



## Máster en Redes de Telecomunicación para Países en Desarrollo

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

### **PROYECTO FIN DE MÁSTER**

*Estudio comparativo de modelos adaptativos y análisis de su uso en un ambiente de “m-Learning” implementando la técnica adaptativa de la Teoría de Respuesta al Ítem (IRT)*

Autor: Leonardo Vargas Peña  
Tutor: Dr. Gregorio Robles  
Co-tutor: Dra. Vanessa Frías

Curso académico 2011/2012



## ACTA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

### DATOS DEL ESTUDIO DE MÁSTER

ESTUDIOS CURSADOS: <b>MÁSTER EN REDES DE TELECOMUNICACIÓN PARA PAISES EN DESARROLLO</b>
CURSO ACADÉMICO: 2011/2012
CONVOCATORIA: Ordinaria <input type="checkbox"/> Extraordinaria <input type="checkbox"/> Especial de finalización <input type="checkbox"/>

### DATOS DEL ALUMNO

APELLIDOS: VARGAS PEÑA	NOMBRE: LEONARDO
PASAPORTE: 5406852   E-mail: leonardo.vargas.83@gmail.com	Teléfono: 646214273

### TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio comparativo de modelos adaptativos y análisis de su uso en un ambiente de “m-Learning” implementando la técnica adaptativa de la Teoría de Respuesta al Ítem (IRT).

### DIRECTOR/ES (obligatorio)

DNI	NOMBRE Y APELLIDOS	UNIVERSIDAD/INSTITUCIÓN

### MIEMBROS DEL TRIBUNAL

### ACTÚA EN CALIDAD DE:

	Presidente/a
	Vocal/es
	Secretario/a
	Suplente

Reunido el Tribunal de Evaluación con fecha \_\_\_\_\_, ACUERDA otorgar al alumno la calificación global de \_\_\_\_\_.

Indicar, en su caso, si se propone la concesión de la mención Matrícula de Honor

EL PRESIDENTE/A	SECRETARIO/A	VOCAL/ES
Fdo:	Fdo:	Fdo:



Dedicatoria

A dieguito, cretito, isabelita y andisito.



## **Agradecimientos**

En primer lugar a Dios, porque sin su voluntad no hubiera llegado nunca a este momento.

A mis padres, Ana y Edgar por su amor, ejemplo y apoyo en toda esta vida.

A Magaly Patricia, por todo su empuje y gran ayuda, gracias mi corazón, sin ti nunca se habría acabado este trabajo.

A mis hermanas, Brísela, Magdalena, Verónica, Fabiola y Anita, por su amor y apoyo toda la vida.

A mis sobrinas y sobrinos, y a toda mi familia por ser un ejemplo a seguir para mí siempre.

A mis amigos y compañeros de Bolivia y España, gracias por tan buenos momentos en este duro caminar.

A mi tutor, el Dr. Gregorio Robles, por su gran apoyo académico, su guía y paciencia infinita.

A mi co-tutor, la Dra. Vanessa Frías, por introducirme a este mundo maravilloso del m-Learning, y a todo el grupo de “Data Mining and User Modeling de Telefónica I+D”, especialmente al Ing. Jesús Virseda Jerez por su gran guía en J2ME.

A todos los profesores del Máster, grandes docentes todos ellos, especialmente a Javier Simó y Andrés Martínez por su guía.

A todos los testers del proyecto, cuyo valioso tiempo fue invaluable para este trabajo.

A todas las demás personas que contribuyeron directa o indirectamente en la realización de este proyecto, muchísimas gracias a todos.



## **Resumen**

Los países en vías de desarrollo muchas veces disponen de los recursos naturales suficientes para subsistir, pero desgraciadamente su principal fallo es el factor humano. La educación es la principal forma de desarrollar los países, porque un pueblo culto es un pueblo que acaba siendo rico.

Con el avance de la ciencia y la tecnología, cada vez surgen más alternativas y posibilidades educativas, ayudando a democratizar la educación llegando a lugares donde antes no se llegaba o simplemente mejorando las posibilidades existentes.

En el último tiempo se ha empezado a investigar y desarrollar soluciones de m-Learning, que viene a ser aprendizaje distribuido a través de dispositivos móviles, trayendo muchas ventajas, tanto económicas como de ubicuidad. Por otro lado también existe una fuerte investigación en los sistemas de hipermedia adaptativo, que viene a ser sistemas de aprendizaje electrónico (e-Learning) que tratan de emular la enseñanza personalizada en los estudiantes, a través de técