultado posible. La disolución consiste en rediseñar la entidad que tiene el problema o su entorno, a fin de idealizar: eliminar el problema y permitir que esa entidad se desempeñe en el futuro mejor de lo que puede hacerlo actualmente.

Pazos [Pazos, J., 2000] presenta un esquema de solución de problemas, donde no importa el grado de facilidad y de dificultad del problema. Se ofrece el mismo en la siguiente ilustración (Ilustración 3-2 Esquema de Solución de Problemas).

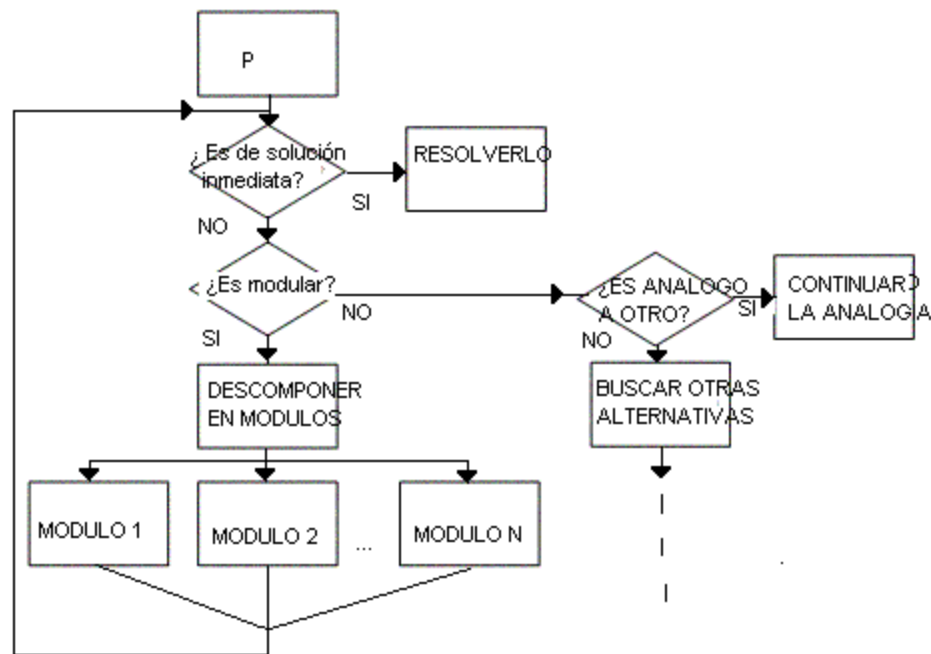


Ilustración 3-2 Esquema de Solución de Problemas

Andre [Andre, T., 1986] señala que para resolver un problema, o sea, las actividades mentales y de comportamiento que están involucradas en el manejo de problemas, hay que seguir las etapas:

- 1) darse cuenta del problema, detectar que existe una discrepancia entre lo que se desea y lo que se tiene,
- 2) especificación del problema, se trabaja con una descripción más precisa del problema,
- 3) análisis del problema, se analizan las partes del problema y se aísla la información relevante,
- 4) generación de la solución, se consideran varias alternativas,
- 5) revisión de la solución, se evalúan las posibles soluciones,
- 6) selección de la solución e implementación y
- 7) nueva revisión de la solución, de ser necesario.

3.3 El problema

Los conceptos presentados sobre los problemas se aplican a varias áreas. Una de ellas es “el problema de la enseñanza universitaria”, o sea, la falta de calidad, la desilusión ante el aula tradicional ([Pazos, J., 2001]) y la continuación de la enseñanza de lo mismo que se aprendió ([Spender, D., 1998]), entre otros aspectos ya referidos previamente. Existe un problema y se tratará de tratar de colaborar en su solución, en los términos de Ackoff [Ackoff, R., 1993]. Otra área sería la propia tesis, que incluiría un “meta-problema”: el problema de definir el problema.

En particular, dentro de la enseñanza universitaria, se consideró el uso de entornos. La sobrecarga de información y la falta de gestión del conocimiento propiamente dicha son algunos de los aspectos analizados que constituyen un problema. Este se podría enunciar de la siguiente manera:

Se trata de definir las características necesarias para modelar un entorno de aprendizaje que, contemplando los requerimientos de adaptabilidad, contexto y

flexibilidad, permita a un estudiante satisfacer los requerimientos de conocimiento de una determinada área temática a través de la gestión explícita del conocimiento.

Para la formulación del problema, como metaproblema, se utilizó los 6 honestos servidores del hombre de Kipling [Kipling, R., 1952], como se presenta en la siguiente tabla (Tabla 3-1 Aplicación de los 6 servidores del hombre):


	
¿Qué?	Diseñar un modelo de entornos de aprendizaje.
¿Por qué?	Se trata de colaborar en la solución de algunos de los problemas citados de la enseñanza, más específicamente de los entornos de aprendizaje presentados en capítulos anteriores.
¿Cuándo?	Lo antes posible.
¿Cómo?	A través de la formulación de un marco para el diseño de entornos de aprendizaje basados en la gestión del conocimiento se presentará un modelo.
¿Dónde?	La implementación del modelo estará disponible en los salones de clase, pero se estima no habría significativas diferencias si se utilizara a distancia.
¿Quién?	La implementación la usarán los estudiantes universitarios y los docentes.

Tabla 3-1 Aplicación de los 6 servidores del hombre

También se siguen las reglas cartesianas [Descartes, R., 1964]: analizar las dificultades, ordenar los conocimientos, tratar de chequear no haber omitido nada y evitar la precipitación.

4 Solución Propuesta

Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo.

Albert Einstein

¿Podemos permitirnos el lujo de jugar sobre seguro?

Charles Chaplin
Historia de mi vida

4.1 Consideraciones iniciales

La propuesta es brindar un modelo de entorno de aprendizaje para gestionar el conocimiento –o desconocimiento– que permita al alumno acceder a los distintos tipos de conocimiento para, a partir de allí, aprender. O sea, permitir “rellenar” la laguna del conocimiento resultante de la diferencia entre los conocimientos requeridos y los conocimientos que dispone el propio alumno. Al decir de Nietzsche [Nietzsche, F., 1969], se tratará de “abrir el apetito en vez de saciarlo”.

Dicho modelo contendrá además una memoria institucional donde se registrarán, entre otras cosas, las mejores prácticas, las preguntas frecuentes y las preguntas no frecuentes con sus respectivas respuestas. También contendrá “páginas amarillas”, que servirán como posibles referencias en consultas.

Se tratará de que el modelo sea aplicable a cualquier dominio de conocimiento de contenido intelectual, que los contenidos puedan evolucionar, que contenga estrategias de enseñanza genéricas, que se adapten en función del comportamiento del estudiante y que fomente los diferentes tipos de aprendizaje así como el reconocimiento de analogías y contradicciones según Litwin [Camilloni, A. *et al.*, 1996]. O sea, que brinde nuevas metodologías para pensar y actuar ([Najmanovich, D., 2000]), que incluya nuevas competencias ([Tomás, M. *et al.*, 1999]), metacognición ([Azpiazu, J. *et al.*, 2002]) así como que promueva el pensamiento crítico ([Benedito, V. *et al.*, 1995]).

4.2 Presentación del modelo propuesto

4.2.1 Funcionamiento esperado del entorno

Con el objetivo de brindar una rápida descripción de cómo funcionaría el entorno que se propone, se ofrece a continuación un relato ejemplificando un posible uso por parte de un estudiante, en forma algo similar a un **caso de uso**, según la terminología de Ivar Jacobson [Jacobson, I., 1992]. Posteriormente, se presentará el modelo formal, en el cual se describirá y fundamentará cada uno de los elementos utilizados en el entorno.

Se describirá el uso del entorno simplificado considerando la materia Programación I, que trata de conceptos básicos de programación orientada a objetos, utilizando como lenguaje de programación Java. El estudiante (“actor”), quien previamente es capacitado en gestión del conocimiento y resolución de problemas, se registrará en el sistema y le aparecerá la lista de los temas disponibles

(en este ejemplo simplificado): *Clases, Relaciones, Colecciones*. El estudiante, sabiendo que desconoce el tema Clases, elige este punto de la lista. A continuación le aparecerá la lista de los tipos de conocimiento disponibles sobre el tema, en este caso *Conocimiento descriptivo* (básicamente descripción o definición del concepto Clase) y *Conocimiento procedimental* (describe el procedimiento para construir una clase). Ante la selección de *descriptivo*, aparecerá la definición del concepto Clase, permitiendo también ver definiciones alternativas desde otras perspectivas. Se le ofrecerá a continuación la lista de tipos de conocimiento disponibles relacionados al concepto presentado, en el caso planteado podría ser *anecdótico* (que ofrece una historia del concepto de Clase), *procedimental* (cómo implementar una clase en Java), *ampliativos* (temas recomendados para continuar), *aplicativos* o de *monitoreo* (ejemplos y ejercicios sobre el concepto), etc.

En otras palabras, partiendo del reconocimiento, por parte del alumno, de una carencia de conocimiento en cierto tema (o aún desde la percepción del propio sistema de dicha carencia), se le ofrecerá el conocimiento disponible en el entorno sobre el tema desde la perspectiva de los diferentes tipos de conocimiento, dejando principalmente en el alumno la propia gestión del desconocimiento, con la finalidad de fomentar el autodidactismo y favorecer su trabajo autónomo e independiente. Además, el alumno dispondrá del apoyo de una memoria institucional, a la que podrá recurrir en busca de respuestas a preguntas frecuentes, enterarse de las mejores prácticas y de las lecciones aprendidas, así como incluir nuevos elementos, permitiendo la integración de sus habilidades individuales al grupo u organización. Permanentemente, a través de un sistema de tutoría inteligente, se podrá hacer un seguimiento de las acciones del alumno, lo que permitirá ofrecerle sugerencias sobre las alternativas más adecuadas de acuerdo a sus preferencias mostradas durante el uso del entorno así como recomendaciones variadas.

A su vez, el docente dispondrá de herramientas que le permitan la carga del dominio del conocimiento en el módulo de gestión del conocimiento, que incluye, como se verá, la memoria institucional entre otros componentes. Tendrá que completar una “ficha” o registro por cada concepto o procedimiento con los tipos de conocimiento. Así pondría que la definición del concepto de “Objeto” es conocimiento descriptivo y su valor es “un objeto es una instancia de una clase”. Además, como conocimiento procedimental asociado a ese mismo concepto podría estar la forma de crear un objeto en Java.

4.2.2 Requisitos

4.2.2.1 Del alumno

Con la finalidad de facilitar el acceso y el uso provechoso del entorno de aprendizaje, así como fomentar una cultura del conocimiento según los términos de Charles ([Charles, S., 2002]), previamente hay que capacitar al estudiante brindándole estrategias de resolución de problemas y metacognición acerca del propio conocimiento.

La forma de brindar este conocimiento podría ser, por ejemplo, a través de clases magistrales o entrega de notas. La meta es que el estudiante tome conciencia de las formas del conocimiento y cómo gestionarlo. Para brindar esta capacitación, se elaboró un material que resume los principales conceptos e ideas a manejar. Dicho material se ofrece en los Apéndices.

4.2.2.2 Del profesor

El conocimiento sobre la materia que estará en el entorno será provisto por el profesor y, o, experto del dominio. Será necesario capacitar al profesor en identificar los tipos de conocimiento, con la intención de estructurar esos conocimientos adecuadamente.

4.2.3 Arquitectura del modelo: descripción general de componentes

El modelo constará de:

- Entidad estudiante: representa al estudiante (aprendiz o grupo de aprendices). Mantiene la información del estudiante, su cuaderno de bitácora de trabajo y sus preferencias de aprendizaje;
- Entidad profesor: representa y mantiene la información del docente, incluyendo su propia visión de los conocimientos a presentar;
- Módulo de Gestión del Conocimiento: contiene el repositorio de conocimiento, por ejemplo: la memoria institucional con las mejores prácticas, las lecciones aprendidas, las preguntas frecuentes y no frecuentes y las páginas amarillas;
- Proceso supervisor: que realiza la tutoría inteligente.

En forma esquemática se presenta el modelo en la Ilustración 4-1 Arquitectura del Modelo:

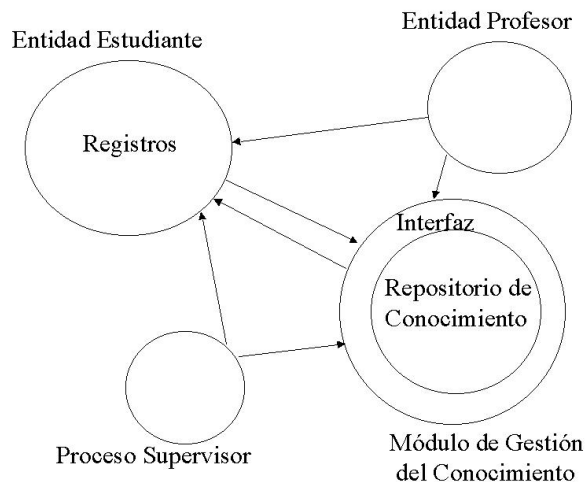


Ilustración 4-1 Arquitectura del Modelo

Más adelante se detallarán los componentes.

4.2.4 Aportes del modelo

En relación al modelo propuesto por el estándar [IEEE P1484.1/D9, 2001], las diferencias o aportes fundamentales son:

- aparece la relación directa entre la entidad aprendiz (*learner entity*) y los recursos de aprendizaje (*learning resources*), pues el estudiante tiene acceso directamente a ellos, gestionando su conocimiento y, o, desconocimiento;
- se minimiza el rol del técnico o entrenador (*coach*): se utiliza solamente de apoyo, es más, podría desaparecer dependiendo el nivel de tutoría inteligente que se quiera ofrecer. A mayor nivel de tutoría, mayor función del técnico;

- 3) se define una estructura para los recursos de aprendizaje (en el repositorio de conocimiento), centrándolos en los tipos de conocimiento a partir, como se verá, de una ontología. El módulo de gestión del conocimiento contendrá, entre otros elementos, la memoria institucional que será utilizada y mantenida tanto por estudiantes como docentes;
- 4) se incorpora la entidad profesor;
- 5) la evaluación está contenida en el propio módulo de gestión del conocimiento;
- 6) el estudiante tiene acceso directo a sus registros; y
- 7) se incluye la evaluación del propio repositorio de conocimiento por parte del estudiante.

En resumen, de las diferencias citadas, podrían resaltarse como puntos fundamentales la definición de la estructura de los recursos de aprendizaje (según la terminología de la norma de IEEE referida), el módulo de gestión del conocimiento y la incorporación de la entidad profesor.

Si se compara con el modelo de Gil [Gil, J, 2002] no se fija un orden preestablecido y se observa que se incorpora todo el módulo de gestión del conocimiento, aspecto no detallado en su propuesta. Se sigue las recomendaciones de Guinea [Guinea, J., 2001] en cuanto es aprendizaje activo; le permite al alumno acceder a amplios recursos de aprendizaje y la toma de decisiones está en el alumno ([Salinas, J., 1997]) y los contenidos se seleccionarán a partir de las indicaciones y preferencias del estudiante, en forma dinámica ([Carro, R., 2001]). Se tiene en cuenta los estilos de aprendizaje, pues el material se presentará en diferentes formas y medios, permitiéndose el acceso al mismo según las preferencias del propio alumno ([Felder, R. *et al.*, 1988]). Los contenidos del entorno son extensibles y actualizables ([Trikic, A., 2001], [López, A., 2000]).

Respecto a los criterios de clasificación de entornos, esta arquitectura se aplicaría prácticamente a cualquier área de conocimiento, de contenido intelectual y donde las destrezas de resolución de problemas tienen un lugar importante. Utilizando los criterios de Marqués [Marqués, P., 1998], esta arquitectura permitirá desarrollar entornos que se pueden catalogar como de bases de datos abiertas, que integra múltiples medios (pues cada tipo de conocimiento estará representado en la forma deseada), con inteligencia (pues dispone de un proceso supervisor), orientado a todos los objetivos educativos (conceptuales, procedimentales, actitudinales) y a todas las actividades cognitivas (como análisis, síntesis, cálculo, etc). Es independiente del tiempo y de estudio independiente ([Pohjonen, J., 1997]) y propicia los recursos ([Almeida, S. *et al.*, 1997]).

Asimismo, permite, según los criterios de Yildirim y colegas [Yildirim, Z. *et al.*, 2001] los diversos tipos de conocimiento. Incluye y amplía los componentes del aula virtual de Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2002], pues se definirán por completo los elementos y se incorporan otros no presentes en su propuesta (por ejemplo, páginas amarillas). También permite que el estudiante controle su proceso de aprendizaje, aspecto destacado por Follows ([Follows, S., 1999]). Se evita la sobrecarga de información criticada por Liaw ([Liaw, S., 2001]), pues aquí es el propio estudiante quien guía el proceso, paso a paso.

El modelo podría considerarse como orientado a construir entornos constructivistas según las características citadas por Liaw [Liaw, S., 2001] y Leidner y colegas [Leidner, D. *et al.*, 1995], pues fundamentalmente provee varias representaciones de la realidad y enfatiza la construcción de conocimiento, en particular a través de la gestión del conocimiento.

4.2.5 Marco conceptual del modelo

Para el diseño del modelo presentado, se propone definir una ontología para analizar el dominio del conocimiento, profesor y estudiante y hacer explícitas las suposiciones. Más adelante se presentarán detallados los componentes del modelo.

Como indican Schreiber y colegas [Schreiber, A. *et al.*, 1998], al construir un modelo de conocimiento en general debe:

- 1) identificarse el conocimiento,
- 2) especificarse el conocimiento y
- 3) refinar el conocimiento.

Como sugieren Noy y colegas [Noy, N. *et al.*, 2000], es valioso revisar las ontologías existentes con la intención de hacer reuso de ellas. Realizada la búsqueda (entre otros lugares, <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua>, www.daml.org/ontologies y www.unspsc.org), no se encontró al momento de escribir estas líneas una ontología que vincule o presente relacionados los conceptos de tipo de conocimiento, estudiante y profesor. Como metodología sugieren luego de enumerar los términos importantes, definir la jerarquía de clases, indicar las propiedades de las clases (atributos o “slots”), identificar las facetas de las propiedades (facets) y crear las instancias. Se siguieron estas recomendaciones debido a su simplicidad.

Se presenta la **ontología elaborada luego de relacionar, integrar y unificar las propuestas y conceptos** presentados en los capítulos previos. En forma resumida se presenta la ontología en la Ilustración 4-2 Jerarquía. Se ofrecen los términos básicos y sus relaciones, como sugieren Neches y colegas [Neches, R. *et al.*, 1991].¹

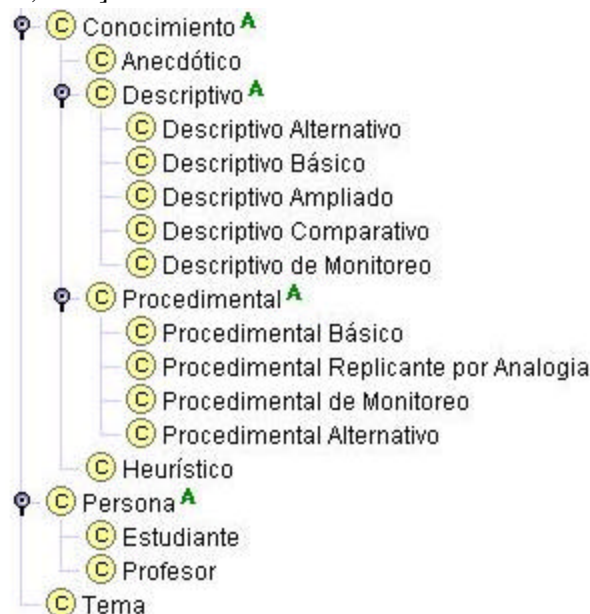


Ilustración 4-2 Jerarquía

Las relaciones entre las clases se representan en la Ilustración 43 Relaciones entre las clases, utilizando notación similar a UML (Unified Modeling Language) [Fowler, M., 1999] y posteriormente se describe cada clase. Otros formatos posibles son, por ejemplo, RDF (Resource Description Framework) [W3C, 2003], OIL (Ontology Inference Layer) [Bechhofer, S. *et al.*, 2000], DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language (DAML)) [DAML, 2001] y OWL (Web Ontology Language) [McGuinness, D. *et al.*, 2003].

¹ La herramienta utilizada para desarrollar la ontología es Protégé-2000, versión 1.6.2, <http://protege.stanford.edu>, que utiliza el formalismo de marcos.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Descripción</i>	Es la descripción del conocimiento en sí.	String		1:1
<i>Estrategias de aprendizaje</i>	El conocimiento está presentado orientado a ciertas estrategias de aprendizaje	Símbolo	Sensorial, Intuitivo, Activo, Reflexivo, Visual, Verbal, Secuencial, Global ¹	0:*
<i>Importancia</i>	Importancia del conocimiento	Símbolo	Fundamental, Accesorio	1:1
<i>Medio</i>	Medio con el cual se presenta el conocimiento	Símbolo	Texto, Video, Sonido, Multimedia	1:1
<i>Nivel Requerido</i>	Nivel de competencia mínimo requerido	Símbolo	Básico, Medio, Avanzado	1:1
<i>Profesor responsable</i>	Profesor responsable de este conocimiento	Instancia	Profesor	1:*
<i>Tema</i>	Tema al que está vinculado el conocimiento	Instancia	Tema	0:*

4.2.5.2 Clase Conocimiento Anecdótico

Refiere a anécdotas, historias, relatos vinculados a un conocimiento.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Conocimiento Vinculado</i>	Refiere al conocimiento al cual está referido este conocimiento anecdótico	Instancia	Conocimiento	1:1

4.2.5.3 Clase Conocimiento Descriptivo

Es el conocimiento con el cual se describe una situación, un concepto o una idea.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Conocimientos Posteriores</i>	Vincula a los conocimientos sugeridos posteriores a este conocimiento	Instancia	Conocimiento	0:*

¹ Ejemplos de conocimiento para estrategia o estilo de aprendizaje *sensorial*: datos, hechos; *intuitivo*: concepto abstracto; *activo*: diseñar un experimento; *reflexivo*: modelar un problema; *visual*: gráfico, *verbal*: texto; *secuencial*: analizar información; *global*: sintetizar información [Felder, R. *et al.*, 1988]

<i>Conocimientos Requeridos</i>	Vincula a los conocimientos necesarios previos	Instancia	Conocimiento	0:*
<i>Formas de implementar</i>	Vincula a las formas de implementar este conocimiento descriptivo	Instancia	Conocimiento Procedimental	0:*
<i>Recomendaciones</i>	Vínculos al conocimiento heurístico disponible	Instancia	Conocimiento Heurístico	0:*

4.2.5.4 Clase Conocimiento Descriptivo Alternativo

Son los vínculos a otras versiones del mismo concepto, idea o situación.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Versiones</i>	Enlaza a las diferentes versiones	Instancia	Conocimiento Descriptivo	0:*

4.2.5.5 Clase Conocimiento Descriptivo Básico

Representa una primera forma de conocimiento descriptivo.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Conocimiento Ampliado</i>	Vínculo al conocimiento ampliado	Instancia	Conocimiento Descriptivo Ampliado	1:1

4.2.5.6 Clase Conocimiento Descriptivo Ampliado

Presenta un conocimiento descriptivo en forma amplia.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Conocimiento Descriptivo Resumido</i>	Vínculo al conocimiento descriptivo resumido	Instancia	Conocimiento Descriptivo Básico	1:1

4.2.5.7 Clase Conocimiento Descriptivo Comparativo

Describe un conocimiento en comparación con otros.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Lista de conocimientos vinculados</i>	Tiene los vínculos a los conocimientos descriptivos que compara	Instancia	Conocimiento Descriptivo Básico	0:*

4.2.5.8 Clase Conocimiento Descriptivo de “Monitoreo”

Es un ejercicio para “monitorear” la comprensión de un conocimiento descriptivo.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Conocimientos Descriptivos a monitorear</i>	Es la lista de conocimientos descriptivos que se desean monitorear	Instancia	Conocimiento Descriptivo	0:*

4.2.5.9 Clase Conocimiento Procedimental

Representa el conocimiento para llevar adelante una acción, procedimiento o proceso.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Fundamentos</i>	Vincula al conocimiento descriptivo que fundamenta este procedimiento	Instancia	Conocimiento Descriptivo	0:*

4.2.5.10 Clase Conocimiento Procedimental Básico

Representa el conocimiento procedimental fundamental.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Descripción del Proceso</i>	Descripción del procedimiento	String		1:1

4.2.5.11 Clase Conocimiento Procedimental Replicante por Analogía

Es un conocimiento que se puede obtener por replicación de otro, mediante analogía.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Conocimiento Análogo</i>	Vínculo al conocimiento procedimental al que es análogo	Instancia	Conocimiento Procedimental	1:1

4.2.5.12 Clase Conocimiento Procedimental de “Monitoreo”

Es un ejercicio para “monitorear” la comprensión o aplicación de un concepto, idea o procedimiento.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Procedimiento a Monitorear</i>	Vínculo al conocimiento procedimental que monitorea	Instancia	Conocimiento Procedimental	1:1

4.2.5.13 Clase Conocimiento Procedimental Alternativo

Es otra forma de realizar un procedimiento.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Forma básica del procedimiento</i>	Es el vínculo a la forma básica del procedimiento	Instancia	Conocimiento Procedimental Básico	1:1

4.2.5.14 Clase Conocimiento Heurístico

Representa las lecciones aprendidas, las buenas prácticas y las heurísticas en general.

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Autor</i>	Autor de este conocimiento	Instancia	Persona	0:1
<i>Fundamentos</i>	Vincula al conocimiento procedimental que sirve de apoyo al heurístico	Instancia	Conocimiento Procedimental	0:*
<i>Validaciones estudiantiles</i>	Son los vínculos a los estudiantes que validaron este conocimiento	Instancia	Estudiante	0:*
<i>Vigencia</i>	Indica si el conocimiento está vigente o caduco	Booleano		0:1

4.2.5.15 Clase Persona

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Nombre</i>	Nombre de la persona	String		1:1

4.2.5.16 Clase Estudiante

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Estrategias de Aprendizaje</i>	Estrategias de aprendizaje preferidas	Símbolo	Sensorial, Intuitivo, Activo, Reflexivo, Visual, Verbal, Secuencial, Global	0:*
<i>Temas de interés</i>	Temas por los cuales el estudiante está interesado	Instancia	Tema	0:*

4.2.5.17 Clase Profesor

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Editor</i>	Editor de conocimientos	Instancia	Conocimiento	0:*
<i>Especialidades</i>	Temas en los que es especialista el profesor	Instancia	Tema	1:*

4.2.5.18 Clase Tema

Nombre del atributo	Documentación	Tipo	Valores permitidos	Cardinalidad
<i>Nombre</i>	Descripción del tema	String		1:1

4.2.6 Descripción detallada de los componentes del modelo

4.2.6.1 Entidad estudiante

Esta entidad representa a un estudiante o grupo. Al ir interactuando en el entorno, a través de sus accesos al módulo de gestión del conocimiento, se va registrando un “portfolio” o “carpetas de trabajos”, en el cual se tiene un cuaderno de bitácora de lo realizado, así como sus preferencias de aprendizaje. Las preferencias se obtienen de los conocimientos accedidos, a través del atributo “Estrategias de aprendizaje”. También la entidad estudiante puede colaborar en la evaluación de los tipos de conocimiento, para recategorizarlos si hace falta e incorporar lecciones aprendidas.

Formalmente se guardarán los datos del estudiante y la historia de los pasos seguidos, registrándose fecha, hora y conocimientos accedidos. Esta información podrá ser utilizada para la tutoría inteligente.

4.2.6.2 Entidad profesor

La entidad profesor tendrá participación e interacción directa con el módulo de gestión del conocimiento, definiendo y reestructurándolo de acuerdo al uso del propio entorno por parte de los estudiantes. Al utilizar el entorno, los estudiantes podrán ir indicando sus preferencias (o podrían ser también registradas por el módulo supervisor o tutor inteligente), lo cual permitirá al profesor ajustar los contenidos del módulo de gestión del conocimiento.

4.2.6.3 Módulo de Gestión del conocimiento

Este módulo contará con el repositorio de conocimiento así como una interfaz que permita fácilmente “navegar” en él. El repositorio tendrá la memoria institucional, formada por las lecciones aprendidas, las mejores prácticas y las consultas, que incluyen las preguntas frecuentes y no frecuentes con sus respuestas y las consultas específicas (para discutir con el docente o en grupos), las páginas amarillas y los propios conocimientos en general. Cada elemento tendrá descriptores, como por ejemplo su tipo (o tipos) de conocimiento para permitir las búsquedas.

El sistema de lecciones aprendidas y mejores prácticas contendrá las experiencias de los alumnos y docentes. El sistema de consultas, que incluye las preguntas frecuentes y no frecuentes contará con catalogadores automáticos, como sugieren Azpiazu y colegas [Azpiazu, J. *et al.*, 2002], que

permiten recatalogar automáticamente, por ejemplo, una pregunta no frecuente como frecuente en función de la cantidad de consultas realizadas. Esto asegura que la memoria institucional se actualice. En el sistema de lecciones aprendidas, así como el de mejores prácticas se permitirá además, como sugieren Van Heijst y colegas [Van Heijst, G. *et al.*, 1996], búsquedas por atributo y, o, por contenido.

A efectos de mostrar en forma muy esquemática los componentes (pregunta frecuente, lección aprendida, página amarilla, etc.) se presenta un esquema del módulo en la Ilustración 4-4 Módulo de Gestión del Conocimiento, donde se muestran dichos componentes “conviviendo” en un mismo espacio, con puntos de contacto múltiples y con la misma forma, pues son todos conocimientos.

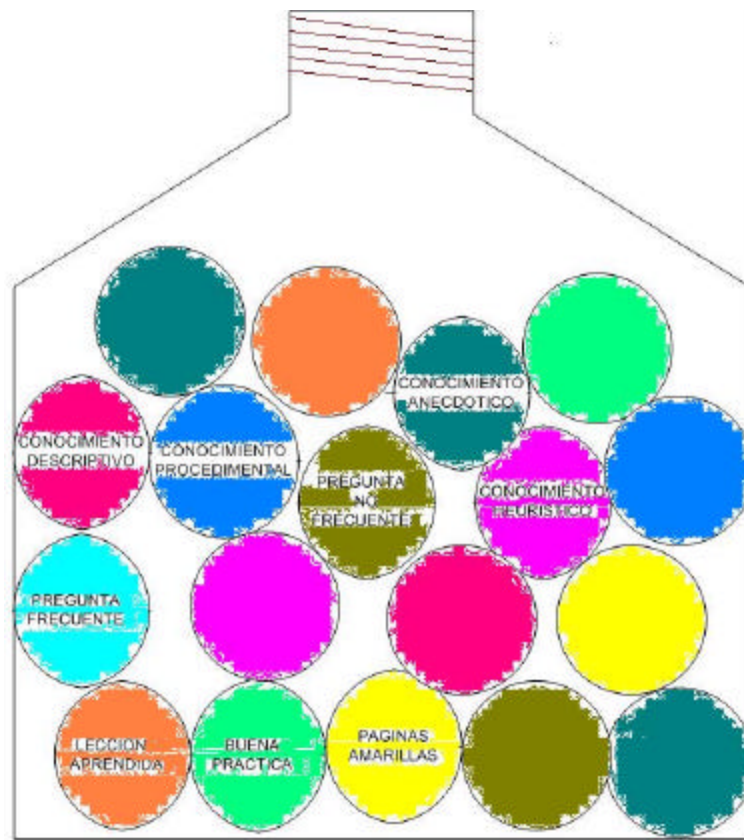


Ilustración 4-4 Módulo de Gestión del Conocimiento

El formato de cada componente es:

Descriptor	Conocimiento	Contador
------------	--------------	----------

- El *descriptor* será uno de los valores: pregunta frecuente, pregunta no frecuente, lección aprendida, buena práctica, página amarilla, conocimiento heurístico, conocimiento anecdótico, conocimiento descriptivo, conocimiento procedimental.
- El *conocimiento* refiere a un objeto de la clase Conocimiento descrita en la ontología. El propio objeto Conocimiento ya tiene los vínculos a los otros tipos de conocimiento, en función de la subclase a la que pertenezca.
- El *contador* contendrá el número de accesos al mismo, siendo incrementado en uno cada vez que se lo accede. Con este valor se podrá reclasificar por ejemplo una pregunta no frecuente en

una frecuente o establecer cuáles son los conocimientos más consultados. Por ejemplo, al comienzo de un nuevo curso, podría efectuarse esa reclasificación.

También podría incluirse en cada componente una lista de evaluaciones sobre la utilidad del conocimiento. Así, luego de acceder a un cierto conocimiento, podría ingresarse la evaluación del mismo, por ejemplo “muy útil”, “no útil”, etc. Este campo permitirá otra forma de reclasificar los conocimientos. Cobos [Cobos, 2003] refiere que un mecanismo de cristalización del conocimiento se basa en el grado de aceptación. Se tiene en cuenta las medidas de grado de aceptación explícita (a través de opiniones) e implícita (calculada en base a los accesos).

En el repositorio del conocimiento estará almacenado todo el conocimiento que inicialmente el profesor considere necesario. Posteriormente, los propios usuarios del sistema podrán agregar conocimientos.

Para recabar los requisitos de conocimiento, se podría utilizar tanto técnicas de Ingeniería del Conocimiento, como entrevistas, análisis de protocolos y observación así como técnicas provenientes de la Ingeniería de Requerimientos (IR). Esta formalización para la captura de esos requerimientos trata de disminuir los posibles problemas ya detallados presentados por Komi-Sirviö [Komi-Sirviö, S. *et al.*, 2002] y colegas.

A efectos de ver la relación entre estas dos posibles fuentes de herramientas y técnicas (Ingeniería del conocimiento e IR) para establecer los requisitos de conocimiento de un repositorio de este tipo, Friss de Kereki y colegas [Friss de Kereki, I. *et al.*, 2002] plantean dos situaciones, una empresarial y otra académica, y comparan cómo determinar los requisitos funcionales o servicios y no funcionales, como implementación, rendimiento y usabilidad, según la definición de requisito brindada por Kotonya y colegas [Kotonya, G., *et al.*, 1998].

Así, plantean:

“Situación Empresarial: Una empresa solicita un sistema. ¿Cómo se establecen claramente los requisitos del sistema? Es función del analista de sistemas recabar la información necesaria, tratar de captar los distintos tipos de conocimiento relevantes de la empresa, ya sean básicamente procedimentales y sistemáticos como los que caracterizan a los problemas objeto de la Ingeniería del Software, o eminentemente heurísticos y declarativos como le son propios a la Ingeniería del Conocimiento, para poder diseñar el sistema que ella necesita. ¿Con qué herramientas cuenta para recabarlos?

Situación Académica: Un profesor establece que desea un entorno de aprendizaje para determinada área. En este entorno se encontrarán los conocimientos que el profesor o más genéricamente el experto del dominio, y otros agentes involucrados, consideran necesarios para sus objetivos. Cuando se diseña el entorno, ¿cómo se determinan esos requisitos de conocimiento?, ¿de qué herramientas dispone?

Desde la perspectiva del analista, en la situación empresarial, su función es tratar de captar los distintos tipos de conocimiento en la empresa para poder diseñar el sistema que le resulte útil a ésta. En la situación académica citada, su función es tratar de captar los distintos tipos de conocimiento para presentarlos en un ambiente que le resulte útil al estudiante o aprendiz.

Típicamente, en la primera situación se cuenta con el apoyo de la IR. En la segunda situación, dada la naturaleza particular de los entornos de aprendizaje, se hace necesario recurrir a las técnicas de la Ingeniería del Conocimiento. No obstante, mientras en el mundo empresarial lo habitual es contar con un conjunto de especificaciones procedimentales y de datos casi completo, en el ámbito académico la situación es muy distinta. Aunque en ella también se

manejan conocimientos procedimentales, relativos al sistema pedagógico que asumen, cobran especial importancia los conocimientos heurísticos, que requieren una estructura eminentemente declarativa, al igual que ocurre en Ingeniería del Conocimiento. Esta realidad determina que la identificación de requisitos para el desarrollo de entornos de aprendizaje recurra tanto a técnicas procedentes de la IR como de la Ingeniería del Conocimiento. Pero entre ambas situaciones parece ser posible establecer una correspondencia, isomorfismo o analogía: hay que recabar requisitos o requerimientos como parte del proceso de desarrollo de un determinado sistema.

En las dos situaciones narradas, primero es necesario determinar los agentes que los utilizan, siendo en el caso empresarial los futuros usuarios, gerentes, directivos y todo aquél vinculado de alguna forma con el sistema, mientras que en el caso académico, los agentes son los docentes de la propia materia y otro personal de apoyo, así como los estudiantes. Incorporar los puntos de vista de estos otros usuarios permitirá tener una visión más amplia de los requisitos de conocimiento.

Tómese como referencia el mundo empresarial y supóngase que se desea un sistema para el control de la facturación. En ese caso, los agentes son los futuros operadores del sistema, encargados de ventas, vendedores, gerente comercial, directivos, etc. y la lista de requisitos funcionales podría incluir, por ejemplo, “poder emitir facturas en lote” u “obtener un listado de facturas realizadas entre ciertas fechas”. Como requisitos no funcionales podrían establecerse la necesidad o restricción de que el software sea implementado con determinada herramienta o que se ejecute en cierta configuración de hardware.

En el ámbito académico, por ejemplo, el espacio concreto de definición de requisitos de conocimiento para el diseño del módulo del dominio de un entorno de aprendizaje para presentar los conceptos de programación orientada a objetos a individuos que ya saben programar, se podría establecer que un requisito funcional es “brindar la definición de variable de clase” o “explicar el concepto de polimorfismo”, siendo un requisito no funcional, por ejemplo, manejar adecuadamente los conceptos de variable y de alcance. Para el caso que nos ocupa, podrían considerarse como otros requisitos no funcionales los criterios ya citados establecidos por Marqués [Marqués, P., 1998] en cuanto a los objetivos educativos (conceptuales, procedimentales, actitudinales) que pretende facilitar, las bases de datos que usa, los destinatarios (nivel educativo, edad, conocimiento previo) o el papel del programa.

Podría inferirse entonces que, debido a la similitud entre ambas situaciones, es posible utilizar tanto los métodos y herramientas de la IR como las análogas utilizadas en la Ingeniería del Conocimiento para capturar los requisitos (a través, por ejemplo, de entrevistas, *view points* incluyendo a los diferentes usuarios y el análisis de protocolos). De este modo se estará en condiciones óptimas para identificar claramente los requisitos de conocimiento necesarios para el módulo del dominio de un entorno de aprendizaje” [Friss de Kereki, I. et al., 2002].

En particular, para los *view points*, el principal problema es el mantenimiento de la coherencia entre múltiples perspectivas. Silva [Silva, A., 2002] ofrece un método para clasificar y diagnosticar las discrepancias (conflictos, inconsistencias) entre esos diferentes puntos de vista.

Una vez determinados los requisitos de conocimiento del dominio, se hará necesario para la implementación, representarlos de alguna forma, como por ejemplo a través del uso de marcos.

4.2.6.4 Proceso supervisor

Realizará la tutoría inteligente, a partir de observar las acciones del usuario, y sugerirá caminos de acción en función de las preferencias del usuario. Por ejemplo, si se observa que el estudiante prefiere determinados tipos de conocimiento, se le podría ofrecer, ante nuevos requerimientos,

conocimientos de ese mismo tipo ú otras alternativas. Como se indicó, para esta tesis se considera un punto cerrado la tutoría inteligente y no se profundizará en su análisis.

4.3 Descripción de una implementación: PLE:ASE

4.3.1 Consideraciones sobre el diseño y la implementación

A modo de implementación preliminar y en el marco de un proyecto de desarrollo completo a largo plazo, se propone una versión simplificada del modelo, denominada **Ple:ase** (Programming Learning Environment: an Approach to Software for Education), cuya pantalla de presentación se muestra en la Ilustración 4-5 PLE:ASE:

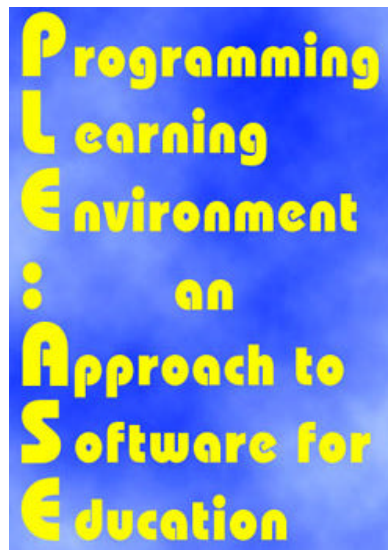


Ilustración 4-5 PLE:ASE

Para implementar la ontología, se realizó un esquema similar de clases, utilizándose una clase para cada tipo de conocimiento y un atributo de la correspondiente clase para cada “slot”. Para simplificar al profesor el ingreso de los datos, los conocimientos se pueden cargar desde archivos planos o desde el propio sistema. Se registra toda la actividad del estudiante en una bitácora, que se puede imprimir o consultar en el propio sistema. Para la tutoría inteligente, se hizo un seguimiento básico, es decir, mediante el apoyo del profesor real (o asistente de Laboratorio). La implementación se realizó en Java, utilizando como ambiente de desarrollo Visual Age 4 (www.ibm.com).

4.3.2 Implementación: PLE:ASE

Al ingresar al sistema PLE:ASE se presenta una pantalla similar a la de la Ilustración 4-6 Menú Principal:

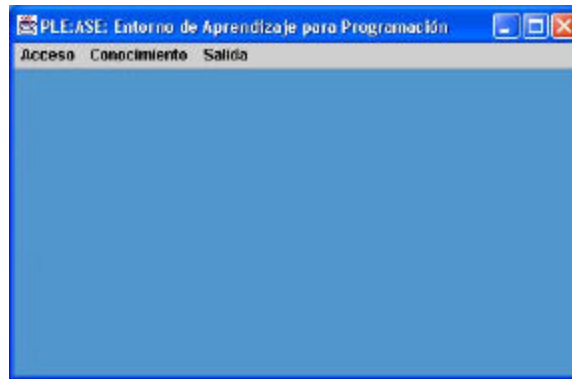


Ilustración 4-6 Menú Principal

Se puede utilizar el sistema en forma personalizada o anónima. Al trabajar en forma personalizada se tiene la ventaja de que se podrá obtener información de bitácora. Para registrarse (por única vez) se debe indicar el nombre y el número de estudiante (o de docente) así como la indicación de si es docente. Esta indicación habilitará el mantenimiento del entorno así como consultar la bitácora. La pantalla se presenta en la Ilustración 4-7 Registro de Persona:

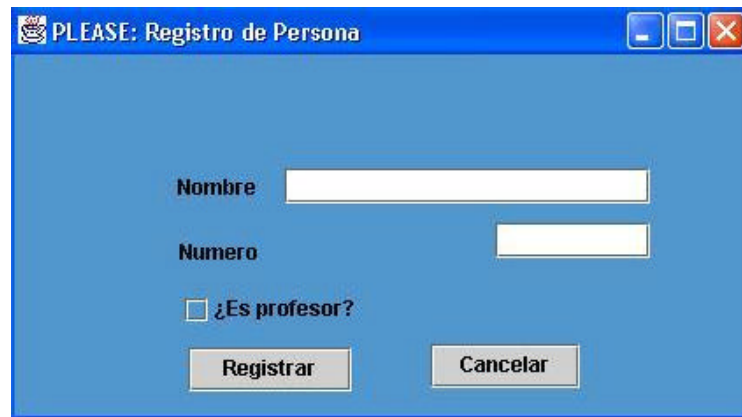


Ilustración 4-7 Registro de Persona

En el menú principal, se debe elegir "Acceso" para comenzar a utilizar el entorno. Aparece la siguiente pantalla, representada en la Ilustración 4-8 Ingreso al Entorno:

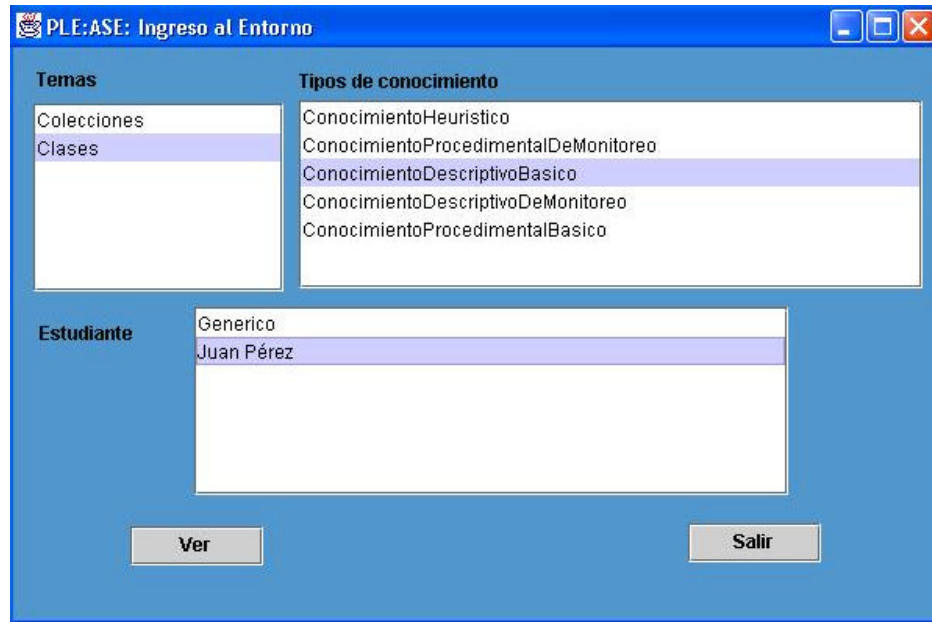


Ilustración 4-8 Ingreso al Entorno

En esta versión preliminar están los temas de “Clases” y “Colecciones”. Cuando se selecciona “Ver”, aparece la siguiente pantalla, según se aprecia en la Ilustración 4-9 Conocimientos:

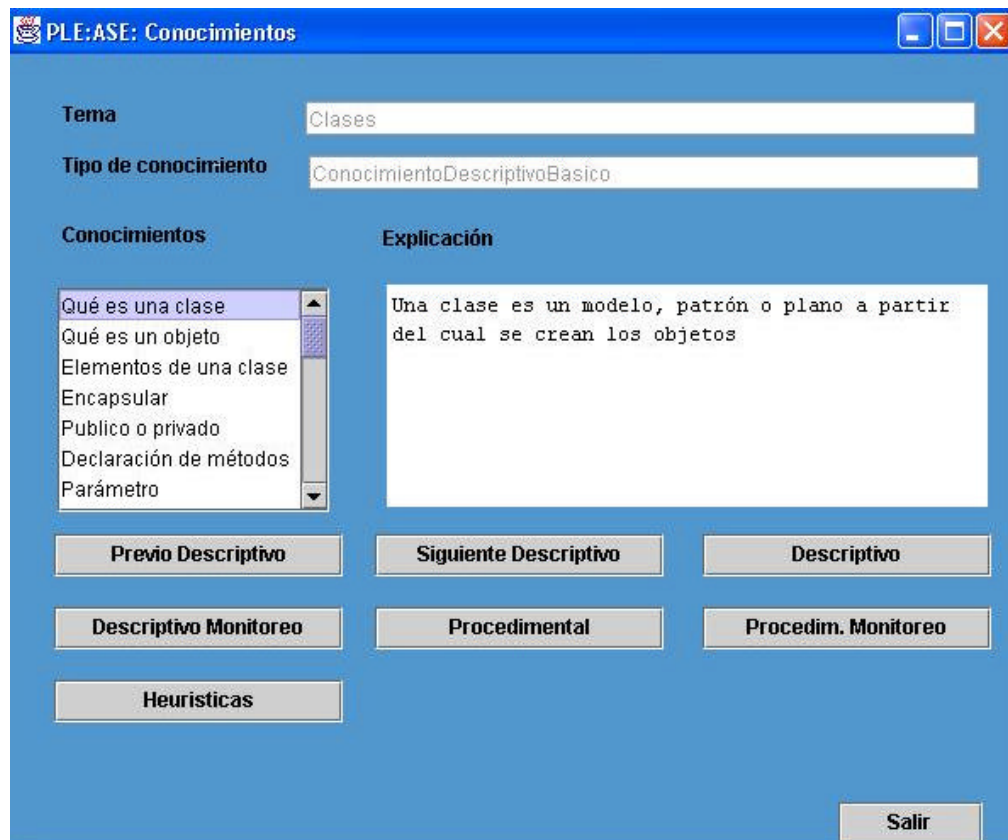


Ilustración 4-9 Conocimientos

Aquí se puede “navegar” por los tipos de conocimiento.

El sistema ofrece una breve ayuda sobre los tipos de conocimientos, según se aprecia en la Ilustración 4-10 Ayuda:

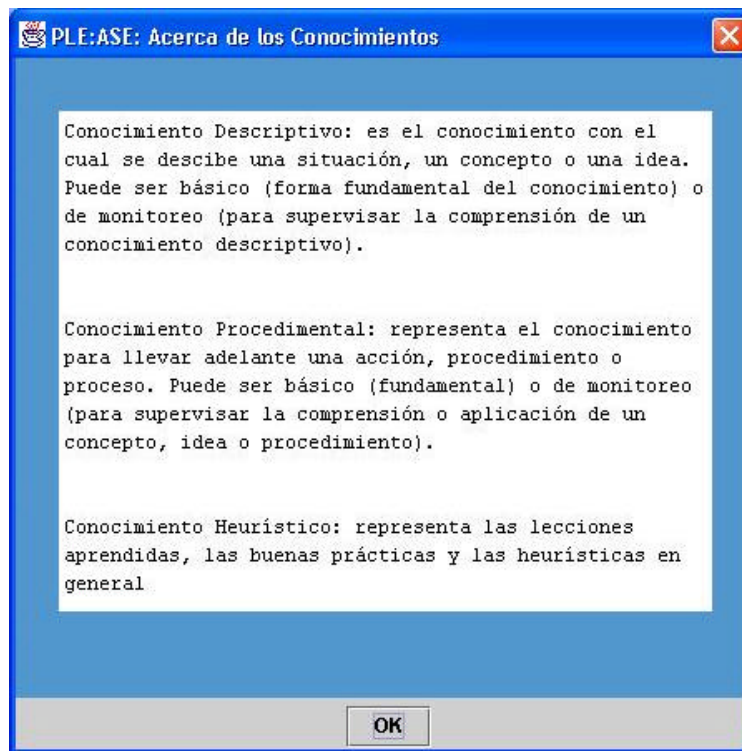


Ilustración 4-10 Ayuda

El docente cuenta con una opción para el mantenimiento del entorno, según se observa en la Ilustración 4-11 Mantenimiento de los Conocimientos:

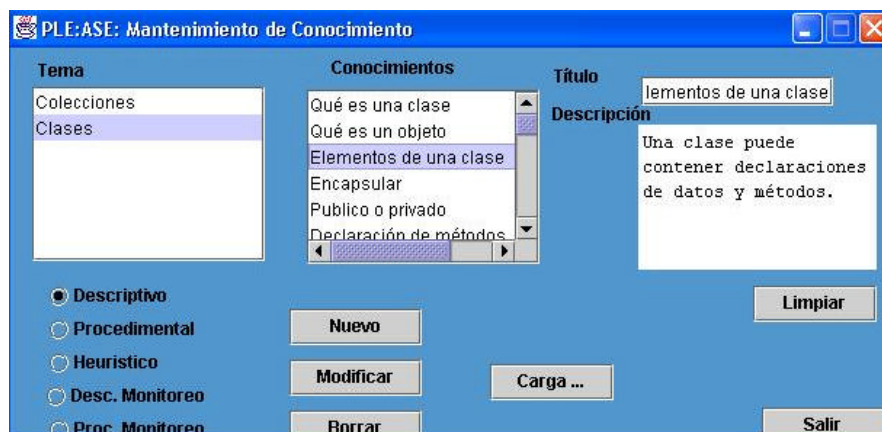


Ilustración 4-11 Mantenimiento de los Conocimientos

También puede consultar la bitácora según se presenta en la Ilustración 4-12 Bitácora:



Ilustración 4-12 Bitácora

4.4 Resumen y reflexiones

En este capítulo se presentó el modelo propuesto. En primera instancia y a los efectos de explicitar cómo será en la realidad una posible implementación del modelo, pues habría varias posibilidades, se describió el uso de un entorno basado en el modelo. Luego se ofreció una descripción general de los componentes del modelo y se establecieron las diferencias con el estándar IEEE [IEEE P1484.1/D9, 2001] y también con otros modelos y entornos.

Más adelante se presentó el marco conceptual del modelo, en el cual el módulo de Gestión del Conocimiento se basa en una ontología. Aplicando el propio concepto de ontología, “conceptualización compartida”, se integraron las diversas apreciaciones sobre los tipos de conocimientos (ofrecidas en el capítulo 2) y se presentó la ontología propuesta.

Se detallaron cada uno de los módulos y se ejemplificó con PLE:ASE, un entorno desarrollado a partir de la implementación del modelo propuesto a la enseñanza inicial de la Programación. El entorno, aunque simplificado, muestra que el modelo es aplicable.

El modelo se basa en la gestión del conocimiento: cumple con los procesos de la gestión del conocimiento presentados (Paradela [Paradela, L., 2001], Probsts y colegas [Probst, G. *et al.*, 2001]):

- identificación del conocimiento: es realizada por los docentes al decidir qué elementos incluir en el entorno y también por los estudiantes al analizar sus carencias de conocimiento;
- adquisición del conocimiento: el conocimiento se obtiene a partir de las necesidades detectadas por los docentes y por los estudiantes;
- desarrollo: pues el entorno es dinámico, están en permanente evolución, por ejemplo, al recatalogar preguntas o permitir el ingreso de nuevos conocimientos y, o, el ajuste de los ya existentes;
- compartición y distribución: se hace por poner disponible el entorno a todos los que deseen aprender;
- utilización: se hace por parte de los estudiantes cuando navegan y eligen conocimiento y
- retención: está representada en el repositorio del conocimiento.

Además, incluye herramientas propias de la gestión del conocimiento, como memorias institucionales.

5 Experimentación

“Since it sounded logical, I began by supposing it was very likely possible. But was there any evidence?”

Richard Feynman

What do you care what other people think?

5.1 Introducción

Para la verificación de la aplicabilidad y utilidad del modelo, debido a la imposibilidad de hacerlo en toda área, se experimentará en la de aprendizaje inicial de la Programación. Se describirán las características de la materia a considerar, el diseño experimental elegido, la implementación de la experimentación, los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se arribó.

5.2 Experimentación

5.2.1 Programación I en la Universidad ORT Uruguay

Se desarrollará la experimentación con alumnos del curso de Programación I de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay.

Como describe Friss de Kereki [Friss de Kereki, I., 2000], en 1996 se creó la carrera de Ingeniería en Sistemas en la Universidad ORT Uruguay con la finalidad de formar Ingenieros en Sistemas capaces, entre otras habilidades, de:

- diseñar y desarrollar sistemas de alta escala y complejidad;
- desempeñarse con éxito como desarrolladores de software, consultores independientes, líderes de proyectos o gerentes de sistemas y
- adaptarse al constante cambio en la industria e integrarse a equipos multidisciplinarios de investigación en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En el currículo de esta carrera de cinco años, se incluyen materias vinculadas a bases de datos, diseño de sistemas, estructuras de datos y algoritmos, ingeniería de software, programación y matemáticas. El requisito de ingreso es haber cursado y aprobado 6to. año de Ingeniería, Ciencias Económicas o Arquitectura, del Bachillerato Diversificado.

La materia *Programación I* (1er. semestre) tiene por finalidad iniciar la enseñanza de la programación utilizando principalmente técnicas de programación orientadas a objetos. Se da énfasis a la enseñanza de una metodología de resolución de problemas y se capacita al estudiante para desarrollar aplicaciones con lenguajes orientados a objetos.

A su vez, en la materia *Programación II* (2do. semestre) se continúa con la capacitación del estudiante en el paradigma de objetos presentando elementos más avanzados en cuanto a construcción de programas, reuso, polimorfismo, modularidad y diseño.

En los semestres siguientes se dictan, entre otras, las materias *Estructuras de Datos y Algoritmos I y II* (3er. y 4to. semestre) y *Diseño de sistemas I y II* (5to. y 6to. semestre), así como el *Taller de Diseño de Sistemas* (7mo. semestre). Se describirán brevemente estas materias con el fin de presentar un panorama general de la carrera en relación a Programación.

Los objetivos de *Estructuras de Datos y Algoritmos I* son: unificar conceptos de programación, presentar temas sobre estructuras de datos y los algoritmos que las utilizan, y brindar las herramientas necesarias para la evaluación de la relativa eficiencia de soluciones alternativas a problemas determinados, haciendo énfasis en el rol de la abstracción de datos en el diseño y la aplicación de las estructuras de datos. *Estructuras de Datos y Algoritmos II* tiene por objetivo introducir al estudiante en el análisis y diseño de algoritmos computacionales; incluye búsquedas, ordenaciones y técnicas para determinar peor y mejor caso y promedio.

En *Diseño de Sistemas I*, materia del 5to. semestre, los objetivos son, entre otros, presentar los conceptos para desarrollar software de robustez industrial utilizando tecnología orientada a objetos, así como introducir técnicas de diseño de marcos de trabajo o *frameworks* mediante el uso de patrones y presentar criterios para ayudar a manejar efectivamente el ciclo de vida de los sistemas. A su vez, en *Diseño de Sistemas II*, en 6to. semestre, se estudia una metodología estructurada para la realización de sistemas, desde el estudio de factibilidad a su puesta en marcha.

El *Taller de Diseño* tiene por finalidad integrar los conocimientos recibidos en las materias de Programación y Diseño.

En *Programación I y II* desde 1999 se utiliza Java como lenguaje de programación, entre 1999 y 2000 se utilizó con el ambiente *Borland JBuilder2*, y a partir del 2001 se utiliza con *IBM Visual Age* (www.ibm.com).

El plan resumido de la materia Programación I, a dictarse en 15 semanas de clase con 4 horas de teoría y 2 de prácticas en laboratorio, es:

- Semanas 1-3: Variables, estructuras de control, seudocódigo,
- Semana 4: Presentación de clases y objetos, uso de clases standard
- Semanas 5-8: Creación de clases, alias, relaciones
- Semana 9: Herencia en detalle, mutuo conocimiento de clases y objetos
- Semanas 10-12: Colecciones, Excepciones, Ordenación y búsqueda
- Semana 13: Enumeración
- Semanas 14-15: Manejo avanzado de colecciones

5.2.2 Diseño experimental

5.2.2.1 Acerca de la experimentación

Según se presenta en la Tabla 5-1 Experimentación, Pazos [Pazos, J., 2002b] clasifica la experimentación en crítica o crucial y vulgar o basta.

Crítica o crucial o fina Uno o unos pocos experimentos son suficientes para confirmar o falsar las hipótesis, leyes o teorías	
	Real Ejemplos: descomposición de la luz (Newton), Existencia del éter (Michelson Morley)
	Mental Ejemplos: Imposibilidad de violación del 2do. principio de la termodinámica (Maxwell), Discusión del principio de indeterminación
Vulgar o basta Muchos experimentos se necesitan para obtener alguna conclusión	
	Estadística Ejemplos: Diseño experimental (Fischer), Análisis de dispersión
	Otros métodos Ejemplos: Análisis factorial, algoritmos genéticos

Tabla 5-1 Experimentación

En primera instancia se realizó un experimento mental, es decir confiar en la experiencia del sentido común para imaginar que ocurriría si se utilizara un entorno de aprendizaje y luego, se trató de confirmar esas suposiciones utilizando las vías posibles.

5.2.2.2 Propósitos del diseño experimental

El diseño de la experimentación, como señala Kerlinger [Kerlinger, F., 1994], tiene dos propósitos básicos: proporcionar respuestas a preguntas de investigación y controlar la varianza. El diseño establece el marco de referencia para el estudio de las relaciones entre variables; indica qué observaciones hacer, cómo hacerlas y cómo analizar las representaciones cuantitativas de las observaciones. Spiegel [Spiegel, M., 1991] indica que el diseño debe planificarse cuidadosamente para adquirir cuanta información sea posible. Kerlinger [Kerlinger, F., 1994] destaca que la mayor parte de la investigación en educación se hace con muestras no aleatorias relativamente pequeñas.

Se tratará de evitar posibles problemas, como insuficientes o inadecuados controles metodológicos o inadecuado control de variables. También se tendrá especial atención en la planificación cuidadosa del diseño experimental, tomando en consideración los factores posibles que pueden generar errores.

5.2.2.3 Hipótesis

Dentro de la multiplicidad de factores posibles a ser considerados y elegidos (como por ejemplo: eficacia, afectividad, motivación, estrategias, participación, atención, rendimiento), en este estudio se seleccionaron tres de ellos que se entendieron como más relevantes. Como **hipótesis** (direccional según la terminología de Salkind [Salkind, N., 1998]) se plantea que:

el entorno favorece la enseñanza comprensiva, la búsqueda de nuevos caminos para resolver problemas y la transferencia de conocimiento.

La **enseñanza comprensiva** refiere a los aspectos que posibilitan la comprensión de problemas, o sea, frente a una situación problema detectar la comprensión de la misma. La **búsqueda de nuevos caminos** trata de, ante una situación nueva, que el estudiante sea capaz de identificar, conceptualizar, modelar esa situación y avanzar en su resolución. La **transferencia de conocimiento** se refiere al proceso por el cual un estudiante podría resolver un determinado ejercicio tomando elementos de otros, aplicando analogías, inferencias, deducciones, etc.

La variable independiente o tratamiento según los términos de Salkind [Salkind, N., 1998] es el uso del entorno. Las variables dependientes, que indican si el tratamiento tuvo algún efecto, son:

- 1) **comprensión del problema**
- 2) **formas de resolver un problema**
- 3) **transferencia del conocimiento**

Cada variable dependiente será discreta y tendrá un nivel de medición ordinal, según los términos de Mason y Lind [Mason, R. *et al.*, 1998]. Esto es que se organizarán en categorías, mutuamente excluyentes, exhaustivas y estará definida la relación “mayor que” entre categorías. No se puede utilizar escala de medición de intervalo pues no se cumple que la distancia entre valores sea constante. En términos generales, las categorías son:

- completamente correcto (“excelente”, valor 4) ;
- incompleto pero bastante encaminado, con posiblemente poca cantidad de errores o errores no significativos (“muy bueno”, valor 3);
- incompleto poco encaminado, con posiblemente bastantes errores (“bueno”, valor 2);
- erróneo (“regular”, valor 1) y
- sin responder (“malo”, valor 0).

Se entendió que responder en forma errónea, dada la naturaleza de los ejercicios a proponer, es considerado como “regular”, y es mejor que no responder. En el contexto de las preguntas, el hecho de responder en forma equivocada no implica la falta absoluta de conocimiento o la falta de estrategia adecuada.

Los tratamientos posibles son:

- 1) mantener el curso actual con clases teórico prácticas (que servirá de grupo de control),
- 2) brindar además a los estudiantes capacitación en resolución de problemas y gestión del conocimiento y
- 3) igual al anterior pero incorporando el uso del entorno.

O sea, se establecen tres posibles niveles o valores para la variable independiente.

Como se postula que el entorno favorece ciertas prácticas, no se considera la sustitución total de las clases por el entorno, esto es, no se prescindirá de las clases tradicionales que complementan y apoyan.

5.2.2.4 Muestreo

Realizar el muestreo es tomar una porción de una población o universo como representativa de dicha población, indica Kerlinger [Kerlinger, F., 1994]. El muestreo aleatorio es el método de seleccionar una porción o muestra de una población que permite que cada miembro de la población o universo tenga la misma oportunidad de ser elegido. Formalmente, es el método de elegir una porción de una población que permite que todas las muestras de un tamaño fijo n tengan la misma probabilidad de ser seleccionadas. En este caso, la muestra coincide con la población.

El “Efecto Hawthorne” (Reber, 1985) [Pazos, J., 2002b] es un ejemplo de como el simple hecho de prestar atención afectan los resultados de los experimentos con personas. Es decir, los investigadores afectan ya a los sujetos sometidos a investigación por el mero hecho de prestarles atención, pero, además de la influencia general debida a su atención e interés, existe también una influencia específica en el modo de comportarse de los sujetos. Estos tienden a comportarse de acuerdo con lo que esperan de ellos los investigadores. La tendencia de los experimentadores a lograr los resultados esperados se conoce como el “efecto del experimentador” o, más precisamente, “efecto de las expectativas del experimentador”. Para evitar o al menos paliar esta tendencia, las experimentaciones deben usar el método de trabajo a ciegas, ya sea en su variante simple como la de doble anonimato. En la primera los sujetos no saben a que “tratamiento” se les va a someter, en la segunda tampoco lo saben los experimentadores. Para esta experimentación, debido a la imposibilidad del doble ciego pues hay un único docente para el dictado de los cursos, se utilizará el método de trabajo a ciegas en su variante simple.

Los estudiantes serán asignados al azar a los grupos experimentales y los tratamientos experimentales serán también asignados al azar a los grupos. Se dispone de aproximadamente 45 alumnos para el turno matutino y 12 para el turno nocturno. Los estudiantes del turno matutino serán distribuidos aleatoriamente en 2 grupos A y B. A partir de la lista alfabética de los alumnos, se decidirá qué grupo le corresponde mediante el uso de la tabla de números aleatorios que ofrece Kerlinger [Kerlinger, F., 1994]. El alumno se asignará al grupo Matutino 1A (M1A) si el número que le corresponde es impar o el grupo Matutino 1B (M1B) si el número es par. Todos los alumnos del turno nocturno integran el grupo Nocturno 1A (N1A). No es posible intercambiar alumnos de los turnos matutinos y nocturno debido a preferencias y restricciones establecidas por los propios alumnos al momento de inscribirse.

Así como la restricción de no intercambiar alumnos entre los turnos podría influir en el resultado final de la investigación, se deja constancia que puede también existir influencia de otros factores (como por ejemplo el sexo o la edad), pero no se considerarán a los efectos de esta investigación. Se tuvo en cuenta también la posible existencia de otros factores, como por ejemplo el hecho de completar el semestre. El estudio de Mullins y colegas [Mullins, C. *et al.*, 1999] mostró que los estudiantes luego de completar el 1er. semestre de ingeniería dedicaban más tiempo a resolver problemas, pero no se afectó la calidad de las soluciones a los ejercicios propuestos.

El salón de clase, el equipamiento y el docente son idénticos para todos los grupos.

La asignación de tratamientos se realizará en forma aleatoria también. En forma similar a la asignación de alumnos a los grupos, a cada uno de los grupos M1A, M1B y N1A le corresponderá un número aleatorio de la tabla, que según sea múltiplo de 3 será el tratamiento 1, si es múltiplo de 3 más uno será el tratamiento 2 y si es múltiplo de 3 más dos le corresponderá el tratamiento 3. Si ya fue asignado un tratamiento, se seleccionará el siguiente número aleatorio. Al aplicar este proceso, resultó que el grupo N1A recibirá el tratamiento 1 (mantener el curso actual), el grupo M1A tendrá el tratamiento 2 (recibirá la capacitación) y el grupo M1B el tratamiento 3 (la capacitación y el entorno).

5.2.2.5 Tamaño de la muestra

Como indican Mason y Lind [Mason, R. *et al.*, 1998], los factores que determinan el tamaño de la muestra son:

- el grado de confianza seleccionado, por lo general de 0,95 o de 0,99;
- el máximo error permisible, es el máximo error tolerable en un nivel de confianza específico y

- la variación de la población.

En este caso se han tomado todos los estudiantes, pues no se puede intervenir en el tamaño de la muestra dado que los grupos son fijos (matutinos, nocturno) y no hay cantidad excesiva de alumnos. Así pues, no se ha extraído una muestra, sino que se ha tomado el universo como muestra. [Andina, O., 2002]

Los datos serán primarios, o sea obtenidos directamente, de toda la población.

5.2.2.6 Instrumentos y Recolección de Datos

El material y el entorno estarán disponibles, en versiones preliminares, durante todo el semestre. Para la experimentación se seleccionarán algunos temas relevantes a la materia Programación. Para la recolección de datos se realizarán ejercicios o pruebas a todos los alumnos, con el objetivo de medir la naturaleza y grado de diferencias individuales [Salkind, N., 1998]. Se propone realizar 2 pruebas (sin límite de tiempo) sobre toda la población, la primera de ellas, en la semana 5-6 del curso, para identificar características y el punto de partida y la segunda, al finalizar el semestre, para analizar los posibles efectos del uso (o no) del material y del entorno. Se tiene en cuenta, además del efecto Hawthorne citado, la recomendación de Aaker y colegas [Aaker, D. *et al.*, 1989] acerca de los efectos de la medición del “antes”, pues puede alertar a los entrevistados de que están siendo estudiados, aumentando la curiosidad y atención. Este hecho se supone que no afectará pues en forma sistemática en todos los cursos de Programación en la Universidad ORT Uruguay es común realizar encuestas y, o, entrevistas a los alumnos, hecho que conocen los alumnos.

Se realizará el “pretesteo” de instrumentos con estudiantes de 3er. semestre, quienes pese a tener ya una preparación en los temas de programación se estima podrán colaborar en la detección de posibles problemas de comprensión de las preguntas o ejercicios planteados. No se hará el “pretesteo” con alumnos del primer semestre a los efectos de no disminuir la muestra, ya de por sí pequeña. Las pruebas no serán anónimas porque se pretende mantener la vinculación con la segunda prueba. También se pedirá la colaboración a docentes de la materia a los efectos de validar el contenido, o sea el grado en que una prueba representa el universo de reactivos del cual se extrajo y para evaluar la utilidad de las pruebas que muestrean un área de conocimientos en particular. [Salkind, N., 1998].

5.2.2.7 Evaluación y Pruebas estadísticas

Como ya se indicó, la variable independiente es el uso el entorno y las variables dependientes son: la comprensión del problema, las formas de resolver un problema y la transferencia del conocimiento.

Se quiere determinar cómo varía la comprensión, resolución de problemas y transferencia de conocimiento en lo que se mantiene estable, que es el entorno. Se trata de determinar si hay una relación causa-efecto. Por ejemplo, se buscan efectos del estilo: “repercute en que el alumno se vuelve más habilidoso en la búsqueda de soluciones” o “repercute en que el alumno mejora su capacidad de resolución de problemas”.

5.2.2.7.1 Estadística no paramétrica

“El término ‘estadística no paramétrica’ no tiene una definición estándar que acepten todos los estadísticos”, señalan Mendenhall y colegas [Mendenhall, W. *et al.*, 1994]. Definen los métodos *paramétricos* como aquellos que se aplican a problemas para los cuales se especifica(n) la(s)

muestra(s), con excepción de un número finito de parámetros. Así, los métodos *no paramétricos* se aplican en todos los demás casos.

O sea, los métodos no paramétricos son independientes de las distribuciones de la población y de los parámetros asociados. Son especialmente útiles para datos no numéricos, por ejemplo, cuando se establecen preferencias [Spiegel, M., 1991].

En este caso, no se realizan supuestos de normalidad y los tamaños de la muestras son relativamente pequeños ($n < 30$), por lo que de acuerdo con Meneses [Meneses, B., 1997], es recomendable utilizar pruebas correspondientes a la estadística no paramétrica. También se harán análisis cualitativos, pues se tratará de “decir dos veces las cosas – Bueno es expresar de corrido una cosa doblemente y darle un pie derecho y un pie izquierdo. Es cierto que la verdad puede sostenerse sobre un pie, pero con dos andaré y haré su camino”, como expresa Nietzsche [Nietzsche, F., 1969]. Muchas veces, señala Pazos [Pazos, J., 2002], se otorga una prioridad absoluta a lo cuantitativo frente a lo cualitativo. Más aún, pues incluso se piensa que una disciplina cualquiera no es realmente científica mientras no use conceptos cuantitativos. La introducción de conceptos cuantitativos no es la panacea que automáticamente promueve el desarrollo de una teoría o disciplina científica.

5.2.2.7.2 Evaluación y escalas

“La evaluación es la reunión sistemática de evidencias a fin de determinar si en realidad se producen ciertos cambios en los alumnos y establecer el grado de cambio en cada estudiante”, refieren Bloom y colegas [Bloom, B. *et al.*, 1975]. “Para conocer el peso de un objeto es preciso ponerlo en la balanza. Para determinar la longitud de una cosa, es preciso someterla a una regla” [Confucio, 1968]. Se realizarán pruebas que incluirán ejercicios. Se utilizará una escala ordinal, es decir, las variables se pueden ordenar sobre algún tipo de continuo [Salkind, N., 1998]. A cada elemento de esas pruebas se le asignará un valor de una escala de clasificación.

Para la elección de este tipo de escala se tuvo en cuenta las ventajas y desventajas de las mismas. Como señala Kerlinger [Kerlinger, F., 1994], una escala de clasificación es un instrumento de medición que requiere que el observador asigne el objeto a categorías o espacios continuos que tienen valores numéricos asignados a ellos. Como ventajas tienen que son fáciles de construir y rápidas en su uso, pero como desventajas cita el efecto de halo o la tendencia a clasificar un objeto en la dirección constante de una impresión del objeto; el error de severidad o la tendencia general a clasificar a todos los individuos bajo en todas las características o el error de lenidad, que es la tendencia general opuesta. Otra desventaja posible es el error de tendencia central, que es la tendencia general a evitar todos los juicios extremos y a calificar a un nivel intermedio en una escala de clasificación.

Para tratar de minimizar los posibles efectos negativos citados, la valoración de cada trabajo propuesto será realizada en forma independiente por 2 docentes de la materia, confrontándose y unificándose luego los resultados.

5.2.2.7.3 Pruebas estadísticas

Los datos serán ordinales, como se indicó. Es posible realizar conteos de frecuencia y también es apropiado calcular la mediana, pues es un operador creciente. Además, las pruebas estadísticas libres de distribución y que necesitan datos cuanto menos de nivel ordinal, que se aplicarán a los datos recolectados serán, como sugieren Weiers [Weiers, R., 1986] y Mendenhall y colegas [Mendenhall, W. *et al.*, 1994]:

- 1) prueba del signo: se trata de analizar si las diferencias observadas entre las muestras se deben al azar [Spiegel, M., 1991].

2) prueba U de Mann-Whitney: utiliza la suma de los rangos de dos muestras. [Mendenhall, W. *et al.*, 1994]. Se trata de analizar si las distribuciones de frecuencias relativas poblacionales de dos muestras son idénticas o no.

3) prueba H de suma de rangos o prueba de Kruskal-Wallis para comparar k muestras independientes. El objetivo es testear si las k distribuciones poblacionales son idénticas [Mendenhall, W. *et al.*, 1994].

Spiegel [Spiegel, M., 1991] señala que la prueba de U de Mann-Whitney es para decidir si dos muestras provienen o no de la misma población. Una generalización para k muestras la da la prueba H de Kruskal-Wallis.

Si bien es cierto que, como indican Freund y colegas [Freund, J. *et al.*, 1990], cuanto menos se supone, menos se puede inferir, también es cierto que cuanto menos se supone, más se amplía la aplicabilidad de un método.

Como un elemento más a analizar, se compararán los totales de aprobación y deserción del presente curso con los datos históricos de cursos similares ofrecidos en la Universidad desde 1999.

5.2.2.8 Descripción de instrumentos (versión final)

Como primera prueba o prueba de sondeo (“prueba diagnóstica” según los términos de Bloom [Bloom, B. *et al.*, 1975]) a aplicar a todos los alumnos se propone:

Nombre:	Fecha:	Grupo:
	Horas de trabajo semanales: (0: no trabaja)	
Conocimientos previos de programación Detallar		
La finalidad de esta evaluación es realizar un sondeo de nivel y de estrategias de trabajo. Se agradece desde ya su colaboración.		
Por favor escribir con letra clara y utilizar todo el espacio que necesite para las respuestas.		
1) Se tiene una lista con todos los compradores de rifas. Cada comprador conoce sus rifas y los premios obtenidos. Se desea obtener un listado alfabético de aquellos ganadores de más de un premio. Indicar lo más detalladamente posible los pasos que seguiría para resolver esta situación.		
2) Ud. está colaborando en el desarrollo de un sistema y le sugieren que utilice la clase X, que Ud. no conoce. ¿Qué haría? Detalle todos los pasos que seguiría.		
3) Se desea realizar un sistema para la gestión de una veterinaria. Enumere posibles clases del dominio y sus relaciones.		

Objetivos y evaluación de las preguntas:

1) Enseñanza comprensiva: comprensión de un problema: dado un problema, ver que haga lo que se pide.

Los factores equivalentes que involucra esta pregunta son:

1. ignorar los números salidos en el sorteo,
2. recorrer todos los compradores,
3. preguntar a cada uno la cantidad de premios obtenidos,
4. en el caso de tener más de un premio seleccionarlo,
5. ordenar los elegidos alfabéticamente y
6. mostrar por pantalla.

Se evaluará como:

- resolución correcta (valor 4, incluye 6 factores),
- resolución incompleta pero encaminada (valor 3, incluye 4 ó 5 factores),
- resolución incompleta poco encaminada (valor 2, incluye 2 ó 3 factores) ,
- resolución incorrecta (valor 1, incluye 1 factor o está completamente equivocado) ,
- no contesta (valor 0).

2) Búsqueda de nuevos caminos: ante una situación nueva ver que sea capaz de buscar una solución.

Se evaluará como:

- plantea varias alternativas viables (valor 4, incluye 3 ó más opciones correctas)
- plantea una única idea o dos ideas (valor 3, incluye una ó dos ideas y están correctas)
- esboza algunas ideas correctas e incorrectas (valor 2, incluye varias ideas pero hay igual cantidad de ideas correctas e incorrectas o la mayoría están correctas)
- mayoría de ideas incorrectas (valor 1, incluye varias ideas pero la mayoría o todas están mal)
- no contesta (valor 0)

3) Transferencia: dada una situación similar a una ya presentada, ver qué elementos podría tomar para resolver esa nueva situación.

Es una situación similar a las presentadas en clase. Se espera que identifiquen clases (indicando el nombre, los atributos y los métodos) y relaciones (agregación, asociación, generalización-especialización (o “herencia”). Son 6 factores equivalentes (indicar las clases, señalar atributos (mínimo 6), incluir métodos de acceso y modificación y otros métodos, representar la relación de agregación, representar la relación de asociación y representar la relación de generalización-especialización).

Se evaluará cómo:

- resolución correcta (valor 4, incluye 6 factores),
- resolución incompleta pero encaminada (valor 3, incluye 4 ó 5 factores),
- resolución incompleta poco encaminada (valor 2, incluye 2 ó 3 factores) ,
- resolución incorrecta (valor 1, incluye un único factor o está completamente equivocado),
- no contesta (valor 0).

La segunda prueba o prueba final (o “prueba sumativa”, según la nomenclatura de Bloom y colegas [Bloom, B. *et al.*, 1975]) será de formato similar a la primera. La prueba es:

Nombre:	Fecha:	Grupo:
	Horas de trabajo semanales: (0: no trabaja)	
Conocimientos previos de programación Detallar		

<p>La finalidad de esta propuesta es realizar un sondeo de nivel y estrategias de trabajo. Se agradece desde ya su colaboración.</p> <p>Por favor escribir con letra clara y utilizar todo el espacio que necesite para las respuestas.</p>	
<p>1) La empresa de transportes CarreteraTour desea recompensar a los clientes que hicieron más viajes al exterior en sus buses. Para ello dispone de la información acerca de todos los viajes (nacionales o internacionales) que sus clientes han realizado en los últimos dos años. Se desea obtener un listado de los 20 clientes que más viajes hicieron, ordenado decrecientemente por cantidad de viajes. Indicar lo más detalladamente posible los pasos que seguiría para resolver esta situación.</p>	
<p>2) Durante el desarrollo del 2do. trabajo obligatorio del curso se sugiere en clase que se utilice la clase TreeMap. Si Ud. no conoce esta clase, ¿qué haría? Detallar todos los pasos que seguiría.</p>	
<p>3) Se desea realizar un sistema para la gestión de un club deportivo. El club tiene diferentes deportes (como gimnasia o natación) que se desarrollan en varios turnos, cada uno a cargo de un profesor. Los socios se anotan a los turnos que desean. El sistema debe brindar además información estadística sobre las preferencias de los socios en cuanto a deportes y profesores. Modelar el dominio del problema.</p>	

Al igual que en la prueba de sondeo, los objetivos de las preguntas, son:

- 1) Enseñanza comprensiva: comprensión de un problema: dado un problema, ver que haga lo que se pide.

Los factores equivalentes que involucra esta pregunta son:

1. ignorar el período de 2 años,
2. recorrer todos los clientes,
3. totalizar exclusivamente viajes internacionales,
4. ordenar con el criterio establecido el criterio de cantidad decreciente de viajes,
5. tomar los 20 mejores (los 20 primeros de la lista ó elegir 20 veces el primero de la lista y sacarlo) y
6. mostrar por pantalla.

Se evaluará como:

- resolución correcta (valor 4, incluye 6 factores),
- resolución incompleta pero encaminada (valor 3, incluye 4 ó 5 factores),
- resolución incompleta poco encaminada (valor 2, incluye 2 ó 3 factores) ,
- resolución incorrecta (valor 1, incluye 1 factor o está completamente equivocado) ,
- no contesta (valor 0).

2) Búsqueda de nuevos caminos: En forma similar a la segunda pregunta de la prueba de sondeo, aquí se trata de, ante una situación nueva ver que sea capaz de buscar una solución.

Se evaluará como:

- plantea varias alternativas viables (valor 4, incluye 3 o más opciones correctas)
- plantea una única idea o dos ideas (valor 3, incluye una o dos ideas y están correctas)
- esboza algunas ideas correctas e incorrectas (valor 2, incluye varias ideas pero algunas están bien y otras mal o la mayoría están bien)
- mayoría de ideas incorrectas (valor 1, incluye varias ideas pero la mayoría o todas están mal)
- no contesta (valor 0)

3) Transferencia: dada una situación similar a una ya presentada, ver qué elementos podría tomar para resolver esa nueva situación, análoga a las presentadas en clase. Se espera que identifiquen clases (indicando el nombre, los atributos y los métodos) y relaciones (agregación, asociación, generalización-especialización (o “herencia”)). Son 6 factores equivalentes (indicar las clases, atributos (mínimo 6), métodos de acceso y modificación y de otro tipo, representar las relaciones de agregación, de asociación y de generalización-especialización).

Se evaluará como:

- resolución correcta (valor 4, incluye 6 factores),
- resolución incompleta pero encaminada (valor 3, incluye 4 ó 5 factores),
- resolución incompleta poco encaminada (valor 2, incluye 2 ó 3 factores),
- resolución incorrecta (valor 1, incluye un único factor o está completamente equivocado),
- no contesta (valor 0).

Ambas pruebas fueron diseñadas con otro docente, con amplia experiencia en la materia.

5.2.3 Bitácora de la Experimentación

5.2.3.1 Preparación: Distribución de alumnos en los grupos

Previo al comienzo del semestre en marzo del 2002, se realizó la distribución aleatoria de los alumnos entre los grupos matutinos y se mantuvo el único grupo nocturno. Se evitó informar a los alumnos del desarrollo de las pruebas y del entorno, para evitar el efecto “de prueba”, o sea la conciencia de estar en una prueba según Aaker y colegas [Aaker, D. *et al.*, 1989], el efecto Hawthorne ([Pazos, J., 2002b]) y el efecto de la medición previa, pues se aclaró en las clases que es política del curso hacer pruebas de seguimiento (experimento ciego).

5.2.3.2 “Pretesteo” de instrumentos de la prueba de sondeo

El “pretesteo” se realizó con el objetivo de eliminar reactivos poco claros. A efectos de estandarizar, las instrucciones de la prueba están incluidas en la propia prueba. En el pretest, realizado en abril del 2002 con la participación de 6 alumnos (de semestre 3), se detectó que la formulación de la segunda pregunta, en la cual se incluía una frase como: “... le indican que utilice una clase X...”, se estimó que podría limitar las alternativas del alumno, por lo cual se ajustó, cambiando el término “indican” por “sugieren”. La prueba fue estimada por estos alumnos como “ni muy difícil ni muy fácil”.

Para el “pretesteo”, como se señaló, no se solicitó la colaboración de alumnos de 1er. semestre a los efectos de no disminuir el tamaño de la muestra.

5.2.3.3 Prueba de sondeo

El 29 de abril de 2002 se realizó la prueba de sondeo a todos los alumnos durante su correspondiente hora de clase, o sea en condiciones similares. Se trató de minimizar la interacción entre el examinador y los estudiantes. No se ofreció ningún tipo de sugerencia o recomendación ni antes ni durante la prueba. Tampoco se avisó previamente de su realización. Para la valoración de las respuestas, se utilizó la escala propuesta en el diseño y cada respuesta fue evaluada por 2 docentes de la materia. En la primera semana de mayo se brindó retroalimentación a los alumnos acerca de la prueba, discutiéndose individualmente los resultados durante las clases. La mayoría de los alumnos mostró interés sobre sus propios resultados.

5.2.3.4 Material de Gestión del Conocimiento y Resolución de Problemas

En los grupos matutinos se utilizó el material de resolución de problemas. En la primera semana de mayo se dedicó aproximadamente una hora de clase para la resolución del ejercicio del puzzle. (Para una descripción detallada del puzzle, consultar los Apéndices). Se entregó a cada equipo de 2 o 3 estudiantes un juego de palitos de colores y se explicó el problema. Cada equipo intentó una solución. En los dos grupos matutinos se realizaron similares observaciones. En el grupo M1A hubo 8 grupos y en el M1B 11 grupos. Algunos grupos comenzaron a trabajar antes de tener en claro las reglas (3 equipos en el A, 4 en el B), lo que los llevó a soluciones apresuradas y erróneas, otros equipos (2 en cada grupo) sugirieron “aplicar inducción completa”, simplificando inicialmente el problema. Unos pocos equipos (3 en el A, 2 en el B) desistieron. Finalmente, todos los grupos que no desistieron lograron solucionar el problema.

En la clase siguiente, se explicó nuevamente en los grupos matutinos cuál fue el objetivo de la prueba de sondeo y se vinculó con el ejercicio de los palitos. También se presentó material sobre resolución de problemas. Se analizaron los elementos que componen un problema, cuáles son las estrategias recomendadas y cuáles son algunos posibles problemas que hay que enfrentar.

Durante todo el período de clases se repasaron los conceptos e ideas fundamentales de gestión del conocimiento y resolución de problemas. En particular, se trató de que por lo menos una vez a la semana se dedicara en la clase un rato (mínimo 15 minutos) a la discusión y tratamiento de dichos temas. Se utilizaron, entre otros materiales, las presentaciones incluidas en los Apéndices.

5.2.3.5 Entorno

Se instaló en un laboratorio con 25 máquinas el prototipo del Entorno PLE:ASE. El laboratorio está disponible de 7:30 a 23:30 hs. de lunes a jueves y de 7:30 a 18:00 hs. los viernes. La primera versión del entorno cuenta con varios tipos de conocimiento, y se incluyeron más de 100 conocimientos diferentes y relacionados sobre el tema Clases. En la tercera semana de mayo se realizó la presentación formal del sistema. Se hizo una presentación en el salón de clases del sistema y se concurrió al laboratorio para que lo probara cada estudiante del grupo M1B.

Luego de la presentación y uso inicial, se les pidió que cada uno entregue una primera impresión sobre el sistema. No todos los estudiantes incluyeron comentarios. Los que sí lo hicieron indicaron:

“El programa me parece muy bueno, innovador ya que nos puede contestar dudas que tengamos y a la vez ver cosas nuevas”

“La primera impresión fue muy buena. Se entiende fácil”

“Me parece muy bueno y útil, tengo que agarrarle la mano, es decir dedicarle más tiempo por que tiene un montón de cosas y relacionarme con los significados de los conocimientos”

“Me parece un muy buen elemento de aprendizaje, quizás algunas definiciones o explicaciones no estén lo suficientemente pulidas o condicionadas para el entendimiento de un usuario sin conocimiento alguno.”

“Me gustó el programa y con todo gusto lo voy a utilizar. Es interesante la cantidad de relaciones que tiene y si va a tener más, mejor”.

“El programa está bueno y me parece tener una gran utilidad, debido a que no es complicado usarlo. También tiene cosas muy interesantes”.

“El programa está muy bueno. Me gustó la idea de crear una especie de enciclopedia de los conocimientos en Java. El tipo de conocimiento que más utilicé fue el heurístico, pues son útiles a la hora de sentarse a escribir el código”

“Está muy interesante, es bueno poder adquirir más didácticamente los conocimientos”.

A los efectos de fomentar el uso del entorno, se le entregó a cada estudiante que lo solicitó (13 en total) un diskette para que ellos mismos conserven su bitácora. Se les dio instrucciones de cómo registrar la bitácora de trabajo de cada prueba. Periódicamente en clase se les fue consultando sobre los avances en el uso. Dos alumnos comentaron que les gustaría que tuviera otros temas. Un alumno indicó que le estaba resultando “fantástico” el conocimiento heurístico, según sus propias palabras.

En junio de 2002 se agregaron más conocimientos al entorno. Cuenta ahora con más de 200 conocimientos. Se les avisó a los alumnos de esta incorporación.

A principios de julio se recogieron los diskettes. Solamente 7 alumnos retornaron el diskette de la bitácora. Algunos dijeron (3) que habían olvidado registrar la bitácora, otros (2) que no siempre habían traído el diskette para grabarla y otros (2) indicaron que la habían grabado todas las veces. El resto de los diskettes no se devolvieron. Debido a estas diferencias en el uso del diskette, no se incluyen análisis ni estadísticas de dicho uso.

5.2.3.6 “Pretesteo” de instrumentos de la evaluación final

En este “pretesteo”, realizado en junio del 2002 con la participación de 4 alumnos del 3er. semestre de la carrera, se revisaron las preguntas y no fue necesario realizar ajustes. También en esta ocasión los alumnos participantes la estimaron, según sus propias palabras, “razonable” y “adecuada”.

5.2.3.7 Evaluación final

A principios de julio de 2002 se realizó la prueba final a todos los alumnos. Inicialmente estaba planificada para semanas anteriores, pero debido a la falta de los alumnos en la clase (coincidentemente con las transmisiones televisivas de partidos del Mundial de Fútbol) fue imprescindible posponerla hasta esa semana.

5.3 Resultados

Para la evaluación de cada prueba, se siguió el criterio indicado previamente. Se elaboró una planilla donde se colocó cada evaluación. Cada nota fue asignada en forma independiente por dos docentes y posteriormente se compararon los valores. En los casos de diferencia de puntuación (3 casos) se analizó y unificó el valor.

5.3.1 Resultados de la primera prueba (sondeo)

Se presentan *exclusivamente* los estudiantes que participaron en las dos pruebas. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas: Tabla 5-2 Grupo M1A: Prueba de Sondeo, Tabla 5-3 Grupo M1B: Prueba de Sondeo y Tabla 5-4 Grupo N1A: Prueba de Sondeo.

Grupo M1A	Conocim. Previos	Horas Trabajo	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
-----------	------------------	---------------	-------------------------	----------------------	---------------------------

Alumno

2	0	0	2	2	4
3	2	0	4	2	3
4	0	0	3	2	1
5	0	2	1	0	2
6	0	2	1	0	3
7	2	0	3	3	3
8	2	14	1	2	3
9	0	0	3	3	3
10	0	0	2	2	2
12	0	0	2	3	3
14	0	2	3	3	3
15	2	40	3	1	2
16	0	0	3	2	2
17	0	1	3	2	3
18	0	0	3	3	2
19	0	0	3	3	2
20	0	0	3	3	3
21	2	0	3	3	3
23	1	0	2	3	4

Tabla 5-2 Grupo M1A: Prueba de Sondeo

Grupo M1B	Conocim. Previos	Horas Trabajo	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
-----------	------------------	---------------	-------------------------	----------------------	---------------------------

Alumno

1	0	0	3	2	2
2	1	0	2	4	3
3	0	30	1	1	3
5	0	0	4	2	3
6	0	0	3	1	2
7	1	0	3	3	2
8	2	0	3	2	2
9	0	0	1	1	3
10	2	0	4	2	3

11	1	0	3	3	3
12	1	0	3	1	3
13	0	25	3	2	1
14	0	0	2	1	3
15	0	0	3	1	3
16	1	0	2	3	2
17	0	10	1	0	3
18	0	2	3	1	2
19	0	0	2	3	3
20	1	0	2	3	3
21	0	0	3	1	3
24	1	0	1	3	3

Tabla 5-3 Grupo M1B: Prueba de Sondeo

Grupo N1A	Conocim. Previos	Horas Trabajo	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
Alumno					
1	2	30	4	1	2
3	0	0	1	1	3
4	1	0	0	3	3
5	2	0	3	4	0
6	0	0	3	3	3
7	0	0	2	1	2
8	1	0	1	3	3
9	1	6	2	3	1

Tabla 5-4 Grupo N1A: Prueba de Sondeo

5.3.2 Resultados de la segunda prueba (final)

Se presentan en las tablas Tabla 5-5 Grupo M1A: Prueba Final, Tabla 5-6 Grupo M1B: Prueba Final y Tabla 5-7 Grupo N1A: Prueba Final en forma detallada los resultados de la segunda prueba.

Grupo M1A	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
Alumno			
2	3	4	2
3	3	4	3
4	3	1	3
5	0	0	0
6	2	1	2
7	3	3	3
8	3	2	3
9	3	4	2
10	0	0	0

12	2	4	2
14	3	3	3
15	3	4	3
16	2	3	3
17	3	1	3
18	3	3	2
19	3	2	2
20	2	0	3
21	3	4	3
23	3	4	3

Tabla 5-5 Grupo M1A: Prueba Final

Grupo M1B	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
-----------	-------------------------	----------------------	---------------------------

Alumno			
1	3	4	3
2	2	4	3
3	3	4	3
5	3	4	4
6	3	4	3
7	2	4	3
8	3	1	3
9	2	3	3
10	2	4	3
11	3	4	3
12	3	3	4
13	3	3	1
14	2	2	3
15	3	4	3
16	2	4	3
17	3	3	3
18	2	4	3
19	3	3	3
20	3	2	3
21	3	3	3
24	2	4	3

Tabla 5-6 Grupo M1B: Prueba Final

Grupo N1A	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
Alumno			
1	3	1	3
3	3	1	2
4	2	2	3
5	3	3	2
6	2	3	0
7	3	4	2
8	3	4	3
9	2	2	3

Tabla 5-7 Grupo N1A: Prueba Final

5.4 Análisis de los datos

Se analizarán los datos obtenidos desde diferentes aspectos, según se muestra en la Ilustración 5-1 Aspectos del análisis:

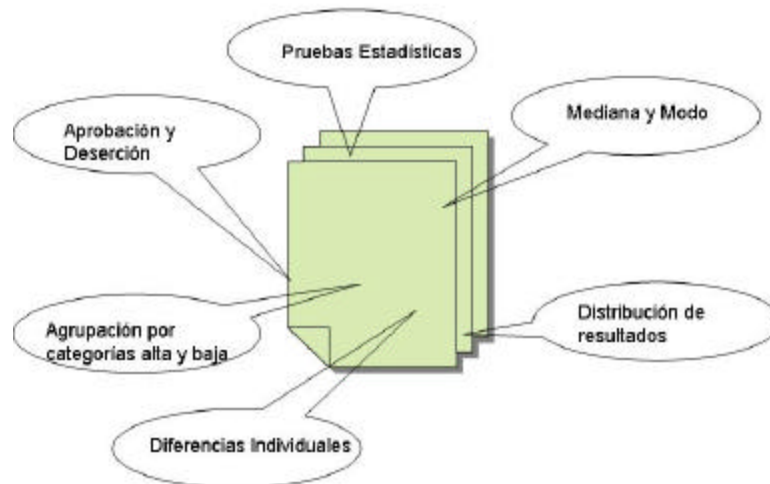


Ilustración 5-1 Aspectos del análisis

En la Tabla 5-8 Análisis de los datos se describe brevemente cada aspecto. Por cada pregunta, se calculará:

Mediana y modo	Se calculará la mediana y modo. Se recuerda que como la mediana es un operador creciente es aceptable su aplicación a los datos ordinales recabados.
Distribución de resultados	Se realizarán conteos de resultados obtenidos por cada valor y prueba y se calcularán los porcentajes respectivos. No se detallará individualmente por alumno. Se incluyen histogramas a efectos de visualizar claramente la distribución.

Diferencias individuales o personalizadas	Se trata de analizar el progreso de cada alumno en forma individual. Se calcula la diferencia de resultados entre la segunda y la primera prueba, por cada pregunta. Se incluyen totales y porcentajes. A efectos de profundizar parcialmente en el análisis de las diferencias, se estudiará en particular a los estudiantes sin conocimientos previos y con conocimientos previos, así como los que no trabajan.
Agrupación por categoría Alta y Baja	Se define como categoría alta a los valores 3 y 4 (suficientes) y como categoría baja a los valores 0 y 1 (insuficientes). En este punto se realizaron conteos y porcentajes de cantidad de alumnos en cada categoría por prueba y pregunta.
Aprobación y Deserción	Se comparan los resultados finales de aprobación y deserción del curso con cursos previos.
Pruebas Estadísticas	Se incluyen la prueba del signo, prueba U de Mann-Whitney y prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 5-8 Análisis de los datos

En cada aspecto analizado se incluirá una interpretación preliminar previa a las conclusiones globales de la experimentación.

5.4.1 Mediana y modo

Se presentan en las tablas: Tabla 5-9 Grupo M1A: mediana, modo, Tabla 5-10 Grupo M1B: mediana y modo y Tabla 5-11 Grupo N1A: mediana y modo los valores respectivos a cada pregunta así como los valores de conocimientos previos y horas de trabajo. Estos cálculos son aplicables pues Mason y Lind [Mason, R. *et al.*, 1998] señalan que se pueden calcular para datos de nivel ordinal.

M1A CANTIDAD	19	Conocim. Previos	Horas Trabajo	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
PRUEBA 1						
MEDIANA		0	0	3	2	3
MODO		0	0	3	3	3
PRUEBA 2						
MEDIANA		0	0	3	3	3
MODO		0	0	3	4	3

Tabla 5-9 Grupo M1A: mediana, modo

En el grupo M1A (Tabla 5-9 Grupo M1A: mediana, modo), no se observan diferencias en la mediana y en el modo en las preguntas 1 y 3. En la pregunta 2 se observa que la mediana pasó del valor 2 al valor 3 y también que el modo pasó de 3 a 4.

M1B CANTIDAD	21	Conocim. Previos	Horas Trabajo	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
PRUEBA 1						
MEDIANA		0	0	3	2	3
MODO		0	0	3	1	3
PRUEBA 2						
MEDIANA		0	0	3	4	3
MODO		0	0	3	4	3

Tabla 5-10 Grupo M1B: mediana y modo

En el grupo M1B (Tabla 5-10 Grupo M1B: mediana y modo) tampoco se observan diferencias en la mediana y en el modo en la pregunta 1 ni en la pregunta 3. Se observa una mejora importante en la pregunta 2, que pasó de tener mediana 2 y modo 1 a tener ambos datos en 4.

N1A CANTIDAD	8	Conocim. Previos	Horas Trabajo	Pregunta 1: Comprensión	Pregunta 2: Búsqueda	Pregunta 3: Transferencia
PRUEBA 1						
MEDIANA		1	0	2	3	2,5
MODO		0	0	1,2,3	3	3
PRUEBA 2						
MEDIANA		1	0	3	2,5	2,5
MODO		0	0	3	1,2,3,4	3

Tabla 5-11 Grupo N1A: mediana y modo

A su vez, en el grupo N1A (Tabla 5-11 Grupo N1A: mediana y modo) se detectan cambios en la pregunta 1, que pasó de tener mediana 2 a mediana 3 y unificarse el modo en 3. Los valores del modo de la pregunta 2 en la segunda prueba se reparten entre 1, 2, 3 y 4 y la mediana pasó de 3 a 2.5. En la pregunta 3 se mantienen los valores.

En resumen, los únicos valores que muestran cambios relativamente grandes están dados en el grupo M1B, en la pregunta 2 que refiere a las formas de resolver problemas.

5.4.2 Distribución de resultados (Totales por prueba, grupo y pregunta)

Se presentan en las siguientes tablas el total de alumnos que obtuvo el valor 0, 1, 2, 3 ó 4 en cada una de las preguntas de la prueba 1 (Tabla 5-12 Totales por grupo y pregunta de Prueba 1) y de la prueba 2 (Tabla 5-13 Totales por grupo y pregunta de Prueba 2). No se analiza en relación a cada alumno en particular. En todos los casos, los porcentajes son aproximados.

PRUEBA 1

M1A	Valor	Preg 1/1		Preg 1/2		Preg 1/3	
	0	0	0%	2	10,53%	0	0%
	1	3	15,79%	1	5,26%	1	5,26%
	2	4	21,05%	7	36,84%	6	31,58%
	3	11	57,90%	9	47,37%	10	52,63%
	4	1	5,26%	0	0%	2	10,53%
	Total	19	100%	19	100%	19	100%

M1B	Valor	Preg 1/1		Preg 1/2		Preg 1/3	
	0	0	0%	1	4,76%	0	0%
	1	4	19,05%	8	38,10%	1	4,76%
	2	5	23,81%	5	23,81%	6	28,57%
	3	10	47,62%	6	28,57%	14	66,67%
	4	2	9,52%	1	4,76%	0	0%
	Total	21	100%	21	100%	21	100%

N1A	Valor	Preg 1/1		Preg 1/2		Preg 1/3	
	0	1	12,5%	0	0%	1	12,5%
	1	2	25%	3	37,5%	1	12,5%
	2	2	25%	0	0%	2	25%
	3	2	25%	4	50%	4	50%
	4	1	12,5%	1	12,5%	0	0%
	Total	8	100%	8	100%	8	100%

Tabla 5-12 Totales por grupo y pregunta de Prueba 1

PRUEBA 2

M1A	Valor	Preg 2/1		Preg 2/2		Preg 2/3	
	0	2	10,53%	3	15,79%	2	10,53%
	1	0	0%	3	15,79%	0	0%
	2	4	21,05%	2	10,53%	6	31,58%
	3	13	68,42%	4	21,05%	11	57,89%
	4	0	0%	7	36,84%	0	0%
	Total	19	100%	19	100%	19	100%

M1B	Valor	Preg 2/1		Preg 2/2		Preg 2/3	
	0	0	0%	0	0%	0	0%
	1	0	0%	1	4,76%	1	4,76%
	2	8	38,10%	2	9,52%	0	0%
	3	13	61,90%	6	28,57%	18	85,72%
	4	0	0%	12	57,15%	2	9,52%
	Total	21	100%	21	100%	21	100%

N1A	Valor	Preg 2/1		Preg 2/2		Preg 2/3	
	0	0	0%	0	0%	1	12,5%
	1	0	0%	2	25%	0	0%

2	3	37,5%	2	25%	3	37,5%
3	5	62,5%	2	25%	4	50%
4	0	0%	2	25%	0	0%
Total	8	100%	8	100%	8	100%

Tabla 5-13 Totales por grupo y pregunta de Prueba 2

Además de la representación tabular, se presentan los datos en forma de histograma (uno por cada pregunta, incluye las dos pruebas): Gráfico 5-1 Pregunta 1, Gráfico 5-2 Pregunta 2 y Gráfico 5-3 Pregunta 3.

Respecto a la pregunta 1 (Gráfico 5-1 Pregunta 1), no se detectan diferencias significativas en la distribución de las notas ni antes ni después de las pruebas en ningún grupo. O sea, el uso del entorno y, o, del material o su ausencia no parece mostrar ningún efecto, ni positivo ni negativo, en cuanto a la comprensión de problemas.

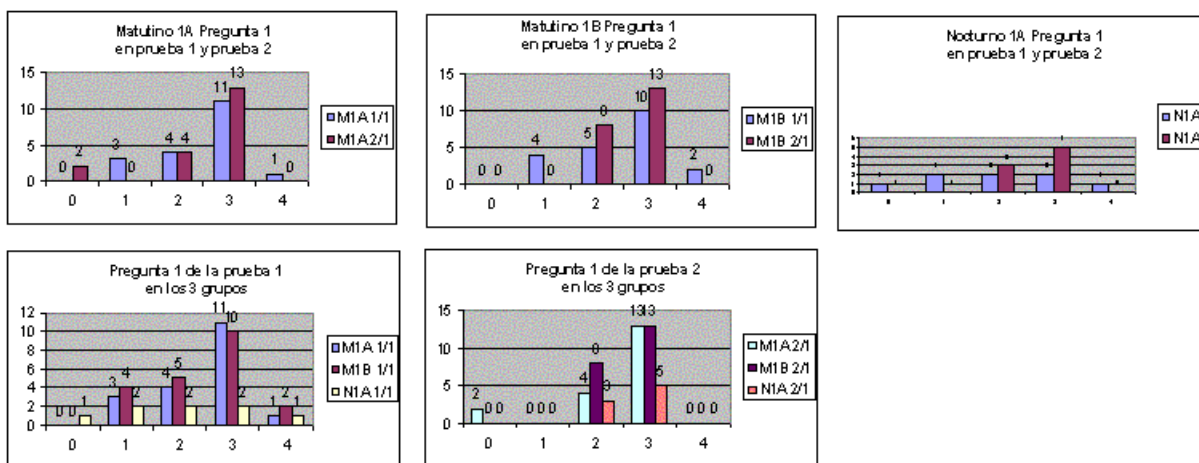


Gráfico 5-1 Pregunta 1

En la pregunta 2 en el M1B, se detectan resultados iniciales inferiores (Gráfico 5-2 Pregunta 2). Se observa una clara mejora en los resultados obtenidos por los alumnos del grupo M1B en relación a esta pregunta de las pruebas, ya que inicialmente la mayoría de los alumnos tenían resultados relativamente bajos (valores 0, 1 y 2) y en la segunda prueba la amplia mayoría obtiene resultados altos (valores 3 y 4). Este fenómeno no se observa en los otros grupos. O sea, en el aspecto de formas de resolución de problemas el uso del entorno y el material es beneficioso, en el sentido que les permite obtener mejores resultados.

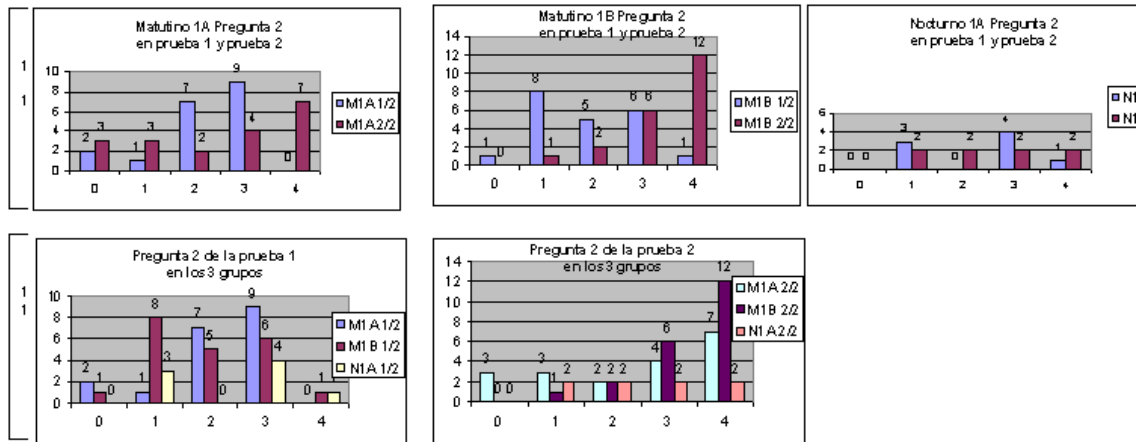


Gráfico 5-2 Pregunt 2

Al analizar los resultados de la pregunta 3 (Gráfico 5-3 Pregunt 3) se observa que, a distribución inicial similar, en la segunda prueba el grupo M1A y el grupo N1A mantienen aproximadamente la distribución de puntajes y que el grupo M1B hay aumento de resultados altos. El uso del entorno junto con el material es beneficioso en el aspecto de transferencia del conocimiento.

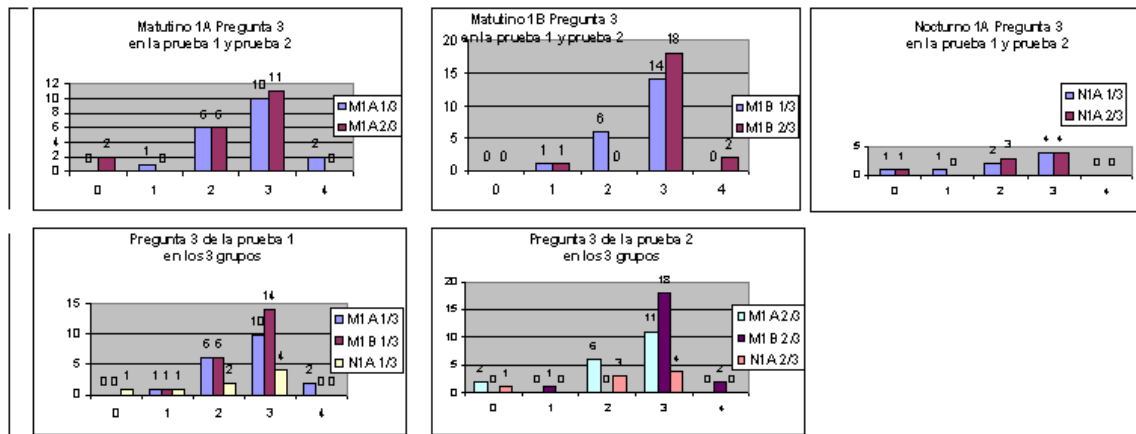


Gráfico 5-3 Pregunt 3

En resumen, del análisis de los resultados individuales, ante distribuciones iniciales casi similares (con peores resultados en grupo M1B en la pregunta 2) se realiza la siguiente inferencia, presentada en la Tabla 5-14 Interpretación de distribución de resultados:

Aspecto	Interpretación
1) Comprensión del problema	No se detectan cambios significativos de distribución de notas obtenidas en ningún caso.
2) Formas de resolver un problema	Se obtienen mejores resultados en el grupo M1B (uso de entorno y material).
3) Transferencia del Conocimiento	Aumento de resultados altos en M1B (uso de entorno y material).

Tabla 5-14 Interpretación de distribución de resultados

5.4.3 Tablas de diferencias personalizadas

5.4.3.1 Tablas de diferencias personalizadas de todos los alumnos

Otra perspectiva es analizar individualmente el progreso. Para ello se consideran las diferencias, o sea, se calcula para cada alumno y pregunta la resta entre la calificación obtenida en la segunda prueba y la respectiva de la primera prueba. Se supone válido realizar esta diferencia y se interpreta el resultado como:

- diferencia positiva: implica mejora,
- diferencia 0: sin mejora ni pérdida y
- diferencia negativa: pérdida o desmejoramiento.

Los valores (de los alumnos que participaron en las dos pruebas) se presentan en las tablas: Tabla 5-15 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas se presentan los resultados para el grupo M1A, en la Tabla 5-16 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas la correspondiente del M1B y en la Tabla 5-17 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas la del N1A. En todos los casos, los porcentajes se presentan aproximados.

M1A	Diferencias		
	Preg 1	Preg 2	Preg 3
Alumno	Prueba 2 - Prueba 1	Prueba 2 - Prueba 1	Prueba 2 - Prueba 1
2	1	2	-2
3	-1	2	0
4	0	-1	2
5	-1	0	-2
6	1	1	-1
7	0	0	0
8	2	0	0
9	0	1	-1
10	-2	-2	-2
12	0	1	-1
14	0	0	0
15	0	3	1
16	-1	1	1
17	0	-1	0
18	0	0	0
19	0	-1	0
20	-1	-3	0
21	0	1	0
23	1	1	-1
Diferencia -4	0	0	0
Diferencia -3	0	1	0
Diferencia -2	1	1	3
Diferencia -1	4	3	4
Diferencia 0	10	5	9
Diferencia 1	3	6	2
Diferencia 2	1	2	1
Diferencia 3	0	1	0
Diferencia 4	0	0	0

Nota: diferencia positiva se considera mejora			
Mejoraron	4	9	3
Iguales	10	5	9
Empeoraron	5	5	7
Total	19	19	19
Total Diferentes	9	14	10
Porcentajes:			
Mejoraron	21,05%	47,36%	15,79%
Iguales	52,63%	26,32%	47,37%
Empeoraron	26,32%	26,32%	36,84%
	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 5-15 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta

M1B	Diferencias		
	Preg 1	Preg 2	Preg 3
Alumno	Prueba 2 - Prueba 1	Prueba 2 - Prueba 1	Prueba 2 - Prueba 1
1	0	2	1
2	0	0	0
3	2	3	0
5	-1	2	1
6	0	3	1
7	-1	1	1
8	0	-1	1
9	1	2	0
10	-2	2	0
11	0	1	0
12	0	2	1
13	0	1	0
14	0	1	0
15	0	3	0
16	0	1	1
17	2	3	0
18	-1	3	1
19	1	0	0
20	1	-1	0
21	0	2	0
24	1	1	0
Diferencia -4	0	0	0
Diferencia -3	0	0	0
Diferencia -2	1	0	0
Diferencia -1	3	2	0
Diferencia 0	11	2	13
Diferencia 1	4	6	8
Diferencia 2	2	6	0
Diferencia 3	0	5	0
Diferencia 4	0	0	0

Nota: diferencia positiva se considera mejora			
Mejoraron	6	17	8
Igual	11	2	13
Empeoraron	4	2	0
Total	21	21	21
Total Diferentes	10	19	8
Porcentajes			

Mejoraron	28,57%	80,95%	38,10%
Iguals	52,38%	9,525%	61,90%
Empeoraron	19,05%	9,525%	0,00%
	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 5-16 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta

N1A	Diferencias		
	Preg 1	Preg 2	Preg 3
	Prueba 2 - Prueba 1	Prueba 2 - Prueba 1	Prueba 2 - Prueba 1
Alumno			
1	-1	0	1
3	2	0	-1
4	2	-1	0
5	0	-1	2
6	-1	0	-3
7	1	3	0
8	2	1	0
9	0	-1	2
Diferencia -4	0	0	0
Diferencia -3	0	0	1
Diferencia -2	0	0	0
Diferencia -1	2	3	1
Diferencia 0	2	3	3
Diferencia 1	1	1	1
Diferencia 2	3	0	2
Diferencia 3	0	1	0
Diferencia 4	0	0	0

Nota: diferencia positiva se considera mejora			
Mejoraron	4	2	3
Igual	2	3	3
Empeoraron	2	3	2
Total	8	8	8
Total Diferentes	6	5	5
Porcentajes			
Mejoraron	50,00%	25,00%	37,50%
Iguals	25,00%	37,50%	37,50%
Empeoraron	25,00%	37,50%	25,00%
	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 5-17 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta

En relación a la pregunta 1, podría interpretarse a la luz de los porcentajes de desmejoramiento (en los tres grupos en el entorno del 20-25%), que no se perjudica la comprensión del problema tanto el material y entorno se use total o parcialmente o no se use en absoluto. Se nota una mejora de 50% en el caso de no uso (N1A) y del 29% en el caso de uso del material y del entorno (M1B). Se podría

considerar que no se ve perjudicada la comprensión del problema ante el uso del material, del entorno o su ausencia y que se obtienen mejores resultados en este aspecto cuando o no se usa nada (N1A) o se usa completo (entorno y material) (M1B).

Observando los valores se nota en la pregunta 2 una diferencia significativa en el grupo M1B (81% de mejora) respecto a los otros grupos (M1A 47% y N1A 25%). Podría atribuirse al uso del material y entorno. Además, hay mayor porcentaje de mejora cuando se brinda el material (M1A, 47%) que cuando no se brinda nada (N1A, 25%). O sea, las formas de resolver problemas se ven mejoradas cuando se usa el entorno y material.

Respecto a la pregunta 3, el uso del material (teórico) y el entorno (práctico) resultó en que ningún alumno del M1B desmejorara. Se observa también que parecería ser mejor no dar sólo el material teórico, o sea, si no se brinda ningún tipo de material vinculado a la gestión del conocimiento y la resolución de problemas, el porcentaje de desmejoramiento es del 25% (N1A) ante el mayor valor de 37% (M1A) que tuvo el grupo que recibió solamente la parte teórica. También se observan porcentajes similares de mejora (38% en M1B y N1A) tanto se utilice todo el material o nada y valores más bajos (16% en M1A) en el grupo que recibió apoyo solamente teórico, lo que reafirma el concepto anterior. La transferencia del conocimiento se ve favorecida (M1B: 38% de mejora y 0% de desmejora) cuando se usa el entorno y el material y se ve algo favorecida cuando no se usa nada (N1A: 38% mejora, 25% desmejora), y se desfavorece si se usa sólo el material (M1A: 16% de mejora, 37% de desmejora).

En resumen, al analizar los resultados obtenidos observando las diferencias individuales se interpreta que, como se presenta en la Tabla 5-18 Interpretación de diferencias personalizadas:

Aspecto	Interpretación
1) Comprensión del problema	No hay desmejoramiento por el uso del entorno y material, material o ninguno de estos elementos.
2) Formas de resolver un problema	La gran mayoría de alumnos mejoran este aspecto cuando se usa el material y entorno. De no disponerse el entorno, se mejora más si se utiliza el material frente a la alternativa de no usar nada.
3) Transferencia del Conocimiento	Se favorece cuando se usa el entorno y el material y se desfavorece cuando se usa sólo el material.

Tabla 5-18 Interpretación de diferencias personalizadas

5.4.3.2 Tablas desglosadas de diferencias personalizadas

En este punto se considerarán la influencia de los factores “conocimiento previo” y “trabajo”, en particular con conocimiento y sin conocimiento previo y sin trabajo. Esta subdivisión se hizo a los efectos de tener presente estos elementos en el análisis, pero no se profundizará posteriormente en este detalle debido a que se estima que los subgrupos son demasiado pequeños.

5.4.3.2.1 Progreso individual en estudiantes sin conocimientos previos

Se consideran exclusivamente aquellos alumnos que manifestaron no tener conocimientos previos de Programación. Se presentan los porcentajes aproximados (Tabla 5-19 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos) y siguientes tablas)

M1A	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	2	15,38%	5	38,46%	2	15,38%
Iguals	7	53,85%	3	23,08%	5	38,46%
Empeoraron	4	30,77%	5	38,46%	6	46,16%

Tabla 5-19 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos)

M1B	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	4	33,33%	11	91,66%	4	33,33%
Iguals	6	50%	1	8,34%	8	66,67%
Empeoraron	2	16,67%	0	0%	0	0%

Tabla 5-20 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos)

N1A	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	2	66,67%	1	33,33%	0	0%
Iguals	0	0%	2	66,67%	1	33,33%
Empeoraron	1	33,33%	0	0%	2	66,67%

Tabla 5-21 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes sin conocimientos previos)

Respecto a la pregunta 1, se constata que da mejores resultados la ausencia del entorno o el uso del entorno (N1A 66% mejora, 33% desmejora; M1B 33% mejora, 16% desmejora) que el uso parcial (M1A 15% mejora, 31% desmejora), o sea, brindar sólo el material teórico no resulta provechoso.

Entre los estudiantes sin conocimientos previos de Programación, se notan importantes mejoras en la pregunta 2 en el grupo M1B (92% mejora) y también en la pregunta 3 (M1B 33% mejora).

En resumen, para aquellos estudiantes sin conocimientos previos, el uso del entorno y material les permite obtener mejores resultados en la pregunta 2 y en la 3.

5.4.3.2.2 Progreso individual en estudiantes con conocimientos previos

Se consideran exclusivamente aquellos alumnos que manifestaron tener conocimientos previos de Programación. Se recuerda que los valores de los porcentajes están aproximados. Se presentan los datos en la Tabla 5-22 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos), en la Tabla 5-23 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos) y en la Tabla 5-24 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos).

M1A	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	2	33,34%	4	66,66%	1	16,67%
Iguals	3	50%	2	33,34%	4	66,66%
Empeoraron	1	16,66%	0	0%	1	16,67%

Tabla 5-22 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos)

M1B	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	2	22,22%	6	66,67%	4	44,44%
Iguals	5	55,56%	1	11,11%	5	55,56%
Empeoraron	2	22,22%	2	22,22%	0	0%

Tabla 5-23 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos)

N1A	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	2	40%	1	20%	3	60%
Iguales	2	40%	1	20%	2	40%
Empeoraron	1	20%	3	60%	0	0%

Tabla 5-24 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes con conocimientos previos)

Entre los estudiantes que manifestaron tener conocimientos previos sobre la materia, se observan valores relativamente similares de mejora y desmejora en la pregunta 1. Respecto a la pregunta 2, parece ser que el uso del material y, o, del entorno favorece (ya que los valores porcentualmente son mejores en el grupo M1A y M1B que en el N1A). También parece deducirse para la pregunta 3 que el uso completo del entorno o su ausencia total da similares resultados, que son mejores que el uso parcial del material.

5.4.3.2.3 Progreso individual en estudiantes sin trabajo

Se consideran exclusivamente aquellos alumnos que indicaron que no trabajan. Los datos se presentan en las tablas: Tabla 5-25 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan), Tabla 5-26 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan) y Tabla 5-27 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan).

M1A	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	2	15,38%	7	53,85%	2	15,38%
Iguales	7	53,85%	2	15,38%	6	46,16%
Empeoraron	4	30,77%	4	30,77%	5	38,46%

Tabla 5-25 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan)

M1B	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	4	23,53%	13	76,48%	7	41,18%
Iguales	10	58,82%	2	11,76%	10	58,82%
Empeoraron	3	17,65%	2	11,76%	0	0%

Tabla 5-26 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan)

N1A	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3	
Mejoraron	4	66,66%	2	33,34%	1	16,67%
Iguales	1	16,67%	2	33,33%	3	50%
Empeoraron	1	16,67%	2	33,33%	2	33,33%

Tabla 5-27 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta (Estudiantes que no trabajan)

Entre los estudiantes que no trabajan, se observa que en las preguntas 2 y 3 hay una mejora destacable en el grupo M1B. A su vez, hay mejora significativa en el N1A en la primera pregunta. En general, para los estudiantes que no trabajan, les beneficia en mayor medida el uso del entorno y en menor medida el uso del material (en preguntas 2 y 3).

5.4.4 Categorías Alta y Baja

Se analizan a continuación la existencia o no de diferencias iniciales cualitativas significativas entre los grupos agrupados por otras categorías. Se recuerda que se consideraron solamente los estudiantes que participaron en las dos pruebas. Para realizar esta comparación se contaron la cantidad de alumnos con respuestas insuficientes (valores 0 y 1, categoría “Baja”) y la cantidad de

alumnos con respuestas suficientes (valores 3 y 4, categoría “Alta”). Se presentan los datos en Tabla 5-28 Categorías Alta y Baja, Prueba 1 y Tabla 5-29 Categorías Alta y Baja, Prueba 2.

Grupo	Prueba 1					
	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3	
	0-1	3-4	0-1	3-4	0-1	3-4
M1A	3/19 15,79%	12/19 63,16%	3/19 15,79%	9/19 47,37%	1/19 5,26%	12/19 63,16%
M1B	4/21 19,05%	12/21 57,14%	9/21 42,86%	7/21 33,33%	1/21 4,76%	14/21 66,66%
N1A	3/8 37,5%	3/8 37,5%	3/8 37,5%	5/8 62,5%	2/8 25%	4/8 50%

Tabla 5-28 Categorías Alta y Baja, Prueba 1

Grupo	Prueba 2					
	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3	
	0-1	3-4	0-1	3-4	0-1	3-4
M1A	2/19 10,52%	13/19 68,42%	6/19 31,57%	11/19 57,89%	2/19 10,52%	11/19 57,89%
M1B	0/21 0,00%	13/21 61,90%	1/21 4,76%	18/21 85,71%	1/21 4,76%	20/21 95,23%
N1A	0/8 0,00%	5/8 62,5%	2/8 25,0%	4/8 50,0%	1/8 12,5%	4/8 50%

Tabla 5-29 Categorías Alta y Baja, Prueba 2

Examinando los grupos M1A y M1B, de tamaños similares, no se detectan diferencias significativas en la primera pregunta de la primera prueba, ya que el grupo M1A tiene 3 alumnos en la categoría baja y 12 en la alta, mientras que el M1B tiene 4 y 12 respectivamente. Comparando con la pregunta 1 de la segunda prueba, se observa que la relación se mantiene aproximadamente igual en el grupo M1A pero hay cierta mejora (disminución) en la cantidad de alumnos de la categoría baja (M1A: 2 baja, 13 alta; M1B: 0 baja, 13 alta). En el grupo nocturno, de tamaño bastante menor, se perciben estas mismas observaciones, ya que inicialmente tenían 3 alumnos en la categoría baja y 3 en la alta y en la segunda prueba la relación es 0 en la baja y 5 en la alta. Podría interpretarse que el uso del entorno conjuntamente con el material o no utilizar ni el entorno ni el material permite a los alumnos obtener resultados mejores que cuando se utiliza parcialmente.

Respecto a la segunda pregunta, a pesar de una marcada relación de mayoría de estudiantes del M1B en categoría rotulada como baja a diferencia de los grupos M1A y N1A que tienen valores superiores, es decir, con menos cantidad de alumnos en esa categoría y más alumnos en la categoría alta, se percibe en los grupos M1A y N1A que se mantienen relativamente -y con criterio amplio- los porcentajes en las categorías alta y baja, y que en el grupo M1B notoriamente disminuye la cantidad de alumnos en la baja (de 43% a 5%) y sube en la alta (de 33% a 86%). O sea, en cuanto a las formas de resolver problemas el uso del entorno aumenta los buenos resultados y disminuye los malos resultados.

En relación a la tercera pregunta, ante condiciones relativamente similares de categoría alta en los 3 grupos, ocurre que se mantienen esas las relaciones iniciales en los grupos M1A y N1A pero hay incremento importante en esa misma categoría del grupo M1B, que se podría atribuir al uso del entorno. Respecto a la categoría baja, se observa desmejoramiento en el grupo M1A, lo que

contribuye a la idea de que es mejor utilizar todo (material y entorno) o nada que solamente el material.

Se presenta en la Tabla 5-30 Interpretación de resultados por categoría el resultado de analizar por categorías alta y baja:

Aspecto	Interpretación
1) Comprensión del problema	Es más beneficioso el uso del entorno y el material conjunto o su ausencia total que el uso parcial.
2) Formas de resolver un problema	El uso del entorno aumenta la cantidad de alumnos con resultados altos y disminuye la cantidad de alumnos con resultados bajos.
3) Transferencia del Conocimiento	Utilizar el entorno aumenta la cantidad de alumnos con buenos resultados. El uso del material exclusivamente resulta en mayor cantidad de alumnos con bajos resultados : es preferible utilizar todo el entorno o nada en absoluto.

Tabla 5-30 Interpretación de resultados por categoría

5.4.5 Aprobación del curso y Deserción del curso

Se presentan en la Tabla 5-31 Aprobación y Deserción los resultados obtenidos en cursos anteriores (donde no se utilizó el material ni el entorno, pero los cursos tuvieron las mismas características generales) y los obtenidos en los 3 grupos del 2002. Los resultados fueron obtenidos a partir de las Actas de los cursos, brindadas por la Coordinación de la Facultad de Ingeniería de Universidad ORT Uruguay.

	Total alumnos inscriptos	Aprobaron el curso	% aprobación	Deserción	% deserción
1999	92	76	82,61%	16	17,39%
	Mat: 66 Noct: 26	Mat: 54 Noct: 22	Mat: 81,81% Noct: 84,62%	Mat: 12 Noct: 4	Mat: 18,18% Noct: 15,38%
2000	77	62	80,52%	15	19,48%
	Mat: 63 Noct: 14	Mat: 48 Noct: 14	Mat: 76,19% Noct: 100%	Mat: 15 Noct: 0	Mat: 23,81% Noct: 0%
2001	94	71	75,53%	23	24,47%
	Mat: 62 Noct: 32	Mat: 48 Noct: 23	Mat: 77,42% Noct: 71,88%	Mat: 14 Noct: 9	Mat: 22,58% Noct: 28,13%
2002	68	57	83,82%	11	16,18%
	Mat: 52 M1A: 25 M1B: 27 Noct: 16	Mat: 43 M1A: 18 M1B: 25 Noct: 14	Mat: 82,69% M1A: 72% M1B: 92,59% Noct: 87,5%	Mat: 9 M1A: 7 M1B: 2 Noct: 2	Mat: 17,31% M1A: 28% M1B: 7,41% Noct: 12,5%

Tabla 5-31 Aprobación y Deserción

En términos generales, en el 2002 se obtuvieron los valores máximos de aprobación y mínimos de deserción. Para tratar de mantener el contexto lo más posible, se compararán por separado cada grupo.

Se constata que el curso del M1A 2002 (con el uso del material exclusivamente) presenta valor inferior de aprobación y valor mayor de deserción en relación a los años anteriores. El grupo M1B

2002 (con el entorno y el material) presenta valor superior de aprobación e inferior de deserción. Se puede inferir que, en general, el uso del entorno es beneficioso para los alumnos en cuanto a la aprobación del curso y que el uso exclusivo del material (M1A) no es beneficioso.

En relación al curso nocturno, donde no se utilizó ni el entorno ni el material, se obtuvo un porcentaje de aprobación y de deserción intermedio, en comparación con otros cursos nocturnos, lo que implicaría que se mantuvieron las características generales.

En resumen y para el caso puntual analizado, el uso del entorno (M1B) permitió obtener mejores resultados de aprobación y el uso exclusivo del material (M1A) no fue beneficioso, en el sentido de que se lograron valores menores de aprobación.

5.4.6 Pruebas Estadísticas

Como se indicó, las pruebas estadísticas aplicables a niveles de medición ordinal son las *no paramétricas* o libres de distribución [Mason, R. *et al.*, 1998]. No se hacen supuestos respecto a la distribución de la población de origen. En todos los casos, se supone que los ensayos son independientes.

5.4.6.1 Prueba del Signo

Según explican Mendenhall y colegas [Mendenhall, W. *et al.*, 1994], supóngase que se dispone de n pares de observaciones de la forma (X_i, Y_i) y que se desea probar la hipótesis de que la distribución de las X es la misma que la de las Y frente a la alternativa de que las distribuciones difieren en ubicación. Sea $D_i = X_i - Y_i$. De acuerdo con la hipótesis nula de que X_i e Y_i proceden de las mismas distribuciones de probabilidad, la probabilidad de que D_i sea positiva es igual a 0,5 (tal como la probabilidad de que D_i sea negativa). Sea M el número total de diferencias positivas (o negativas). Entonces, si las X_i e Y_i tiene la misma distribución, M tendrá una distribución binomial con $p=1/2$. Para la hipótesis nula de $p \neq 1/2$, se rechaza H_0 para valores muy pequeños o muy grandes de M .

Así, como hipótesis nula H_0 se considera que no hay cambios (en la capacidad de comprensión de problemas para la pregunta 1, en la capacidad de búsqueda de alternativas para la pregunta 2 o en la capacidad de transferencia para la pregunta 3) (probabilidad $p=0,5$) y como hipótesis alternativa H_1 se establece que se incrementa la capacidad ($p > 0,5$).

Según Mason y colegas [Mason, R. *et al.*, 1998], para esta prueba se usa la distribución binomial. Es apropiada porque sólo hay 2 resultados posibles: éxito (mejoró) o fracaso (no lo hizo). Para cada ensayo se supone que la probabilidad de éxito p es 0,50 y la de fracaso es 0,50, por esto H_0 tiene $p=0,50$. Para el caso de que la cantidad de pares sea mayor que 20, estos autores señalan que, en vez de aplicar una distribución binomial, se usa la distribución normal de probabilidad.

Se toma como nivel de significación el valor 0,05 (5%) y también el nivel 10% (valores recomendados por Mason y colegas [Mason, R. *et al.*, 1998]). El estadístico de prueba será el número de signos positivos que resultaron en el experimento. Los casos en que no mostraron aumento ni disminución se eliminan de la prueba. (Es una prueba de una cola porque la hipótesis alternativa señala una dirección.) Se calcula la probabilidad acumulada más cercana (sin exceder) al nivel de significación. Esto determina el número de éxitos (NE) correspondientes.

La regla de decisión es: si el número de signos positivos en la muestra supera al número crítico NE, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Así, se cuentan los resultados

positivos, si da mayor que el número anterior se rechaza H_0 , y se puede afirmar que las personas mejoraron su capacidad y que este número de éxitos probablemente no se deba al azar.

5.4.6.1.1 Resultados e interpretación de la prueba del signo

Al aplicar este test a cada pregunta, tomando los valores de las tablas de diferencia presentadas (Tabla 5-15 Grupo M1A: Diferencias entre pruebas por pregunta; Tabla 5-16 Grupo M1B: Diferencias entre pruebas por pregunta y Tabla 5-17 Grupo N1A: Diferencias entre pruebas por pregunta), se obtienen los siguientes resultados, según se presenta en la Tabla 5-32 Prueba del Signo (nivel 5%):

Pregunta 1				
Grupo	Valores	n	NE (Número de éxitos) (con significación 5%)	Interpretación
M1A	4 positivos, 5 negativos, 10 nulos	9	8	Como se obtuvieron 4, no se puede rechazar la hipótesis nula.
M1B	6 positivos, 4 negativos, 11 nulos	10	9	Como se obtuvieron 6, no se puede rechazar la hipótesis nula
N1A	4 positivos, 2 negativos, 2 nulos	6	6	Como se obtuvieron 4, no se puede rechazar la hipótesis nula
Pregunta 2				
Grupo	Valores	n	NE	Interpretación
M1A	9 positivos, 5 negativos, 5 nulos	14	11	Como se obtuvieron 9, no se puede rechazar la hipótesis nula.
M1B	17 positivos, 2 negativos, 2 nulos	19	14	<i>Como se obtuvieron 17, se puede rechazar la hipótesis nula. Hubo mejora en la capacidad de búsqueda de alternativas.</i>
N1A	2 positivos, 3 negativos, 3 nulos	5	5	Como se obtuvieron 2, no se puede rechazar la hipótesis nula
Pregunta 3				
Grupo	Valores	n	NE	Interpretación
M1A	3 positivos, 7 negativos, 9 nulos	10	9	Como se obtuvieron 3, no se puede rechazar la hipótesis nula.
M1B	8 positivos, 0 negativos, 13 nulos	8	7	<i>Como se obtuvieron 8, se puede rechazar la hipótesis nula. Hubo mejora en la capacidad de transferencia del conocimiento.</i>
N1A	3 positivos, 2 negativos, 3 nulos	5	5	Como se obtuvieron 3, no se puede rechazar la hipótesis nula

Tabla 5-32 Prueba del Signo (nivel 5%)

Si se utiliza un nivel de significación del 10% se obtienen los siguientes resultados, según se presentan en la Tabla 5-33 Prueba del Signo (nivel 10%):

Pregunta 1				
Grupo	Valores	n	NE (Número de éxitos) (con significación 10%)	Interpretación
M1A	4 positivos, 5 negativos, 10 nulos	9	7	Como se obtuvieron 4, no se puede rechazar la hipótesis nula.
M1B	6 positivos, 4 negativos, 11 nulos	10	8	Como se obtuvieron 6, no se puede rechazar la hipótesis nula
N1A	4 positivos, 2 negativos, 2 nulos	6	6	Como se obtuvieron 4, no se puede rechazar la hipótesis nula
Pregunta 2				
Grupo	Valores	n	NE	Interpretación
M1A	9 positivos, 5 negativos, 5 nulos	14	10	Como se obtuvieron 9, no se puede rechazar la hipótesis nula.
M1B	17 positivos, 2 negativos, 2 nulos	19	13	<i>Como se obtuvieron 17, se puede rechazar la hipótesis nula. Hubo mejora en la capacidad de búsqueda de alternativas.</i>
N1A	2 positivos, 3 negativos, 3 nulos	5	5	Como se obtuvieron 2, no se puede rechazar la hipótesis nula
Pregunta 3				
Grupo	Valores	n	NE	Interpretación
M1A	3 positivos, 7 negativos, 9 nulos	10	8	Como se obtuvieron 3, no se puede rechazar la hipótesis nula.
M1B	8 positivos, 0 negativos, 13 nulos	8	7	<i>Como se obtuvieron 8, se puede rechazar la hipótesis nula. Hubo mejora en la capacidad de transferencia del conocimiento.</i>
N1A	3 positivos, 2 negativos, 3 nulos	5	5	Como se obtuvieron 3, no se puede rechazar la hipótesis nula

Tabla 5-33 Prueba del Signo (nivel 10%)

En resumen, al nivel 5% se detectan mejoras en la capacidad de búsqueda de alternativas y la de transferencia del conocimiento en el grupo que utilizó el entorno y el material. El uso exclusivo del material o el dictado sin ningún tipo de material no presentaron mejoras en estas capacidades. Estos resultados apoyan la interpretación de diferencias personalizadas presentadas antes (Tabla 5-18 Interpretación de diferencias personalizadas). Se obtienen los mismos resultados que al nivel 5%. Se resumen en la Tabla 5-34 Resumen de casos significativos de Prueba del Signo (5%, 10%).

Grupo	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
M1A	.	.	.
M1B	.	si	si
N1A	.	.	.

Tabla 5-34 Resumen de casos significativos de Prueba del Signo (5%, 10%)

5.4.6.2 Prueba U de Mann-Whitney

El objetivo de esta prueba es determinar si dos muestras independientes provienen o no de la misma población, según Mason y colegas [Mason, R. *et al.*, 1998]. En este test se plantea como hipótesis nula que las distribuciones de las frecuencias poblacionales de dos muestras A y B son idénticas y como hipótesis alternativa que las distribuciones no son idénticas. Mendenhall y colegas [Mendenhall, W. *et al.*, 1994] indican que este test es equivalente a la prueba de suma de rangos de Wilcoxon.

Mendenhall y colegas [Mendenhall, W. *et al.*, 1994] señalan que el estadístico de este test se obtiene de ordenar todas las observaciones de acuerdo a su magnitud y contar las observaciones en la muestra A que preceden a cada una de las observaciones en la muestra B. En caso de empate, se asigna el rango promedio a esos valores repetidos.

En particular, la ayuda del programa Minitab [Minitab, 2000] señala que se establece un “ranking” de las dos muestras combinadas, asignando 1 a la observación menor, 2 a la siguiente menor y así sucesivamente. En caso de empate, se asigna el rango promedio a las que empatan. El programa calcula la suma de los rangos de la primera muestra. Esta suma es el estadístico W.

Para el cálculo del estadístico U, Sachs [Sachs, L., 1978] plantea, como se muestra en la Fórmula 5-1 U de Mann-Whitney:

$$U_1 = n_a n_b + \frac{n_a (n_a + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_a n_b + \frac{n_b (n_b + 1)}{2} - R_2$$

U es el mínimo de U_1 y U_2

Fórmula 5-1 U de Mann-Whitney

W es R_1 , n_a es el número de observaciones de la muestra A y n_b el correspondiente de la muestra B. R_1 es la suma de rangos de la muestra A y R_2 es la suma de rangos de la muestra B.

Mason y colegas [Mason, R. *et al.*, 1998] señalan que, cuando los tamaños de las muestras aumentan, la distribución del estadístico U tiende a la distribución normal. Las fórmulas que siguen (Fórmula 5-2 Valor z, Fórmula 5-3 Valor z para el caso de empates) se pueden aplicar si una de las muestras excede de 20 observaciones, aunque también indican que algunos investigadores aplican la aproximación normal si ambos tamaños de muestra son iguales o mayores que 10. Para los casos de muestras pequeñas se utilizan tablas de U como las provistas por estos mismos autores.

Para el caso de muestras grandes, posteriormente se calcula el valor z, según la Fórmula 5-2 Valor z:

$$z = \frac{\left| U - \frac{n_a n_b}{2} \right|}{\sqrt{\frac{n_a n_b (n_a + n_b + 1)}{12}}}$$

Fórmula 5-2 Valor z

Si hay empates, Sachs [Sachs, L., 1978] sugiere utilizar la Fórmula 5-3 Valor z para el caso de empates

$$z_{\text{empate}} = \frac{\left| U - \frac{n_a n_b}{2} \right|}{\sqrt{\frac{n_a n_b}{s(s-1)} \left(\frac{s^3 - s}{12} - \frac{\sum_i (t_i^3 - t_i)}{12} \right)}}$$

$$s = n_a + n_b$$

Fórmula 5-3 Valor z para el caso de empates

t_i es la cantidad de elementos que empatan en el rango i , por ejemplo si para el lugar 3 hay 11 elementos del primer grupo y 2 del segundo, hay 13 elementos que compiten por un mismo lugar, t_3 vale 13.

Así, con el valor de z calculado, se utilizan tablas de la distribución normal y se calcula la probabilidad. Si el valor de z queda entre -1,96 y 1,96, no se puede rechazar la hipótesis nula de que no existe diferencia al nivel 0,05 [Mason, R. *et al.*, 1998]. Si el valor está entre -1,645 y 1,645, no se puede rechazar la hipótesis nula de que no existe diferencia al nivel 0,10. (Ver Gráfico 5-4 Curvas normales. Escala de z ($z=\pm 1,645$ y $z=\pm 1,96$). La región de rechazo es el área coloreada en los extremos de la curva. [Lane, D., 2001]).

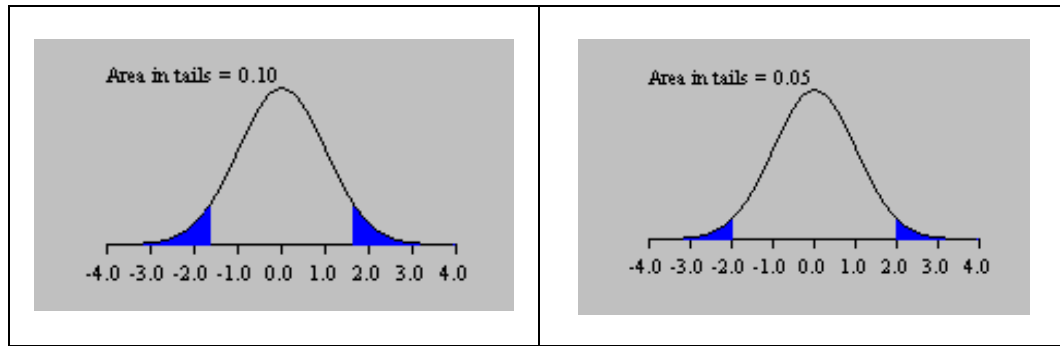


Gráfico 5-4 Curvas normales. Escala de z ($z=\pm 1,645$ y $z=\pm 1,96$)

5.4.6.2.1 Resultados de la prueba U de Mann-Whitney

Se presentan los resultados de comparar cada par de grupos en cada una de las preguntas, según se muestra en Tabla 5-35 Pruebas de U: Mann-Whitney.¹

Grupo	Grupo	Prueba 1 Preg. 1	Prueba 1 Preg. 2	Prueba 1 Preg. 3	Prueba 2 Preg. 1	Prueba 2 Preg. 2	Prueba 2 Preg. 3
M1A	M1B	a	b	c	d	e	f
M1B	N1A	g	h	i	j	k	l
M1A	N1A	m	n	o	p	q	r

Tabla 5-35 Pruebas de U: Mann-Whitney

En particular, los resultados de comparar el grupo M1A con el M1B son:

a) Prueba 1, Pregunta 1, Grupo M1A y M1B

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 1 Preg 1; Grupo M1B Prueba 1 Preg 1

```

Grupo M1  N = 19      Median =      3,000
Grupo M1  N = 21      Median =      3,000
Point estimate for ETA1-ETA2 is      -0,000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,000;1,000)
W = 396,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,8709
The test is significant at 0,8592 (adjusted for ties)
    
```

Cannot reject at alpha = 0,05

Para interpretar estos datos se debe tener en cuenta que Minitab [Minitab, 2000] calcula las medianas de la muestra de los datos ordenados como 3 y 3, valores coincidentes a los presentados en las Tabla 5-9 Grupo M1A: mediana, modo y Tabla 5-10 Grupo M1B: mediana y modo. El intervalo de confianza al 95,2% para la diferencia de las medianas (ETA1-ETA2) es (-0,000; 1,000). El estadístico W es 396. El programa Minitab ya presenta el valor de probabilidad correspondiente al z calculado según Fórmula 5-2 Valor z y Fórmula 5-3 Valor z para el caso de empates. Corresponde al valor p (probabilidad de cometer un error de tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando es cierta) de 0,8709 o de 0,8592 ajustado para empates. Como el valor p no es menor al nivel elegido de 0,05, se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar H₀. Los datos no permiten dar soporte a la hipótesis de que hay diferencia entre las poblaciones. Para el nivel de significación 0,10, tampoco se rechaza H₀.

¹ Se utilizó el paquete de software estadístico MINITAB versión 13.32 [Minitab, 2000] y además se realizaron verificaciones manuales de los valores, utilizando tablas [Mason, R. *et al.*, 1998].

b) Prueba 1, Pregunta 2, Grupo M1A y M1B

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 1 Preg 2; Grupo M1B Prueba 1 Preg 2

Grupo M1 N = 19 Median = 2,000
Grupo M1 N = 21 Median = 2,000
Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,000;1,000)
W = 429,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,2847
The test is significant at 0,2618 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

c) Prueba 1, Pregunta 3, Grupo M1A y M1B

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 1 Preg 3; Grupo M1B Prueba 1 Preg 3

Grupo M1 N = 19 Median = 3,0000
Grupo M1 N = 21 Median = 3,0000
Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,0000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,0003;0,0000)
W = 396,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,8603
The test is significant at 0,8397 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

d) Prueba 2, Pregunta 1, Grupo M1A y M1B

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 2 Preg 1; Grupo M1B Prueba 2 Preg 1

Grupo M1 N = 19 Median = 3,0000
Grupo M1 N = 21 Median = 3,0000
Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,0000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,0001;0,0002)
W = 394,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,9030
The test is significant at 0,8841 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

e) Prueba 2, Pregunta 2, Grupo M1A y M1B

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 2 Preg 2; Grupo M1B Prueba 2 Preg 2

Grupo M1 N = 19 Median = 3,000
Grupo M1 N = 21 Median = 4,000
Point estimate for ETA1-ETA2 is -1,000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-2,000;-0,000)
W = 324,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0807
The test is significant at 0,0619 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 no se rechaza H0, pero para el nivel 0,10 se rechaza.

f) Prueba 2, Pregunta 3, Grupo M1A y M1B

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 2 Preg 3; Grupo M1B Prueba 2 Preg 3

Grupo M1 N = 19 Median = 3,0000
 Grupo M1 N = 21 Median = 3,0000
 Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,0000
 95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1,0000;-0,0002)
 W = 306,0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0246
 The test is significant at 0,0042 (adjusted for ties)

En ambos niveles, se rechaza H0.

Los resultados de comparar el grupo M1B con el N1A son:

g) Prueba 1, Pregunta 1, Grupo M1B y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1B Prueba 1 Preg 1; Grupo N1A Prueba 1 Preg 1

Grupo M1 N = 21 Median = 3,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 2,000
 Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,000
 95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1,000;1,999)
 W = 334,0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,3667
 The test is significant at 0,3430 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

h) Prueba 1, Pregunta 2, Grupo M1B y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1B Prueba 1 Preg 2; Grupo N1A Prueba 1 Preg 2

Grupo M1 N = 21 Median = 2,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 3,000
 Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,000
 95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-2,000;0,000)
 W = 295,5
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,3539
 The test is significant at 0,3284 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

i) Prueba 1, Pregunta 3, Grupo M1B y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1B Prueba 1 Preg 3; Grupo N1A Prueba 1 Preg 3

Grupo M1 N = 21 Median = 3,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 2,500
 Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,000
 95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0,001;1,000)
 W = 334,5
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,3539
 The test is significant at 0,2813 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

j) Prueba 2, Pregunta 1, Grupo M1B y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1B Prueba 2 Preg 1; Grupo N1A Prueba 2 Preg 1

Grupo M1 N = 21 Median = 3,0000
Grupo N1 N = 8 Median = 3,0000
Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,0000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,00003;0,00002)
W = 314,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 1,0000
The test is significant at 1,0000 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

k) Prueba 2, Pregunta 2, Grupo M1B y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1B Prueba 2 Preg 2; Grupo N1A Prueba 2 Preg 2

Grupo M1 N = 21 Median = 4,000
Grupo N1 N = 8 Median = 2,500
Point estimate for ETA1-ETA2 is 1,000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0,001;2,000)
W = 352,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0749
The test is significant at 0,0553 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

No se rechaza H0 para el nivel 0,05, pero para el nivel 0,10 se rechaza.

l) Prueba 2, Pregunta 3, Grupo M1B y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1B Prueba 2 Preg 3; Grupo N1A Prueba 2 Preg 3

Grupo M1 N = 21 Median = 3,000
Grupo N1 N = 8 Median = 2,500
Point estimate for ETA1-ETA2 is 1,000
95,2 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,000;1,000)
W = 356,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0481
The test is significant at 0,0084 (adjusted for ties)

Se rechaza H0 para ambos niveles.

Finalmente, los resultados de comparar el grupo M1A con el N1A son:

m) Prueba 1, Pregunta 1, Grupo M1A y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 1 Preg 1; Grupo N1A Prueba 1 Preg 1

Grupo M1 N = 19 Median = 3,000
Grupo N1 N = 8 Median = 2,000
Point estimate for ETA1-ETA2 is 1,000
95,4 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,001;2,000)
W = 285,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,3130
The test is significant at 0,2799 (adjusted for ties)

Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

n) Prueba 1, Pregunta 2, Grupo M1A y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 1 Preg 2; Grupo N1A Prueba 1 Preg 2

Grupo M1 N = 19 Median = 2,000
Grupo N1 N = 8 Median = 3,000
Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,000

95,4 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1,000;1,000)
 W = 257,5
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,6710
 The test is significant at 0,6485 (adjusted for ties)
 Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

o) Prueba 1, Pregunta 3, Grupo M1A y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 1 Preg 3; Grupo N1A Prueba 1 Preg 3

Grupo M1 N = 19 Median = 3,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 2,500
 Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,000
 95,4 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0,000;1,000)
 W = 285,5
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,3130
 The test is significant at 0,2695 (adjusted for ties)
 Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

p) Prueba 2, Pregunta 1, Grupo M1A y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 2 Preg 1; Grupo N1A Prueba 2 Preg 1

Grupo M1 N = 19 Median = 3,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 3,000
 Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,000
 95,4 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,000;1,000)
 W = 267,5
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,9577
 The test is significant at 0,9489 (adjusted for ties)
 Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

q) Prueba 2, Pregunta 2, Grupo M1A y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 2 Preg 2; Grupo N1A Prueba 2 Preg 2

Grupo M1 N = 19 Median = 3,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 2,500
 Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,000
 95,4 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1,000;1,001)
 W = 268,0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,9365
 The test is significant at 0,9346 (adjusted for ties)
 Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

r) Prueba 2, Pregunta 3, Grupo M1A y N1A

Mann-Whitney Test and CI: Grupo M1A Prueba 2 Preg 3; Grupo N1A Prueba 2 Preg 3

Grupo M1 N = 19 Median = 3,000
 Grupo N1 N = 8 Median = 2,500
 Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,000
 95,4 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,000;1,000)

W = 272,0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,7703
 The test is significant at 0,7427 (adjusted for ties)
 Cannot reject at alpha = 0,05

Para el nivel de significación 0,05 y 0,10 no se rechaza H0.

5.4.6.2.2 Análisis de resultados de la prueba U de Mann-Whitney

Se incluye un resumen de todos los casos. (Tabla 5-36 Resumen de casos significativos de Mann-Whitney (5%) y Tabla 5-37 Resumen de casos significativos de Mann-Whitney (10%)).

Grupo	Grupo	Prueba 1 Preg. 1	Prueba 1 Preg.2	Prueba 1 Preg. 3	Prueba 2 Preg. 1	Prueba 2 Preg. 2	Prueba 2 Preg. 3
M1A	M1B	.	.	.	.	.	si
M1B	N1A	.	.	.	.	.	si
M1A	N1A	.	.	.	.	.	.

Tabla 5-36 Resumen de casos significativos de Mann-Whitney (5%)

Grupo	Grupo	Prueba 1 Preg. 1	Prueba 1 Preg.2	Prueba 1 Preg. 3	Prueba 2 Preg. 1	Prueba 2 Preg. 2	Prueba 2 Preg. 3
M1A	M1B	.	.	.	.	si	si
M1B	N1A	.	.	.	.	si	si
M1A	N1A	.	.	.	.	.	.

Tabla 5-37 Resumen de casos significativos de Mann-Whitney (10%)

En la primera prueba, en ninguna de las 3 preguntas se detectan diferencias significativas al 5% entre los pares de grupos (M1A-M1B, M1B-N1A y M1A-N1A). En la segunda prueba, al nivel 5% se constatan diferencias entre el grupo M1A y M1B respecto a la tercera pregunta y también entre el M1B y N1A en esa misma pregunta. O sea, el uso del entorno marcó una diferencia significativa considerando la transferencia de conocimiento. Si se considera el nivel 10%, se constatan diferencias además en las formas de resolver problemas. Esto apoya las inferencias previas (Tabla 5-14 Interpretación de distribución de resultados).

5.4.6.3 Prueba de Kruskal-Wallis

Para el caso de datos de escala ordinal y, o, poblaciones no normales, Mason y colegas [Mason, R. *et al.*, 1998] señalan que no se puede aplicar análisis de varianza (ANOVA) para determinar si son iguales tres o más medias poblacionales. En el caso particular indican que se puede utilizar la prueba no paramétrica de significación de Kruskal y Wallis. La prueba se denomina *Análisis de varianza de un sentido por rangos de Kruskal y Wallis*. Las muestras deben ser independientes.

Para realizar la prueba, se combinan todos los valores de las muestras, se ordenan los valores de menor a mayor y los valores ordenados se reemplazan por rangos comenzando con 1 para el valor más bajo. La hipótesis nula H0 es que son iguales las distribuciones poblacionales y la hipótesis alternativa H1 es que no todas las distribuciones son iguales. Según lo establecido en la ayuda de Minitab ([Minitab, 2000]), el estadístico H tiene por fórmula (Fórmula 5-4 Estadístico H):

$$H = \frac{12 \sum n_i [\bar{R}_i - \bar{R}]^2}{N(N+1)}$$

Fórmula 5-4 Estadístico H

siendo N el total de observaciones, n_i el número de observaciones en cada grupo, \bar{R}_i el promedio de los rangos en el grupo i y \bar{R} el promedio de todos los rangos. Según Mason y colegas [Mason, R. *et al.*, 1998] también se puede expresar como se muestra en la Fórmula 5-5 Estadístico H:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left[\frac{(\sum R_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum R_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum R_k)^2}{n_k} \right] - 3(N+1)$$

Fórmula 5-5 Estadístico H (otra forma)

Para el caso de valores repetidos, suponiendo que hay j valores diferentes entre las N observaciones y que para cada j-ésimo valor diferentes hay d_j valores iguales, se calcula el valor H ajustado según la Fórmula 5-6 Estadístico H ajustado:

$$H(\text{adj}) = \frac{H}{1 - [\sum (d_j^3 - d_j) / (N^3 - N)]}$$

Fórmula 5-6 Estadístico H ajustado

La distribución de H está muy cercana a la distribución de Ji cuadrada con k-1 grados de libertad si el tamaño de la muestra es de 5 por lo menos ([Mason, R. *et al.*, 1998]). Se acepta H_0 si el valor calculado de H es menor o igual al valor crítico para los grados de libertad y nivel de riesgo establecidos (en este caso 2 grados de libertad y significación 0,05 ó 0,10; para 0,05 el valor crítico es 5,991, como se muestra en el Gráfico 5-5 Ji cuadrada, 2 grados de libertad, nivel 0,05; y para 0,10 el valor es 4,605).

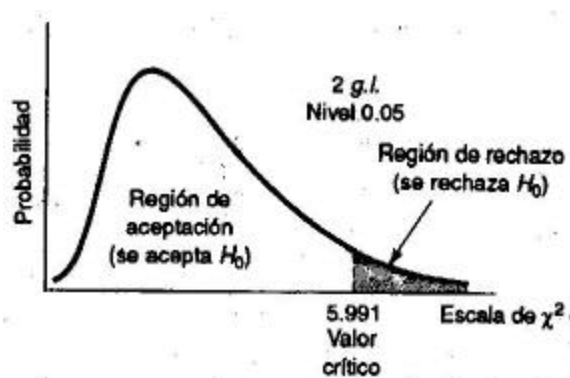


Gráfico 5-5 Ji cuadrada, 2 grados de libertad, nivel 0,05

El valor p representa la probabilidad de cometer un error de tipo 1, que corresponde a rechazar la hipótesis nula cuando es cierta. Habitualmente se rechaza la hipótesis nula cuando p es menor que 0,05 o 0,10. Así, los resultados de este test se interpretan: si el valor de p obtenido es menor que el nivel de significación (0,05, 0,10), se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencia entre las muestras, en otro caso se acepta la hipótesis nula.

5.4.6.3.1 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis

Se detallan los resultados obtenidos al aplicar la prueba en los diferentes casos, resultados corroborados manualmente. Se utilizó Minitab [Minitab, 2000]. Como referencia, se incluye la Tabla 5-38 Pruebas de Kruskal Wallis.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
Prueba 1	a	b	c
Prueba 2	d	e	f

Tabla 5-38 Pruebas de Kruskal Wallis

a) Prueba 1, Pregunta 1

Kruskal-Wallis Test: Prueba 1 Pregunta 1 versus Grupo

Kruskal-Wallis Test on Prueba 1

Grupo	N	Median	Ave Rank	Z
M1A	19	3,000	25,9	0,55
M1B	21	3,000	25,1	0,26
N1A	8	2,000	19,7	-1,07
Overall	48		24,5	

H = 1,16 DF = 2 P = 0,559
 H = 1,34 DF = 2 P = 0,512 (adjusted for ties)

El valor de z_j presentado se calcula, según indica en la ayuda de Minitab [Minitab, 2000]:

$$z_j = \frac{\bar{R}_j - (N + 1) / 2}{\sqrt{[(N + 1) (N / n_j - 1) / 12]}}$$

Las medianas de la muestra para los 3 tratamientos fueron calculadas como 25,9, 25,1 y 19,7. El valor z para el grupo M1B es 0,26. Es el menor valor absoluto de z. Esto indica que la mediana “rankeada” para el tratamiento 2 difiere menos de la mediana “rankeada” para todas las observaciones. La mediana “rankeada” para el N1A fue menor que la mediana “rankeada” de todas las observaciones, pues el valor es negativo (-1,07). El valor de mediana “rankeada” para el M1A es mayor que la mediana “rankeada” para todas las observaciones, pues su valor es positivo (0,55).

El estadístico H tiene un valor de p de 0,559 y 0,512 para el caso no ajustado y el caso ajustado de empate. Indica que la hipótesis nula puede ser rechazada a niveles mayores de 0,559 en favor de la hipótesis alternativa de al menos una diferencia entre los tratamientos. En particular tomando nivel 0,05, como el valor p es mayor que 0,05 se acepta la hipótesis nula. Al nivel 0,10, también se acepta la hipótesis nula.

b) Prueba 1, Pregunta 2

Kruskal-Wallis Test: Prueba1 Pregunta 2 versus Grupo

Kruskal-Wallis Test on Prueba1

Grupo	N	Median	Ave Rank	Z
M1A	19	2,000	26,2	0,66
M1B	21	2,000	21,7	-1,24
N1A	8	3,000	28,0	0,77
Overall	48		24,5	

H = 1,63 DF = 2 P = 0,443
 H = 1,79 DF = 2 P = 0,408 (adjusted for ties)

Tanto a nivel 0,05 como 0,10, se acepta la hipótesis nula.

c) Prueba 1, Pregunta 3

Kruskal-Wallis Test: Prueba 1 Pregunta 3 versus Grupo

Kruskal-Wallis Test on Prueba 1

Grupo	N	Median	Ave Rank	Z
M1A	19	3,000	25,9	0,56
M1B	21	3,000	25,1	0,26
N1A	8	2,500	19,6	-1,08
Overall	48		24,5	

H = 1,20 DF = 2 P = 0,550

H = 1,54 DF = 2 P = 0,463 (adjusted for ties)

En ambos niveles (0,05, 0,10) se acepta la hipótesis nula.

d) Prueba 2, Pregunta 1

Kruskal-Wallis Test: Prueba 2 Pregunta 1 versus Grupo

Kruskal-Wallis Test on Prueba 2

Grupo	N	Median	Ave Rank	Z
M1A	19	3,000	24,8	0,14
M1B	21	3,000	24,2	-0,11
N1A	8	3,000	24,4	-0,03
Overall	48		24,5	

H = 0,02 DF = 2 P = 0,990

H = 0,03 DF = 2 P = 0,986 (adjusted for ties)

Tanto a nivel 0,05 como 0,10, se acepta la hipótesis nula.

e) Prueba 2, Pregunta 2

Kruskal-Wallis Test: Prueba 2 Pregunta 2 versus Grupo

Kruskal-Wallis Test on Prueba 2

Grupo	N	Median	Ave Rank	Z
M1A	19	3,000	21,2	-1,33
M1B	21	4,000	29,4	2,12
N1A	8	2,500	19,6	-1,08
Overall	48		24,5	

H = 4,56 DF = 2 P = 0,102

H = 5,09 DF = 2 P = 0,079 (adjusted for ties)

Al nivel 0,05, se acepta la hipótesis nula. Al nivel 0,10, se rechaza (considerando el valor para empates).

f) Prueba 2, Pregunta 3

Kruskal-Wallis Test: Prueba 2 Pregunta 3 versus Grupo

Kruskal-Wallis Test on Prueba 2

Grupo	N	Median	Ave Rank	Z
M1A	19	3,000	20,4	-1,63
M1B	21	3,000	30,4	2,59
N1A	8	2,500	18,6	-1,30

Overall 48 24,5
 H = 6,79 DF = 2 P = 0,034
 H = 10,15 DF = 2 P = 0,006 (adjusted for ties)

En ambos niveles (0,05, 0,10) se rechaza la hipótesis nula.

5.4.6.3.2 Análisis de resultados de la prueba de Kruskal-Wallis

Se presenta un resumen de los casos significativos obtenidos al aplicar esta prueba al nivel 5% (Tabla 5-39 Resumen de casos significativos de Kruskal Wallis (5%)) y al nivel 10% (Tabla 5-40 Resumen de casos significativos de Kruskal Wallis (10%)).

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
Prueba 1	.	.	.
Prueba 2	.	.	si

Tabla 5-39 Resumen de casos significativos de Kruskal Wallis (5%)

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
Prueba 1	.	.	.
Prueba 2	.	si	si

Tabla 5-40 Resumen de casos significativos de Kruskal Wallis (10%)

Revisando los valores obtenidos para el 5% y 10%, en ninguna de las 3 preguntas de la prueba inicial se detectan diferencias significativas. Se puede establecer así que los grupos inicialmente no son diferentes.

Luego de los diferentes tratamientos y como resultado de la segunda prueba se constata que se presentan diferencias en la pregunta 3 al nivel 5%. Según el test aplicado, se verifica que los grupos no son iguales en este punto. No se detectan diferencias en las 2 primeras preguntas. Si se considera el nivel 10%, se perciben diferencias en la pregunta 2 y la pregunta 3. Las diferencias detectadas con este test apoyan las inferencias realizadas en puntos previos.

5.5 Conclusiones de la experimentación

La hipótesis de trabajo expresa que el entorno favorece la enseñanza comprensiva, la búsqueda de nuevos caminos para resolver problemas y la transferencia de conocimiento.

De todos los análisis realizados, respecto a cada una de las variables consideradas y ante condiciones iniciales similares, se puede concluir que, como se presenta en la Tabla 5-41 Resultados globales:

Comprensión del problema	No se detectaron beneficios o perjuicios respecto a la capacidad de comprensión de problemas al utilizar (o no) el entorno y, o, el material de gestión de conocimiento y resolución de problemas.
Formas de resolver un problema	En los alumnos que utilizaron el entorno, se percibe una mejora en este aspecto. Estos alumnos son capaces de encontrar, aplicar y, o mostrar mayor cantidad de formas de resolver un problema.
Transferencia del conocimiento	Los alumnos que utilizaron el entorno mejoran su capacidad de transferencia del conocimiento.

Tabla 5-41 Resultados globales

Entonces, en cuanto al desarrollo de estrategias de resolución de problemas así como en la transferencia de conocimiento el uso del entorno resultó bueno, en el sentido aristotélico [Aristóteles, 1966], tomando como definición de bueno: “aquello que sea digno de ser escogido por sí mismo; aquello con cuya presencia uno se encuentra bien y se halla satisfecho.”

Se concluye en general que, a partir del análisis de los datos obtenidos, el uso del entorno permite que el alumno amplíe o mejore sus formas de resolución de problemas así como sus capacidades para realizar la transferencia de conocimiento.

5.6 Resumen

En este capítulo se presenta la experimentación realizada. En primera instancia se explican las características de la materia Programación I. Se formula la hipótesis: *el entorno favorece la enseñanza comprensiva, la búsqueda de nuevos caminos y la transferencia de conocimiento*. Posteriormente se seleccionan las variables dependientes a observar: *comprensión del problema, formas de resolver un problema y transferencia del conocimiento*. Se elige y justifica el uso de escalas ordinales así como el uso de estadística no paramétrica. Se presenta en forma detallada la forma en que se diseñó y desarrolló el experimento, incluyendo los instrumentos utilizados.

Se tuvo en cuenta al realizar esta experimentación que los objetivos de investigación se definieran claramente, que el diseño experimental esté relacionado con la hipótesis, que se validaran los instrumentos de evaluación, y que los datos se recolectaran de manera objetiva y se representaran de manera también adecuada.

Se incluye la bitácora de la experimentación y el detalle completo de los resultados obtenidos. A partir de estos datos, se resumen de diversas formas en tablas y gráficos y se realizan varios posibles análisis, agrupándolos por diferentes conceptos. Por cada aspecto analizado, se incluyen los datos correspondientes y la interpretación de los mismos. Finalmente, se presenta un análisis global y las conclusiones de la experimentación. En pocas palabras, se detecta que el entorno resulta beneficioso en los aspectos de formas de resolución de problemas y transferencia del conocimiento.

6 Conclusiones del trabajo

... Una vez que has dicho algo, ahí queda, y debes aceptar las consecuencias.

De la Reina Roja a Alicia
Cap IX: Alicia Reina

Lewis Carroll

El ámbito en el que se enmarca esta tesis doctoral es el del diseño de entornos de aprendizaje. En concreto, se formula un modelo basado en la gestión del conocimiento.

En el capítulo 1 se han presentado los antecedentes que contextualizan y marcan la importancia del trabajo. El valor del aprendizaje y su creciente necesidad en el mundo actual y futuro así como las dificultades actuales de la educación, hace que sea necesario dirigirse hacia otros esquemas. Uno de estos esquemas es el de entornos de aprendizaje usando la gestión del conocimiento, en vez de los entornos convencionales que están basados en técnicas de enseñanza que siguen los mismos criterios siempre. Como se considera que aprender es gestionar el conocimiento y, o, el desconocimiento, aquí se propone que los entornos deben tener esta característica. Además el centro es el estudiante, en la gestión de los conocimientos y la de sus aprendizajes.

Este nuevo modelo de entorno utiliza las más avanzadas técnicas de ingeniería y de gestión del conocimiento, pues integra conceptos e ideas provenientes de la gestión del conocimiento, habitualmente aplicadas al área empresarial (como por ejemplo las memorias institucionales) y de la ingeniería (como modelado y ontologías). Esta combinación no aparece tradicionalmente relacionada a los entornos de aprendizaje.

Del relevamiento bibliográfico presentado en el capítulo 1 y en el capítulo 2 se constata que hay variada información sobre entornos pero ninguno con las características del propuesto. Una carencia detectada es la falta de resultados concretos: se encontraron muchas propuestas pero pocas con información detallada de beneficios reales cuantificados.

La solución propuesta es *original* en tanto brinda un modelo de entornos diferente a todos los analizados, es *aplicable* pues se ha demostrado su viabilidad a través del sistema PLE:ASE y es *eficiente* (en el sentido que tiene la capacidad para lograr un efecto determinado [Real Academia Española, 1970]), pues, a partir del análisis de los datos obtenidos en la experimentación, el uso del entorno permite que el alumno amplíe o mejore sus formas de resolución de problemas así como sus capacidades para realizar la transferencia de conocimiento. Se cumple con los pilares de la gestión de los conocimientos, pues se permite explorarlo, encontrarle el valor y manejarlo activamente ([Wiig, K., 1999]).

Las aportaciones de esta tesis son en definitiva:

- **teóricas:**
 - una definición (actualizada) de entorno de aprendizaje,
 - estudio de caracterización y clasificación de los entornos de aprendizaje identificando sus elementos,
 - una arquitectura de modelo de entornos de aprendizaje basados en la gestión del conocimiento,

- **metodológicas:**
 - estudio y clasificación de los tipos de conocimiento, que permitieron formular una conceptualización sobre dichos tipos de conocimiento fundamentada en ontologías, o sea un lenguaje común que brindará, por ejemplo, oportunidades para la colaboración, el uso de la experiencia y las búsquedas con filtros adecuados.
 - una experimentación completa, con todos los datos y cuadernos de experimentación disponibles.
- **prácticas:**
 - un prototipo de entorno de aprendizaje, basado en la gestión del conocimiento. Dicho entorno está disponible para su uso local.

7 Líneas futuras de investigación y trabajos adicionales

*“Y guarden estas palabras
Que les digo al terminar:
En mi obra he de continuar
hasta dársela concluída
Si el ingenio o si la vida
No me llegan a faltar.”*

José Hernández
La vuelta de Martín Fierro, Canto XXXIII

Luego de diseñado el modelo y aplicado en una versión preliminar, hay varias líneas a considerar para trabajos futuros.

Una primera línea consiste en incluir la tutoría inteligente automatizada, dotando al entorno de agentes de forma que colaboren en la selección y sugerencia de conocimientos. También podrían incluirse elementos que permitan el trabajo cooperativo. Otra posible línea, dado que se realizó una versión reducida del entorno, es realizar una versión completa del mismo, con todos los contenidos de la materia, en este caso Programación.

En el área de ontologías, se propone extender y ampliar más la ontología propuesta.

Otra opción es aplicarlo a otras áreas, para constatar (o no) su aplicabilidad. La experimentación podría replicarse en otros grupos y debería considerarse también la influencia de otros factores como, por ejemplo, el perfil del estudiante: sexo, edad, historial académico, etc.

8 Bibliografía

1. [Aaker, D. *et al.*, 1989] David Aaker, George S. Day: *Investigación de Mercados*. México: Mc. Graw Hill, 1989, 3era. edición
2. [Ackoff, R., 1993] Russell Ackoff: *Las fábulas antiburocráticas de Ackoff*. España: Editorial Granica SA, 1993
3. [Almeida, S. *et al.*, 1997] Santiago Almeida, Juan Pedro Febles, Odalys Bolaños: *Evolución de la enseñanza asistida por computadoras*. En: *Educ. Med. Sup.* 11(1), pp.31-38, 1997
4. [Alonso-Amo F. *et al.*, 1992] F. Alonso-Amo, J. Maté, J. L. Morant, J. Pazos: *From Epistemology to Gnoseology: Foundations of the Knowledge Industry*. En: *AI & Society*, Volume 6, Number 2, pp 140-166, Springer International, 1992
5. [Alvarez, R., 2000] Roberto Alvarez Roldán: *eChange: El lado humano de la economía digital*. España: Ediciones Granica SA, 2000
6. [Amauta, 2001] Amauta Organización: *Facilitación de aprendizaje y gestión del conocimiento*. Ver documento en: <http://www.amauta.org/FA.htm>. Descargado en 7/8/2001
7. [Ambrosio, J., 2000] Johanna Ambrosio: *Knowledge Management Mistakes*. En: *Computerworld*, Vol 34, Issue 27, p. 44, 7/3/2000.
8. [Andersen C., 1991] Andersen Consulting & Co. *El nuevo orden tecnológico*. Bs. Aires: Ediciones Macchi, 1991.
9. [Andina, O., 2002] Orual Andina: *Carta personal de O. Andina a Inés Friss de Kereki*. Montevideo, 2002
10. [Andrade, J., 2002] Javier Andrade: *Tesis doctoral: Un marco metodológico para el modelado conceptual*. España: Universidade Da Coruña, 2002
11. [Andre, T., 1986] Thomas Andre: *Problem Solving and Education*. En: *Cognitive Classroom learning, understanding, thinking and problem solving*. (Editado por Gary Phye y Thomas Andre). USA: Academic Press, 1986
12. [Antonio, A. de *et al.*, 2003] Angélica de Antonio, José Ma. Barreiro, José Crespo, Juan Pazos, Alfonso Rodríguez-Patón, Andrés Silva: *Informe técnico sobre e-learning para la Agencia Tributaria Española*. Madrid, 2003
13. [Aristóteles, 1966] Aristóteles: *El arte de la retórica*. Argentina: EUDEBA (Traducción E. Granero), 1966
14. [Armarego, J. *et al.*, 2001] Jocelyn Armarego, Lynne Fowler, Geoffrey G. Roy: *Constructing Engineering Knowledge: development of an online learning environment*. En: IEEE: Proceedings of the 14th. Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET'01), North Carolina, 2001
15. [Atherton, J., 2001] James Atherton: *Tacit knowledge and Implicit learning*. Ver documento en: <http://www.dmu.ac.uk/~jamesa/learning/tacit.htm>. Descargado en 23/1/2002.

16. [Ausubel, D. *et al.*, 1990] David Ausubel, Joseph Novak, Helen Hanesian: *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas, SA de CV, 2da, edición, 1990
17. [Avila, P. *et al.*, 2001] Patricia Avila, Martha Bosco: *Ambientes virtuales de aprendizaje - una nueva experiencia*.
Ver documento en:
<http://investigacion.ilce.edu.mx/dice/articulos/articulo11.htm>
Descargado en 8/9/2001
18. [Azevedo, B. *et al.*, 1997] Breno Azevedo, Orivaldo Tavares: *Um sistema tutor inteligente para suporte à aprendizagem de "Conceitos de Orientação à Objetos"*. Ver documento en:
<http://www.inf.ufes.br/~tavares/sticoo.html>. Descargado en 6/2/2002
19. [Azevedo, B. *et al.*, 1999] Breno Azevedo, Orivaldo Tavares, Davidson Cury: *MutantIS: uma arquitetura multi-agente para a autoria de tutores integente*. X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE 99, Curitiba, Brasil. Ver documento en:
<http://www.inf.ufes.br/~tavares/sbie99B.html>. Descargado en 6/2/2002
20. [Azpiazu, J. *et al.*, 2001] Javier Azpiazu, Juan Pazos, Andrés Silva: *La teleformación mediante Internet*. En: Actas de "El futuro de Internet. Acceso y Teleservicios", Fundación Alfredo Brañas, España, 2001
21. [Azpiazu, J. *et al.*, 2002] Javier Azpiazu, Juan Pazos Sierra, Andrés Silva: *A virtual classroom based on academic memories*. En: Proceedings of International Conference on Information and Communication Technologies in Education (ICTE2002), España, 2002
22. [Bartolomé, A., 1996] Antonio R. Bartolomé: *Preparando para un nuevo modo de conocer*. En: EDUTEC, No. 4, 1996. Ver documento en:
http://www.lmi.ub.es/personal/bartolome/articuloshtml/bartolom_pineda_96/index.html#capitol7
Descargado en 22/1/2002.
23. [Bartolomé, A., 1998] Antonio R. Bartolomé: *Multimedia en la enseñanza universitaria*. Ver documento en:
<http://www.ub.es/forum/conferencias/pina.htm>.
Descargado en 22/1/2002.
24. [Battro, A. *et al.*, 1997] Antonio Battro, Percival Denham: *La educación digital*. Argentina: Emecé, 1997
25. [Bechhofer, S. *et al.*, 2000] S. Bechhofer, J. Broekstra, S. Decker, M. Erdmann, D. Fensel, C. Goble, F. van Harmelen, I. Horrocks, M. Klein, D. McGuiness, E. Motta, P. Patel-Shneider, S. Staab, R. Studer: *An informal description of standard OIL and Instance OIL*. Ver documento en:
www.ontoknowledge.org/oil/down/oil-whitepaper.pdf.
Descargado en 15/3/2003.
26. [Beck, J. *et al.*, 2001] Joseph Beck, Mia Stern, Erik Haugsjaa: *Applications of AI in Education*. En: ACM Crossroads. Ver documento en:
www.acm.org/crossroads/xrds3-1/aied.html.
Descargado en 7/12/2001

27. [Bell, D., 1996] Daniel Bell: *The cultural contradictions of capitalism*. USA: Basic Books, 1996 (1era edición: 1976)
28. [Bendfeldt, J., 1994] Juan Bendfeldt. *La dimensión desconocida del capital: el capital humano*. En: Revista Acta Académica, Universidad Autónoma de Centro América, Número 15, Noviembre 1994
29. [Benedito, V. et al., 1995] Vicenç Benedito, Virginia Ferrer, Vicent Ferreres: *La formación universitaria a debate*. España: Publicacions de la Universitat de Barcelona, 1995
30. [Bernaras, A. et al., 1996] A. Bernaras, I. Laresgoiti, J. Corera: *Building and reusing ontologies for electrical network applications*. En: Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'96), Budapest, Hungary, 1996
31. [Bloom, B., 1956] Benjamin Bloom: *Taxonomy of educational objective: Cognitive domain*. New York: David Mackay, 1956
32. [Bloom, B. et al., 1975] Benjamin Bloom, J. Thomas Hasting, George F. Madaus: *Evaluación del aprendizaje*. Argentina: Editorial Troquel SA, 1975. (1era edición 1971, versión original *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*)
33. [Borrajo, D. et al., 1993] Daniel Borrajo, Natalia Juristo, Vicente Martínez, Juan Pazos: *Inteligencia Artificial, métodos y técnicas*. España: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, SA, 1993
34. [Boyett, J. et al., 1999] Joseph Boyett, Jimmie Boyett: *Lo mejor de los gurús*. España: Ediciones Gestión 2000 SA, 1999
35. [Bransford, J. et al., 1993] John Bransford, Barry Stein: *The IDEAL problem solver: a guide for improving thinking, learning and creativity*. USA: W. H. Freeman and Company, 1993 2da. edición (1era. edición 1984)
36. [Broad, W. et al., 1985] W. Broad, W. Wade: *Betrayers of the truth: Fraud and Deceit in the Halls of Science*. Oxford: Oxford University Press, 1985
37. [Bryan-Kinns et al., 1999] N. Bryan-Kinns, R. Makwana: *Understanding shared expertise in communities of practice*. Ver documento en http://www.dcs.qmul.ac.uk/research/distrib/Mushroom/publications/nickbk_ranj_ck_submission.html
Descargado en 27/2/2002
38. [Burbules, N. et al., 2001] Nicholas Burbules, Thomas Callister (h): *Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*. España: Editorial Granica S.A., 2001
39. [Bustelo, C. et al., 2001] Carlota Bustelo, Raquel Amarilla Iglesias. *Gestión del Conocimiento y Gestión de la Información*. En: Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Año VIII, Nro. 34, p. 226-230, 2001. Ver documento en: <http://www.inforarea.es/Documentos/GC.pdf>. Descargado en 7/12/2001
40. [Cabrero, J., 2001] Julio Cabrero: *Nuevos entornos de aprendizaje. Las redes de comunicación*. Ver documento en: <http://www.intec.edu.do/~cdp/docs/nuevosentornos.html>
Descargado en 22/8/2001

41. [Caeiro, M. *et al.*, 2003] Manuel Caeiro, Fernando Mikic, Luis Anido, Martín Llamas: *Análisis de componentes para un Modelo de Descripción de Unidades de Aprendizaje Heterogéneas*, En: Tercer Congreso Iberoamericano de Telemática- CITA 2003, Uruguay, octubre 2003.
42. [Camilloni, A. *et al.*, 1996] Alicia Camilloni, María Cristina Davini, Gloria Edelstein, Edith Litwin, Marta Souto, Susana Barco: *Corrientes didácticas modernas*. Argentina: Editorial Paidós SAICF, 1996.
43. [Carro, R., 2001] Rosa M. Carro: *Tesis Doctoral: Entornos de enseñanza adaptativa*. Ver documento en:
www.ii.uam.es/~rcarro/r_invest_s.html
Descargado en 9/8/2001.
44. [Carroll, L., 1999] Lewis Carroll: *Alicia en el País de las Maravillas. A través del espejo y lo que Alicia encontró allí*. España: Edicomunicación SA, 1999.
45. [Castaño, C. *et al.*, 1997] Carlos Castaño Garrido, Rosario Quecedo Lecanda: *Diseños de entornos de aprendizaje con ordenador: programas hipermedia para el autoaprendizaje*. Ver documento en:
<http://www.cfp.upv.es/reda/VIIencuentro/CursoUNAM/tres.htm>. Descargado en 22/8/2001
46. [Chang, C., 2002] Chun-Yen Chang: *Does Computer-Assisted Instruction + Problem Solving = Improved Science Outcomes? A pioneer study*. En: USA: Journal of Educational Research, Jan/Feb 2002, Vol 95, Issue 3.
47. [Chaplin, C., 1965] Charles Chaplin: *Historia de mi vida*. España, Taurus Ediciones, 1965.
48. [Charles, S., 2002] Susana Charles: *Knowledge Management Lessons*. En Online, Jan/Feb 2002, Vol 26, Issue 1, p. 22
49. [Clark, D., 1999] Donald Clark: *Learning domains or Bloom's taxonomy*. Ver documento en
<http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/bloom.html>
Descargado en 25/2/2002.
50. [Cobos, 2003] Ruth Cobos Pérez: *Tesis Doctoral: Mecanismos para la cristalización del conocimiento, una propuesta mediante un sistema de trabajo colaborativo*. España: Universidad Autónoma de Madrid, Junio 2003.
51. [Confucio, 1968] Confucio: *Los cuatro libros clásicos*. España: Editorial Bruguera SA, 1968
52. [Cope, M., 2001] Mick Cope: *El conocimiento personal. Un valor seguro*. España: Prentice Hall, 2001.
53. [DAML, 2001] DAML: DARPA Agent Markup Language (DAML)+OIL, March 2001. Ver documento en:
<http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html>.
Descargado en 15/3/2003.
54. [Davenport, T., 1995] T. Davenport: *The future of knowledge management*. En: CIO Magazine, January 1996. Ver documento en:
http://www.cio.com/archive/010196/davenport_content.html
Descargado en 20/4/2003.

55. [Davenport, T., 1997] T. Davenport: *Known Evils: Common pitfalls of knowledge management*. En: CIO Magazine, June 1997. Ver documento en: http://www.cio.com/archive/061597/think_content.html. Descargado en 20/4/2003.
56. [Davenport, T. et al., 1998] T. Davenport, L. Prusak: *Working knowledge: how organizations manage what they know*. USA: Harvard Business School Press, 1998.
57. [de Benito, B., 2000] Bárbara de Benito: *Base de datos webtools para experiencias de formación a través de la web*. Ver documento en: <http://www.uib.es/depart/gte/webtools.html>. Descargado en 18/1/2002.
58. [De Bono, E., 1989] Edward De Bono: *El pensamiento práctico*. 2^{da} edición. Argentina: Editorial Paidós SAICF, 1989.
59. [Descartes, R., 1964] René Descartes: *Discurso del método*. Argentina: Editorial Sopena Argentina, 5ta edición, 1964. (Edición original 1637).
60. [Deutsch, D., 1997] David Deutsch: *La estructura de la realidad*. España: Editorial Anagrama SA, 1997.
61. [Dewey, J., 1967] John Dewey: *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Buenos Aires: Losada, 6ta. edición, 1967.
62. [Dewey, J., 1989] John Dewey: *Cómo pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educación*. Barcelona: Editorial Paidós Ibérica SA, 1989.
63. [Dickinson, D., 2001] Dee Dickinson: *Positive Trends in Learning: Meeting the needs of a rapidly changing world*. Ver documento en: <http://www.newhorizons.org/trans/positivetrends.html>. Descargado en 24/10/2001.
64. [Documento, 2001] Documento anónimo: *Diagnóstico situacional estratégico*. Ver documento en: <http://media.payson.tulane.edu:8086/spanish/aps/aps07s/ch08.htm>. Descargado en 14/11/2001.
65. [Drucker, P., 1993] Peter Drucker: *La sociedad postcapitalista*. Argentina: Editorial Sudamericana SA, 1993.
66. [Drucker, P., 1999] Peter Drucker: *Los desafíos de la administración en el Siglo XXI*. Argentina: Editorial Sudamericana SA, 1999.
67. [Eco, U., 1989] Umberto Eco. *Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura*. España: Gedisa S.A. Editorial, 1989. (Versión original *Come si fa una tesi di laurea*. Italia: Tascabili Bompiani, 1977).
68. [Einstein, A., 1981] Albert Einstein: *Mi visión del mundo*. España: Tusquets Editores, 1981 (3era. ed.).
69. [Estaca, C., 1999] Carlos Estaca Martínez: *Proyecto Phase: Modelo del estudiante y persistencia de la información. Trabajo de fin de carrera*. España: Universidad Politécnica de Madrid, 1999.

70. [Euzenat, J., 1996] J. Euzenat: *Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyper-documents*. En: Proceedings of Tenth Knowledge Acquisition Knowledge-Based Systems Workshop, KAW 96, Canadá, 1996.
71. [Fainholc, B., 1999] Beatriz Fainholc: *La interactividad en la educación a distancia*. Argentina: Editorial Paidós SAICF, 1999.
72. [Felder, R., 1996] Richard Felder: *Matters of style*. En: ASSE Prism, 6(4), pp. 18-23, Diciembre 1996.
73. [Felder, R., 2002] Richard Felder: *Learning and teaching styles in engineering education. Author's preface*. Ver documento en:
www.ncsu.edu/felder-public/Papers/LS-1988.pdf.
Descargado en 7/3/2003.
74. [Felder, R. et al., 1988] Richard Felder, Linda Silverman: *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*. En: Journal of Engineering Education, 78(7), pp 674-681, 1988.
75. [Fernández López, M., 1999] Mariano Fernández López: *Overview of methodologies for building ontologies*. En: Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem Solving Methods. Sweden, 1999.
76. [Feynman, R., 1989] Richard Feynman: *What do you care what other people think?*. USA: Bantam Books, 1989.
77. [Follows, S., 1999] Scott B. Follows: *Virtual learning environments*. En: THE Journal, Nov 99, Vol 27, Issue 4, p. 100
78. [Fowler, M., 1999] Martin Fowler: *UML gota a gota*. México: Addison Wesley Longman, 1999.
79. [Freire, P., 1994] Paulo Freire: *Cartas a quien pretende enseñar*. México: Siglo Veintiuno Editores, SA de CV, 1994.
80. [Freund, J. et al., 1990] John Freund, Ronald Walpole: *Estadística matemática con aplicaciones*. México: Prentice Hall Hispanamericana SA, 1990.
81. [Friss de Kereki, I. et al., 2002] Inés Friss de Kereki, Javier Azpiaz: *"Ingeniería de requisitos (IR) aplicada a la Gestión del Conocimiento en Entornos de Aprendizaje: Consideraciones iniciales acerca de cómo usar IR e Ingeniería del Conocimiento para determinar los requisitos de conocimiento al diseñar un Entorno de Aprendizaje"*. En: Proceedings de CИСCI 2002. Volumen 1, pp. 419-424, Orlando, USA, 2002
82. [Friss de Kereki, I., 2000] Inés Friss de Kereki: *Enseñanza Inicial de la Programación usando Java*. Uruguay: Foro de Enseñanza de la Programación, Universidad ORT Uruguay, 2000.
83. [Gagné, R. et al, 1983] Robert Gagné, Leslie Briggs: *La planificación de la enseñanza*. México: Editorial Trillas, 1983 (1era. edición 1976).
84. [García, A., 1998] Alfonso García: *Enseñanza programada, formación en entorno de redes*. Ver documento en:
<http://www.ucm.es/info/Psyap/Prieto/alum9798/redes/tsld002.htm>. Descargado en 23/1/2002.

85. [García, F. , 2000] Fidel García: *La Universidad del siglo XXI como un modelo de industria de la información y el conocimiento*. Ver documento en: <http://personal.redestb.es/daniq/fgarcia/modelo.doc>
Descargado en 20/11/2001.
86. [García, R., 1995] Román Martín García: *Lasie: laboratorio de sistemas inteligentes de enseñanza*. Trabajo Fin de Carrera. España: Universidad Politécnica de Madrid, 1995.
87. [Ghaoui, C. et al., 2001] C. Ghaoui, H. Ainsley: *Generating multiple hypermedia learning views using OO modelling*. En: *Interactive Learning Environments*, Vol. 9., No. 1, pp. 1-32, 2001
88. [Gil, J, 2002] José Gil Pérez: *Ideas para un modelo de web docente*. Ver documento en: <http://www.unizar.es/ice/web-docente/Modelo%20de%20web%20docente.htm>
Descargado en 21/1/2002.
89. [Giraffa et al., 2003] Lucia M. M. Giraffa, Sabrina S. Marczak, Gláucio Almeida: *Supporting learning activities using virtual tools*. En: 33 rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Boulder, CO, November 5-8, 2003.
90. [Gómez, A., 1996] Asunción Gómez: *A framework to verify knowledge sharing technology*. En: *Expert systems with application*, Vol. 11, No. 4, pp 519-529, 1996.
91. [Gómez, A. et al., 1997] Asunción Gómez, Natalia Juristo, César Montes, Juan Pazos: *Ingeniería del Conocimiento*. España: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces SA., 1997.
92. [Goñi, J., 2000] Juan José Goñi: *El nuevo entorno de aprendizaje: un organizador de los componentes del teleaprendizaje a través de redes telemáticas*. Ver documento en: <http://encina.cnice.mecd.es/~fvab0001/textoaprendizaje.htm>
Descargado en 20/11/2001.
93. [Grau, A., 2000] América Grau: *Herramientas de gestión del conocimiento*. Ver documento en: <http://www.gestiondelconocimiento.com/americagrau.htm>
Descargado en 18/4/2002
94. [Gray, J., 1998] John S. Gray: *The Shuttle puzzle: a lesson in problem solving*. En: USA: *Journal of computing in higher education*. Fall 1998, vol 10(1), pp 56-70
95. [Gros, B., 1997] Begoña Gros (coordinadora): *Diseño y programas educativos: pautas pedagógicas para la elaboración de software*. España: Ediciones Ariel, 1997
96. [Gruber, T., 1993] Tom Gruber: *A translation approach to portable ontology specifications*. En: *Acquisition* 5, vol 2, pp 199-204, 1993.
97. [Guarino, N., 1997] Nicola Guarino: *Understanding, Building and Using Ontologies: A commentary to "Using explicit ontologies in KBS Development"*. En: *International Journal of Human and Computer Studies* 46: 293-310.
98. [Guinea, J., 2001] Julio Guinea: *Nuevas tecnologías y campus virtuales*. Ver documento en: http://www.rpte.net/euskotek/numero_08/Pagina_16.htm
Descargado en 9/8/2001.

99. [Gutiérrez, C., 1997] Claudio Gutiérrez. *La lógica y el conocimiento*. Ver documento en: http://cariari.ucr.ac.cr/~claudiog/La_logica_y_el_conocimiento.html. Descargado en 24/1/2002
100. [Gutiérrez, C., 2001] Carlos Gutiérrez: *Paradojas, Síntomas e Influencias (La gestión del conocimiento en empresas iberoamericanas)*. Ver documento en: www.gestiondelconocimiento.com. Descargado en 20/11/2001.
101. [Gutiérrez M., A., 1996] Alfonso Gutiérrez Martín: *Educación multimedia: una propuesta desmitificadora*". En: *La revolución de los medios audiovisuales: educación y nuevas tecnologías*. España: Ediciones de la Torre, 1996. 2da. edición.
102. [Habermas, J., 1990] Jürgen Habermas: *Conocimiento e interés*. Argentina: Aguilar SA de Ediciones, 1990 (Versión original: 1968)
103. [Haddad, G., 2000] Georges Haddad: *University and society: responsibilities, contract, partnerships*. En: *The universities' responsibilities to society*. International Perspectives. (Editor: Guy Neave). Holanda: Elsevier Scienza Ltd, 2000
104. [Harmon, R., 1996] Roy Harmon: *La nueva era de los negocios*. México: Prentice Hall Hispanoamericana SA, 1996
105. [Henríquez, P. et al., 1999] Patricia Henríquez, Robert Rallo: *Los estándares para el diseño e implementación de Entornos de Enseñanza - Aprendizaje en Red*. En: EDUTEC, Vol. 3, 1999.
106. [Hernández, F. et al., 1998] Fernando Hernández, Juana María Sánchez: *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. España: Ediciones Paidós Ibérica SA, 1998
107. [Hernández, J., 1949] José Hernández: *La vuelta de Martín Fierro*. Argentina: Ciordia & Rodríguez, 1949
108. [Herrera, R., 2001] René Herrera: *La gestión del conocimiento y su tecnología*. En: SOMECE 2001: XVII Simposio Internacional de Computación en la Educación, México, 2001.
109. [Hiltz, S., 1995] Starr Hiltz: *The virtual classroom. Learning without limits via computer networks*. USA: Ablex Publishing Corporation, 1995.
110. [Husén, T., 1988] Torsten Husén: *Nuevo análisis de la sociedad del aprendizaje*. Barcelona: Editorial Paidós Ibérica SA, 1988
111. [IEEE P1484.1/D9, 2001] IEEE: *Standard for learning technology systems architecture: LTSA. Version 11/2001*. Ver documento en: <http://ltsc.ieee.org/wg1/index.html>. Descargado en 15/4/2002.
112. [IMS, 2003] IMS Global Learning Consortium: *IMS Learning Design Information Model*, Editores: Rob Koper, Bill Olivier, Thor Anderson, Enero 2003. Ver documento en: http://www.imslobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_infov1p0.html. Descargado en 1/10/2003.
113. [Islas, E., 2001] Elías Islas: *Ideas para reflexionar en torno a la importancia y necesidad de implementar una asignatura relativa a la formación de usuarios de la información*. Ver documento en: www.uqroo.mx/uqroo/eventos/textocursos.html. Descargado en 9/8/2001.

114. [Jacobson, I., 1992] Ivar Jacobson, *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. USA: Addison Wesley, 1992
115. [Jaim, G., 1999] Guillermo Jaim Etcheverry: *La tragedia educativa*. Argentina: Fondo de Cultura Económica de Argentina, 1999.
116. [Jasper, R. et al., 1999] Robert Jasper, M. Uschold. *A framework for understanding and classifying ontology applications*. En: *Proceedings of the IJCAI99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods(KRR5)*, Stockholm, Sweden, 1999.
117. [JISC, 2000] Joint Information Systems Committee (JISC): *Requirements for a Virtual Learning Environment*. Ver documento en: http://www.jisc.ac.uk/index.cfm?name=mle_related_vle. Descargado en 8/9/2001.
118. [Kerlinger, F., 1994] Fred Kerlinger: *Investigación del Comportamiento*. México: McGraw-Hill, 1988 (2da. edición).
119. [Ketudat, S., 2000] Sippanondha Ketudat: *Priorities for a dynamic university system: Thailand* En: *The universities' responsibilities to society. International Perspectives*. (Editor: Guy Neave). Holanda: Elsevier Ciencia Ltd, 2000.
120. [Kipling, R., 1952] Rudyard Kipling: *The Elephant's Child* en *Just so stories for little children*. Great Britain: Macmillan and Co. Limited, 1952. (1era edición: 1930).
121. [Komi-Sirviö, S. et al., 2002] Seija Komi-Sirviö, Annukka Mäntyniemi, Veikko Seppänen: *Toward a practical solution for capturing knowledge for software projects*. En: *IEEE Software*. May/June 2002 pp. 60-62.
122. [Kotonya, G., et al., 1998] G. Kotonya, Ian Sommerville: *Requirements engineering*. England: John Wiley & Sons, 1998.
123. [Kozma, R. et al., 2000] Robert Kozma, Patricia Schank: *Conexión con el siglo XXI: la tecnología como soporte de la reforma educativa* En *Aprendiendo con Tecnología* (Chris Dede compilador). Argentina: Editorial Paidós SAICF, 2000
124. [Lane, D., 2001] David Lane: *HyperStat Online Textbook*. Ver documento en: <http://davidmlane.com/hyperstat/index.html> Descargado en 6/2/2003.
125. [Lee, J., 2000] James Lee: *Knowledge Management: The intellectual revolution*. En: *IIE Solutions*, Oct 2000, Vol. 32, Issue 10, p. 34.
126. [Leidner, D. et al., 1995] Dorothy Leidner, Sirkka Jarvenpaa: *The use of information technology to enhance management school education: a theoretical view*. En: *MIS Quarterly*, Sep 1995, Vol 19, Issue 3, p. 265.
127. [Liaw, S., 2001] Shu-Sheng Liaw, *Designing the hypermedia-based learning environment*. En: *International Journal of Instructional Media*. Volume 28, Issue 1, p. 43, 2001.
128. [Lindsay, P. et al., 1983] Peter Lindsay, Donald Norman: *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid: Editorial Tecnos SA, 1983
129. [Llera, J., 1993] Jesús B. Llera: *Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje*. Madrid: Editorial Síntesis SA, 1993.

130. [López, A., 2000] Antonia López Galán: *Herramientas de desarrollo de software educativo*. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2000.
131. [Lucas, A., 2000] Antonio Lucas Marín: *La nueva sociedad de la información*. España: Editorial Trotta, 2000.
132. [Luna, E. et al., 2000] Enrique Luna Ramírez, Marco Villalobos Abarca: *Realidad virtual y su aplicación en la educación*. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2000.
133. [Marchesi, A. et al., 1998] Alvaro Marchesi, Elena Martín: *Calidad en la enseñanza en los tiempos de cambio*. España: Alianza Editorial SA, 1998.
134. [Marinoff, L., 2000] Lou Marinoff: *Más Platón y menos Prozac. Filosofía para la vida cotidiana*. España: Ediciones B SA, 2000
135. [Marqués, P., 1998] P. Marqués: *Clasificación de software educativo*. Ver documento en: <http://www.xtec.es/~pmarques/edusoft.htm>. Descargado en 15/1/2002.
136. [Mason, R. et al., 1998] Robert Mason, Douglas Lind: *Estadística para Administración y Economía*. México: Alfaomega Grupo Editor SA, 1998.
137. [Mateo, A., 1997] Amanda Mateo: *Tesis doctoral: Uso de conocimientos ocultos y volátiles en el desarrollo de sistemas inteligentes para entrenamiento y deuteroprendizaje*. España: Universidad Politécnica de Madrid, 1997
138. [Maturana, H., 1980] Humberto Maturana: *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Holanda: D. Reidel Publishing Co, 1980.
139. [Mayer, R., 1992] Richard Mayer: *Thinking, problem solving, cognition*. New York: W. H. Freeman and Company, 2da. edición, 1992.
140. [Mayorga, R., 1999] Román Mayorga: "Los desafíos a la universidad latinoamericana en el siglo XXI". En: España: Revista Iberoamericana de Educación. Número 21, Setiembre Diciembre 1999, pp 25 a 40.
141. [McGuinness, D. et al, 2003] D. McGuinness, F. van Harmelen: *Web Ontology Language (OWL): Overview*. Ver documento en: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>. Descargado en 15/3/2003.
142. [Meirieu, P., 1992] Philippe Meirieu: *Aprender, sí, pero ¿cómo?*. España: Ediciones Octaedro S.L, 1992. (1era. edición 1987).
143. [Mendenhall, W. et al., 1994] William Mendenhall, Dennis Wackerly, Richard Scheaffer: *Estadística matemática con aplicaciones*. México: Grupo Editorial Iberoamericana. SA de CV, 1994. 2da. edición
144. [Meneses, B., 1997] Beatriz Meneses: *La aplicación de la estadística no paramétrica en la administración*. Revista Ciencia Administrativa Nueva época, Vol 1, 1997. Ver documento en: <http://www.uv.mx/iiesca/revista2/bety1.html>. Descargado en 13/2/2002.
145. [Merrill, M. et al., 1998] M. David Merrill, ID₂ Research Group: *ID Expert: A second generation instructional development system*. USA: Instructional Science, Volume 26, 243-262, 1998.

146. [Minitab, 2000] Minitab, Release 13 for Windows. Ver documento y software en: <http://www.minitab.com>. Descargado en 30/5/2002.
147. [Moliner, M., 1998] María Moliner: *Diccionario de Uso del Español*. España: Editorial Gredos SA, 1998 (2da. edición).
148. [Morales, E. et al., 1999] Eduardo Morales, L. Sucar: *Representación del conocimiento*. Ver documento en: <http://www.mor.itesm.mx/~rdec/principal.html> Descargado en 24/1/2002.
149. [Morgan, J., 2001] Joan Morgan: *How can we measure the true impact of technology on learning and student success?* En: Black Issues in Higher Education. USA: Reston, Marzo 2001.
150. [Mullins, C. et al., 1999] Carie Mullins, Cynthia Atman, Larry Shuman: *Freshman Engineers' performance when solving desing problems*. En: IEEE Transactions on Education, Vol 42, No. 4, November 1999, pp 281-287.
151. [Murray, P., 2001] Philip Murray: *Core concepts of knowledge management*. Ver documento en: http://www.ktic.com/topic6/13_TERM2.HTM Descargado en 23/10/2001.
152. [Najmanovich, D., 2000] Denise Najmanovich (Irene Espósito - compiladora): *Psicopedagogía: entre aprender y enseñar*. Argentina: Miño y Dávila Editores, 2000.
153. [Neches, R. et al., 1991] Robert Neches, Richard Fikes, Tom Finin, Thomas Gruber, Ramesh Patil, Ted Senator, William Swartout. *Enabling technology for knowledge sharing*. En: AI Magazine, volume 12, No. 3 Fall 1991.
154. [Newell, A. et al., 1972] Allen Newell, Herbert Simon: *Human Problem Solving*. USA: Prentice Hall, 1972
155. [Newman, F., 2000] Frank Newman: *Saving Higher Education's Soul*. En: Change: The magazine of higher learning. Volumen 33, Número 5. USA: Heldref Publication, Septiembre Octubre 2000.
156. [Nietzsche, F., 1969] Federico Nietzsche: *Obras Inmortales: Humano, demasiado humano, Volumen II Segunda Parte*. España: EDAF Ediciones Distribuciones, SA, 1969.
157. [Nonaka, I. et al., 1999] Ikujiro Nonaka, Hiroaka Takeuchi: *La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación*. México: Oxford University Press, 1999.
158. [Noone, D., 1996] Donald Noone: *Solucione sus problemas creativamente*. España: Plaza & Janés Editores, 1996
159. [Norris, D. et al., 1996] Donald Norris, Michael Dolence: *IT Leadership is key to transformation*. Cause/Effect, Vol 19 No. 1, Spring 1996
160. [Novak, J. et al., 1988] Joseph Novak, D. Bob Gowin: *Aprendiendo a aprender*. España: Ediciones Martínez Roca SA, 1988.
161. [Noy, N. et al., 2000] Natalya Noy, Deborah McGuinness: *What is an ontology and why we need it*. Ver documento en: <http://ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness-abstract.html>. Descargado en 18/2/2002

162. [Nunokawa, K., 2001] Kazuhiko Nunokawa: *Possible activities facilitating solving processes: a lesson from a stuck state*. En: *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Vol 32, No.2, p. 245-253, 2001.
163. [O'Leary, D., 1998] Daniel O'Leary: *Enterprise Knowledge Management*. En: *Computer*, March 1998, pp 54-61, 1998.
164. [O'Shea, T. et al., 1985] Tim O'Shea, John Self: *Enseñanza y aprendizaje con ordenadores: inteligencia artificial en educación*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, S.A., 1985.
165. [Ortega y Gasset, J., 1982] José Ortega y Gasset: *Misión de la Universidad*. España: Alianza Editorial, 1982 (1era. edición Revista de Occidente, 1930).
166. [Papert, S., 1995] Seymour Papert: *La máquina de los niños*. España: Editorial Paidós Ibérica SA, 1995.
167. [Papert, S., 1997] Seymour Papert: *Why School Reform is Impossible*. En: *The Journal of the Learning Sciences*, 6(4), pp. 417-427.
168. [Papert, S., 1997a] Seymour Papert: *La familia conectada: padres, hijos y computadoras*. Argentina: Emecé Editores, 1997.
169. [Papows, J., 1999] Jeff Papows: *Enterprise.com. El liderazgo del mercado en la era de la información*. Argentina: Ediciones Granica SA, 1999.
170. [Paradela, L., 2001] Luis Paradela: *Tesis doctoral: Una Metodología para la gestión del conocimiento*. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2001.
171. [Pazos, J., 2000] Juan Pazos Sierra: *Esquema de Solución de Problemas*. España; Publicación Personal, 2002.
172. [Pazos, J., 2001] Juan Pazos Sierra: *Enseñanza del futuro: a grandes males pequeños remedios*. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2001.
173. [Pazos, J., 2002] Juan Pazos Sierra: *Ontologías*. Documento pendiente de publicación, 2002.
174. [Pazos, J., 2002a] Juan Pazos Sierra: *Problemas*. Documento personal, 2002
175. [Pazos, J., 2002b] Juan Pazos Sierra: *El método experimental: tipos de experimentos*. Documento pendiente de publicación, 2002
176. [Pazos, J. et al., 2002] Juan Pazos Sierra, Andrés Silva: *Principios epistemológicos y, o, racionales: la navaja de Ockham*. Documento pendiente de publicación, 2002.
177. [Peirce, C., 1982] Charles Peirce: *Writing of Charles S. Peirce: a chronological edition. Vol 2* Editores: Max. H. Fisch, C. Kloesel, E. Moore, D. Roberts. Bloomington: Indiana University Press, 1982.
178. [Pinotti, J., 1999] José A. Pinotti: *Rol de la universidad en el contexto del Mercosur*. Ver documento en: <http://www.usp.br/medicina/departamento/g-o/gineco/roldela.htm>. Descargado en 22/8/2001.
179. [Platón, 1997] Platón: *La República*. España: Alianza Editorial, 1997. (Traducción: José Manuel Pabón y Manuel Fernández-Galiano), p 139.

180. [Poggioli, L., 1997] Lisette Poggioli: *Estrategias cognoscitivas*. Caracas: Fundación Polar, 1997. Ver documento en: <http://www.fpolar.org.ve/poggioli/poggio19.htm>. Descargado en 25/1/2002.
181. [Pohjonen, J., 1997] Juha Pohjonen: *New learnings environments*. Ver documento en: <http://oyt oulu.fi/~pohjonen/nle/nle/32.htm>. Descargado en 14/11/2001.
182. [Polanyi, M., 1984] Michael Polanyi: *Science, Faith and Society*. USA: The University of Chicago Press, 1984. Publicado en 1964
183. [Polanyi, M. et al., 1977] Michael Polanyi, Harry Prosch: *Meaning*. USA: The University of Chicago Press, 1977.
184. [Polya, G., 1988] G. Polya: *How to solve it. A new aspect of mathematical method*. USA: Princeton University Press, 1988. (1era edición: 1945).
185. [Porter, M., 1997] Michael Porter: *Replanteando la competencia*. En: *Repensando el futuro. Negocios, principios, competencia, control y complejidad, liderazgo, mercados y el mundo*. (Editor: Rowan Gibson) Colombia: Editorial Norma SA, 1997
186. [Pozo, J., 1996] Juan Ignacio Pozo: *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza Editorial, 1996.
187. [Prasad, M. et al., 1996] M. Nagendra Prasad, Enric Plaza: *Corporate Memories as Distributed Case Libraries*. En: *Proceedings of Tenth Knowledge Acquisition Knowledge-Based Systems Workshop, KAW 96, Canadá, 1996*
188. [Privateer, P., 1999] Paul Michael Privateer: *Academic Technology and the future of higher Education. Strategic paths taken and no taken*. En: USA: The Journal of Higher Education, Vol 70, No. 1, pp 60-79.
189. [Probst, G. et al., 2001] Gilbert Probst, Steffen Raub, Kai Romhardt: *Administre el conocimiento*. México: Pearson Educación, 2001.
190. [Prusak, L., 2001] L. Prusak: *Where did knowlegde management come from?*. En: IBM Systems Journal, Vol. 40, Number 4, 2001. Ver documento en: <http://www.research.ibm.com/journal/sj/404/prusak.txt>. Descargado en 1/5/2003.
191. [Ramesh, B., 2002] Balasubramaniam Ramesh: *Process Knowledge management with traceability*. En: IEEE Software, May/June 2002, USA.
192. [Real Academia Española, 1970] Real Academia Española: *Diccionario de la Lengua Española*. España: Editorial Espasa-Calpe SA, 1970 (decimonovena edición).
193. [Real Academia Española, 2001] Real Academia Española: *Diccionario de la Lengua Española*. España: Real Academia Española, 2001 (vigésima segunda edición).
194. [Rehbein, L. et al., 2002] Lucio Rehbein, Enrique Hinostroza, Miguel Ripoll, Isabel Alister: *Students' learning through hypermedia*. En: *Perceptual & Motor Skills*, Vol 95, Issue 3, p. 795, Dec 2002.

195. [Riveros, L., 1997] Luis A. Riveros. *La Universidad de Chile hacia el 2010: estrategias y acción para un desarrollo sostenible*. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Economía y Administración, 1997.
196. [Riveros, L., 2001] Luis Riveros: *Crisis y cambio en la idea de Universidad*. Ver documento en www.uchile.cl/acerca/rectoria/discursos/ideauniversidad.html. Descargado en 22/8/2001.
197. [Rodríguez-Artacho, M., 2000] Miguel Rodríguez-Artacho. *Tesis Doctoral: Una arquitectura cognitiva para el diseño de entornos telemáticos de enseñanza-aprendizaje*. Ver documento en <http://sensei.lsi.uned.es/~miguel/tesis/>. Descargado en 10/12/2001.
198. [Rose, D. et al., 2001] David Rose, Anne Meyer: *El futuro está en los márgenes. El futuro de la tecnología y la discapacidad en la reforma educativa*. Ver documento en: <http://www.byd.com.ar/cast00dec0.htm>. Descargado en 14/11/2001.
199. [Rosenberg, M., 2001] Marc Rosenberg: *E-learning strategies for delivering knowledge in the digital age*. USA: Mc. Graw Hill, 2001.
200. [Sachs, L., 1978] Lothar Sachs: *Estadística aplicada*. España: Editorial Labor SA, 1978.
201. [Salinas, J., 1996] Jesús Salinas: *Campus electrónicos y redes de aprendizaje*. Ver documento en www.uib.es/depart/gte/salinas.html. Descargado en 9/8/2001.
202. [Salinas, J., 1997] Jesús Salinas: *Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información*. Ver documento en www.uib.es/depart/gte/ambientes.html. Descargado en 14/11/2001
203. [Salkind, N., 1998] Neil J. Salkind: *Métodos de investigación*. México: Prentice Hall Hispanoamericana SA, 1998
204. [San José, C., 1990] Carlos San José: *Enseñanza asistida por ordenador: clasificación, consideraciones y tendencias*. En: España: Revista Zeus, No. 11, 24-27, 1990.
205. [San Mateo, 1960] San Mateo: *"Nuevo Testamento, Salmos y Proverbios"*. USA: National Publishing Company, 1960.
206. [Schreiber, A. et al., 1998] A. Th. Schreiber, B. J. Wielinga: *Knowledge Model Construction*. En: Proceedings of Eleventh Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, KAW 98, Canadá, 1998.
207. [Schreiber, G. et al., 2000] G. Schreiber, H. Akkermans, A. Anjewierden, R. de Hoog, N. Shadbolt, W. Van de Velde, B. Wielinga: *Knowledge engineering and management. The CommonKADS methodology*. USA: The MIT Press, 2000.
208. [Schunk, D., 1997] Dale Schunk: *Teorías del aprendizaje*. 2^{da}. edición. España: Prentice Hall Hispanoamericana SA, 1997.

209. [Scott, N., 1996] Nathan Scott: *Tesis Doctoral: A study of the introduction of educational technology into a course in engineering dynamics: classroom environment and learning outcomes*. Ver documento en http://www.mech.uwa.edu.au/nws/NWS_PhD/default.html
Descargado en 27/8/2001.
210. [Segovia, F. et al., 1998] Felipe Segovia Olmo, Jesús Beltrán Luca: *El aula inteligente*. España: Espasa Calpe SA, 1998.
211. [Senge, P., 1992] Peter Senge: *La quinta disciplina*. España: Ediciones Juan Granica SA, 1992.
212. [Silva, A., 2002] Andrés Silva: *Requirements, domains and specifications: a viewpoint-based approach to requirements engineering*. En: 24th International Conference on Software Engineering 2002 (ICSE 2002), Orlando, 2002.
213. [Simon, G., 1996] G. Simon: *Knowledge Acquisition and modeling for corporate memory: lessons learnt from experience*. En: Proceedings of Tenth Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop KAW'96, Canadá, 1996.
214. [Simon, H., 1989] H. A. Simon: *Managing in a information-rich world*. En: *Competing trough productivity and quality*. (Editores: Y. Krishna Sketty, Vernon Buehler). USA: Productivity Press, 1989.
215. [Skinner, B., 1985] B. F. Skinner: *Aprendizaje y comportamiento*. Barcelona: Editorial Martínez Roca SA, 1985.
216. [Sowa, J., 2001] John Sowa: *Glossary*. Ver documento en: <http://users.bestweb.net/~sowa/ontology/glosss.htm>
Descargado en 13/2/2002.
217. [Spender, D., 1998] Dale Spender: *The knowledge society: the status of science education*. En: *Australian Science Teachers Journal*. Volume 44, Issue 4, November 1998.
218. [Spiegel, M., 1991] Murray Spiegel: *Estadística*. México: McGraw-Hill, 1991 (2da. edición).
219. [Srisa-an, W., 2000] Wichit Srisa-an: *University and the international knowledge enterprise: a Southeast Asia Perspective*. En: *The universities' responsibilities to society*. International Perspectives. (Editor: Guy Neave). Holanda: Elsevier Scienza Ltd, 2000.
220. [Stewart, T., 1998] Thomas Stewart: *La nueva riqueza de las organizaciones: el capital intelectual*. Argentina: Ediciones Granica SA, 1998.
221. [Stewart, T., 2001] Thomas Stewart: *The wealth of knowledge: intellectual capital and the twenty-first century organization*. USA: DoubleDay, 2001.
222. [Stiles, M., 2000] M. Stiles: *Developing tacit and codified knowledge and subject culture within a virtual learning environment*. En: *International Journal of Electrical Engineering Education*. Volume37, Issue 1, pp. 13-25, 2000.

223. [Stiles, M. *et al.*, 2003] M. Stiles, J.M.E.Y. Yorke: *Designing and Implementing Learning Technology Projects – A Planned Approach*. En: EFFECTS - Embedding Learning Technologies Seminar, University College London, 8 de abril de 2003.
224. [Stromquist, N. *et al.*, 2000] Nelly Stromquist, Joel Samoff: *Knowledge Management Systems: on the promise and actual forms of information technologies*. En: Compare: A Journal of Comparative Education, Oct. 2000, Vol.30, Issue 3, p. 323.
225. [Swartout, B. *et al.*, 1997] B. Swartout, P. Ramesh, K. Knight, T. Russ: *Toward Distributed use of large-scale ontologies*. Symposium on Ontological Engineering of AAAI, Stanford, California, Mars 1997.
226. [TANGO-W, 1999] TANGO-W. Ver documento en: <http://www.ii.uam.es/esp/investigacion/tangow/spanish/TW0.html>. Descargado en 24/1/2002.
227. [Tedesco, J., 2000] Juan Carlos Tedesco: *Educación en la sociedad del conocimiento*. Argentina: Fondo de Cultura Económica, 2000.
228. [Thurow, L., 1992] Lester Thurow: *La guerra del siglo XXI*. Buenos Aires: Javier Vergara Editor, 1992.
229. [Thurow, L., 1997] Lester Thurow: *Redefiniendo el mundo*. En: Repensando el futuro. Negocios, principios, competencia, control y complejidad, liderazgo, mercados y el mundo. (Editor: Rowan Gibson). Colombia: Editoria l Norma SA, 1997.
230. [Toffler, A. *et al.*, 1998] Alvin y Heidi Toffler: *Las guerras del futuro*. España: Plaza & Janés Editores S.A., 1998 (1era edición 1993).
231. [Toledo, E. *et al.*, 2001] Eduardo Toledo, Leliane Nunes de Barros, Vania Pires Nogueira: *Projetando uma ontologia de geometria descritiva*. En: 15o. Simposio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Tecnico. IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. San Pablo, 2001.
232. [Tomás, M. *et al.*, 1999] Marina Tomás, Mónica Feixas, Pere Marqués: *La universidad ante los retos que plantea la sociedad de la información. El papel de las TIC*. Sevilla: Actas de las Jornadas EDUTEC-99, 1999.
233. [Trikić, A., 2001] A. Trikić: *Evolving open learning environments using hypermedia technology*. En: Journal of Computer Assisted Learning, No. 17, pp. 186-199, 2001
234. [Tzu, S., 1990] Sun Tzu: *El arte de la guerra*. España: Editorial Fundamentos, 1990 (4ta edición). 1era edición: 1974
235. [Uschold, M. *et al.*, 1995] M. Uschold, M. King: *Towards a Methodology for Building Ontologies*. En: Proceedings of the IJCAI-95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal, Canada, 1995.
236. [Uschold, M. *et al.*, 1996] M. Uschold, M. Gruninger: *Ontologies: Principles, Methods and applications*". En: The Knowledge Engineering Review. Volume 11, No. 2, 1996.

237. [Van Heijst, G. *et al.*, 1996] G. van Heijst, R. van der Spek, E. Kruizinga: *Organizing Corporate Memories*. En: Proceedings of Tenth Knowledge Acquisition Knowledge-Based Systems Workshop, KAW 96, Canadá, 1996.
238. [Van Heijst, G. *et al.*, 1997] G. van Heijst, A. Th. Schreiber, B. J. Wielinga: *Using Explicit Ontologies in KBS Development*. En: International Journal of Human-Computer Studies. Vol 46, 2/3, pp 183-292.
239. [Vernon, J., 2000] John Vernon: *Engineering education – finding the centre or ‘back to the future’*. En: European Journal of Engineering Education. Volumen 25, Issue 3, p 215. September 2000.
240. [Voltaire, 1944] Voltaire: *Diccionario Filosófico. Tomo II*. Buenos Aires: Editorial Araujo, 1944 (2da. edición)
241. [Vrasidas, C., 2002] Charalambos Vrasidas: *Systematic approach for designing hypermedia environments for teaching and learning*. En: International Journal of Instructional Media, Vol 29 (1), 2002
242. [W3C, 2003] W3C: *RDF Vocabulary description language 1.0: RDF Schema*. Ver documento en: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>. Descargado en 15/3/2003.
243. [Weiers, R., 1986] Ronald Weiers: *Investigación de Mercados*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1986.
244. [Wiener, N., 1967] Norbert Wiener: *Dios y Golem S.A.* México: Siglo XXI Editores S.A., 1967.
245. [Wiig, K., 1995] Karl Wiig: *Knowledge Management Methods Practical approaches to managing knowledge*. USA: Schema Press, 1995.
246. [Wiig, K., 1999] Karl Wiig: *Knowledge Management Foundations: thinking about thinking. How people and organizations create, represent, and use knowledge*. USA: Schema Press, 1999 (1era. edición: 1993).
247. [Willis, E. *et al.*, 2001] Elizabeth Willis, Gary Tucker: *Using Constructionism to teach constructivism: modeling Hands-on technology integration in a preservice Teacher Technology Course*. En: USA: Journal of Computing in Teacher Education. Volumen 17, Número 2 p. 4-7, 2001.
248. [Wilson, B., 1995] Brent Wilson: *Metaphors for instruction: why we talk about learning environments*. En: Educational Technology, Vol 35, No. 5. p. 25-30, 1995
249. [Wilson, L. *et al.*, 1999] Larry Wilson, Charles Snyder: *Knowledge management ant IT: how are hey related?* En: IEEE IT Pro: March April 1999, p. 73-75, 1999.
250. [Winograd, T. *et al.*, 1995] Terry Winograd, Fernando Flores: *Understanding computers and cognition - a new foundation for design*. USA: Addison Wesley Publishing Company, 1995
251. [Wurman, R., 2001] Richard Saul Wurman: *Angustia Informativa*. Argentina: Pearson Education, 2001.

252. [Yildirim, Z. *et al.*, 2001] Zahide Yildirim, M. Yasar Ozden, M. Aksu: *Comparison of hypermedia learning and tradicional instruction*. En: *The Journal of Educational Research*. USA: Bloomington, Marzo Abril 2001.

9 Índice de Autores

A

Aaker, David, 116, 121, 161
Ackoff, Russell, 6, 7, 30, 88, 89, 161
Ainsley, H., 167
Akkermans, H., 174
Aksu, Meral, 178
Alistar, Isabel, 173
Almeida, Gláucio, 167
Almeida, Santiago, 30, 32, 42, 94, 161
Alonso-Amo, F., 3, 11, 161
Alvarez, Roberto, 36, 82, 161
Amarilla, Raquel, 163
Amauta Organización, 35, 161
Ambrosio, Johanna, 69, 83, 161
Andersen Consulting, 5, 6, 161
Anderson, Thor, 168
Andina, Orual, 116, 161
Andrade, Javier, 85, 161
Andre, Thomas, 89, 161
Anido, Luis, 164
Anjewierden, A., 174
Antonio, Angélica de, 12, 29, 161, 162, 170
Aristóteles, 1, 157, 161
Armarego, Jocelyn, 50, 161
Atherton, James, 77, 161
Atman, Cynthia, 171
Ausubel, David, 15, 16, 22, 162
Avila, Patricia, 18, 28, 37, 162
Azevedo, Breno, 32, 33, 162
Azpiazu, Javier, i, vii, 1, 2, 9, 12, 13, 52, 62, 63, 83, 91, 94, 101, 162, 166

B

Barco, Susana, 164
Barreiro, José María, 161
Bartolomé, Antonio, 9, 48, 162
Battro, Antonio, 3, 7, 162
Bechhofer, M., 95, 162
Beck, Joseph, 32, 35, 162
Bell, Daniel, 4, 5, 163
Beltrán, Jesús, 175
Bendfeldt, Juan, 28, 163
Benedito, Vicenc, 2, 14, 91, 163
Bernaras, A., 74, 163
Bloom, Benjamin, 8, 35, 36, 37, 82, 117, 118, 119, 163, 164
Bolaños, Odalys, 161
Borrajó, Daniel, 87, 163
Bosco, Martha, 162
Boyett, Joseph & Jimmie, 30, 81, 82, 163
Bransford, John, 84, 85, 87, 163
Briggs, Leslie, 38, 166
Broad, W., 27, 163

Broekstra, J., 162
Bryan-Kinns, N., 80, 81, 82, 163
Burbules, Nicholas, 7, 163
Bustelo, Carlota, 5, 22, 163

C

Cabrero, Julio, 30, 40, 82, 163
Caeiro, Manuel, 58, 164
Callister, Thomas, 163
Camilloni, Alicia, 11, 91, 164
Carro, Rosa, 37, 55, 62, 82, 94, 164
Carroll, Lewis, 158, 164
Castaño, Carlos, 38, 82, 164
Chang, Chun-Yen, 41, 164
Chaplin, Charles, 91, 164
Charles, Susana, 69, 83, 91, 92, 164, 172, 177
Clark, Donald, 35, 164
Cobos, Ruth, 103, 164
Confucio, 117, 164
Cope, Mick, 20, 30, 35, 164
Corera, J., 163
Crespo, José, i, vii, 161
Cury, Davidson, 162

D

DAML, 95, 164
Davenport, T., 20, 22, 67, 70, 83, 164, 165
Davini, María Cristina, 164
Day, George, 161
de Benito, Bárbara, 58, 62, 165
De Bono, Edward, 18, 165
de Hoog, R., 174
Decker, S., 162
Denham, Percival, 162
Descartes, René, 86, 90, 165
Deutsch, David, 85, 88, 165
Dewey, John, 6, 7, 13, 16, 165
Dickinson, Dee, 35, 165
Dolence, Michael, 2, 171
Drucker, Peter, 5, 8, 165

E

Eco, Umberto, 24, 165
Edelstein, Gloria, 164
Einstein, Albert, 12, 84, 91, 165
Erdmann, M., 162
Estaca Martínez, Carlos, 33, 34, 165
Euzenat, J., 65, 83, 166

F

Fainholc, Beatriz, 3, 8, 10, 11, 166
Febles, Juan Pedro, 161
Feixas, Mónica, 176
Felder, Richard, 38, 39, 62, 82, 94, 97, 166
Fensel, D., 162
Fernández López, Mariano, 74, 166
Ferrer, Virginia, 163
Ferreres, Vicent, 163
Feynman, Richard, 111, 166
Fikes, Richard, 171
Finin, Tom, 171
Fischer, S., 113
Flores, Fernando, 177
Follows, Scott, 49, 94, 166
Freire, Paulo, 29, 166
Freund, John, 118, 166
Friss de Kereki, Inés, i, 103, 104, 111, 161, 166

G

Gagné, Robert, 50, 166
García, Alfonso, 31, 166
García, Fidel, 2, 167
García, Román, 33, 167
Ghaoui, C., 53, 54, 62, 167
Gil Pérez, José, 57, 62, 94, 167
Giraffa, Lucia, 57, 167
Goble, C, 162
Gómez, Asunción, 2, 6, 20, 21, 22, 23, 24, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 96, 167
Goñi, Juan José, 19, 167
Gowin, D. Bob, 171
Grau, América, 68, 167
Gray, John, 41, 167
Gros, Begoña, 42, 44, 83, 167
Gruber, Tom, 24, 71, 72, 73, 83, 167, 171
Gruninger, M., 176
Guarino, Nicola, 24, 73, 167
Guinea, Julio, 37, 82, 94, 167
Gutiérrez, Alfonso, 29, 168
Gutiérrez, Carlos, 168
Gutiérrez, Claudio, 168

H

Habermas, Jürgen, 11, 168
Haddad, Georges, 1, 168
Hanesian, Helen, 162
Harmon, Roy, 28, 29, 168
Hasting, J. Thomas, 163
Haugsjaa, Erik, 162
Henríquez, Patricia, 19, 168
Hernández, Fernando, 16, 168
Hernández, José, 168
Herrera, René, 69, 168
Hiltz, Starr, 35, 82, 168
Hinostroza, Enrique, 43, 173
Horrocks, I, 162

Husén, Torsten, 8, 9, 168

I

IEEE, 45, 46, 62, 74, 83, 93, 94, 109, 161, 167, 168, 169, 171, 173, 177
IMS, 57, 58, 168
Islas, Elías, 19, 168

J

Jacobson, Ivar, 91, 169
Jaim, Guillermo, 9, 10, 15, 169
Jarvenpaa, Sirkka, 169
Jasper, Robert, 72, 169
Joint Information Systems Committee (JISC), 19, 169
Juristo, Natalia, 163, 167

K

Kerlinger, Fred, 113, 114, 115, 117, 169
Ketudat, Sippanondha, 12, 169
King, M., 176
Kipling, Rudyard, 86, 90, 169
Klein, M., 162
Knight, K., 176
Komi-Sirviö, Seija, 23, 69, 71, 103, 169
Koper, Rob, 168
Kotonya, G., 103, 169
Kozma, Robert, 7, 8, 169
Kruizinga, E., 177

L

Lane, David, 146, 169
Laresgoiti, I., 163
Lee, James, 70, 71, 169
Leidner, Dorothy, 16, 17, 94, 169
Liaw, Shu-Sheng, 48, 49, 62, 83, 94, 169
Lind, Douglas, 114, 115, 128, 170
Lindsay, Peter, 16, 169
Litwin, Edith, 11, 91, 164
Llamas, Martín, 164
Llera, Jesús, 13, 169
López, Antonia, 37, 82, 94, 170
Lucas, Antonio, 4, 8, 12, 170
Luna Ramírez, Enrique, 36, 170

M

Madaus, George F., 163
Makwana, R., 163
Mäntyniemi, Annukka, 169
Marchesi, Alvaro, 6, 7, 170
Marczak, Sabrina, 167
Marinoff, Lou, 87, 170
Marqués, Pere, 42, 43, 83, 94, 104, 170, 176
Martín, Elena, 160, 164, 167, 168, 170

Martínez, Vicente, 67, 163, 165, 171, 175
 Mason, R., 114, 115, 128, 142, 145, 146, 147, 152, 153, 170
 Maté, J., 161
 Mateo, Amanda, 31, 32, 170
 Maturana, Humberto, 8, 170
 Mayer, Richard, 80, 81, 82, 170
 Mayorga, Román, 12, 170
 McGuinness, Deborah, 171
 Meirieu, Philippe, 6, 37, 38, 39, 170
 Mendenhall, William, 116, 117, 118, 142, 145, 170
 Meneses, Beatriz, 117, 170
 Merrill, David, 50, 62, 83, 170
 Meyer, Anne, 174
 Mikic, Fernando, 164
 Minitab, 145, 147, 152, 154, 171
 Moliner, María, 14, 171
 Montes, César, 167
 Morales, Eduardo, 74, 171
 Morant, J., vii, 161
 Morgan, Joan, 37, 82, 171
 Motta, E., 162
 Mullins, Carrie, 115, 171
 Murray, Philip, 22, 23, 67, 76, 171, 175

N

Najmanovich, Denise, 7, 8, 12, 91, 171
 Neches, Robert, 23, 24, 72, 83, 95, 171
 Newell, Allen, 84, 171
 Newman, Frank, 11, 171
 Nietzsche, Federico, 91, 117, 171
 Nonaka, Ikujiro, 77, 81, 82, 171
 Noone, Daniel, 10, 85, 171
 Norman, Donald, 169
 Norris, Donald, 2, 171
 Novak, Joseph, 15, 16, 162, 171
 Noy, Natalya, 74, 95, 171
 Nunes, Leliane, 176
 Nunokawa, Kazuhiko, 41, 172

O

O'Leary, Daniel, 68, 172
 O'Shea, Tim, 30, 31, 34, 172
 Olivier, Bill, 168
 Ortega y Gasset, José, 1, 10, 172

P

Papert, Seymour, 6, 8, 10, 12, 34, 172
 Papows, Jeff, 69, 77, 172
 Paradela, Luis, 3, 4, 20, 21, 22, 23, 24, 44, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 81, 82, 83, 109, 172
 Patel-Shneider, P., 162
 Patil, Ramesh, 171
 Pazos, Juan, vii, 6, 7, 8, 10, 12, 73, 75, 85, 86, 88, 89, 112, 115, 117, 121, 161, 162, 163, 167, 172
 Peirce, Charles, 11, 172
 Pinotti, José, 1, 172

Pires, Vania, 176
 Platón, 1, 170, 172
 Plaza, Enric, 171, 173, 176
 Poggioli, Lisette, 39, 40, 50, 81, 82, 85, 87, 88, 173
 Pohjonen, Juha, 37, 41, 94, 173
 Polanyi, Michael, 77, 82, 87, 173
 Polya, G., 86, 173
 Porter, Michael, 8, 173
 Pozo, Juan Ignacio, 7, 173
 Prasad, M. Nagendra, 65, 173
 Privateer, Paul Michael, 10, 173
 Probst, Gilbert, 20, 63, 64, 66, 67, 68, 83, 109, 173
 Prosch, Harry, 173
 Prusak, L., 22, 165, 173

Q

Quecedo, Rosario, 164

R

Rallo, Robert, 168
 Ramesh, Balasubramaniam, 71, 171, 173, 176
 Raub, Steffen, 173
 Real Academia Española, 14, 15, 20, 23, 158, 173
 Rehbein, Lucio, 43, 49, 173
 Ripoll, Miguel, 173
 Riveros, Luis, 1, 65, 174
 Rodríguez-Artacho, Miguel, 55, 56, 62, 72, 74, 83, 174
 Rodríguez-Patón, Alfonso, 161
 Romhardt, Kai, 173
 Rose, David, 35, 82, 174
 Rosenberg, Marc, 71, 174
 Roy, Geoffrey, 161, 168
 Russ, T., 176

S

Sachs, Lothar, 145, 146, 174
 Salinas, Jesús, 12, 30, 37, 82, 94, 174
 Salkind, Neil, 113, 114, 116, 117, 174
 Samoff, Joel, 176
 San José, Carlos, 31, 33, 174
 San Mateo, 28, 174
 Sánchez, Juana María, 168
 Schank, Patricia, 76, 169
 Scheaffer, Richard, 170
 Schreiber, A. Th., 95, 174
 Schreiber, G., 63, 174
 Schunk, Dale, 15, 18, 49, 79, 81, 82, 174
 Scott, Nathan, 36, 42, 82, 83, 166, 175
 Segovia, Felipe, 29, 175
 Self, John, 172
 Senator, Ted, 171
 Senge, Peter, 13, 84, 175
 Seppänen, Veikko, 169
 Shadbolt, N., 174
 Shuman, Larry, 171
 Silva, Andrés, vii, 104, 161, 162, 172, 175
 Silverman, Linda, 38, 39, 166

Simon, G., 65, 175
Simon, Herbert, 44, 175
Skinner, B. F., 15, 175
Snyder, Charles, 177
Sommerville, Ian, 169
Souto, Marta, 164
Sowa, John, 72, 83, 96, 175
Spender, Dale, 7, 89, 175
Spiegel, Murray, 113, 117, 118, 175
Srisa-an, Wichit, 8, 175
Staab, S., 162
Stein, Barry, 163
Stern, Mia, 162
Stewart, Thomas, 3, 5, 9, 175
Stiles, M., 36, 49, 54, 55, 62, 83, 175, 176
Stromquist, Nelly, 69, 71, 176
Studer, R., 162
Sucar, L., 171
Swartout, William, 74, 171, 176

T

Takeuchi, Hiroaka, 77, 171
TANGO-W, 55, 62, 176
Tavares, Orivaldo, 162
Tedesco, Juan Carlos, 7, 176
Thurow, Lester, 3, 5, 176
Toffler, Alvin & Heidi, 3, 176
Toledo, Eduardo, 72, 74, 176
Tomás, Marina, 2, 13, 91, 176
Trikić, A., 37, 82, 94, 176
Tucker, Gary, 177
Tzu, Sun, 28, 176

U

Uschold, Mike, 24, 74, 169, 176

V

Van de Velde, W., 174
van der Spek, R., 177
van Harmelen, F., 162, 170
Van Heijst, G., 65, 66, 67, 72, 73, 83, 96, 102, 177
Vernon, John, 14, 175, 177
Villalobos Abarca, Marco, 170
Voltaire, 12, 177
Vrasidas, C., 37, 48, 177

W

Wackerly, Dennis, 170
Wade, W., 163
Walpole, Ronald, 166
Weiers, Ronald, 117, 177
Wielinga, B. J., 174, 177
Wiener, Norbert, 15, 177
Wiiig, Karl, 10, 21, 22, 51, 52, 62, 77, 81, 82, 158, 177
Willis, Elizabeth, 2, 177
Wilson, Brent, 18, 19, 177
Wilson, Larry, 63, 68, 177
Winograd, Terry, 10, 177
World Wide Web Consortium (W3C), 95, 177
Wurman, Richard, 15, 20, 21, 29, 44, 67, 177

Y

Yasar Ozden, M., 178
Yildirim, Zahide, 36, 49, 62, 81, 82, 83, 94, 178
Yorke, J. M. E. Y., 176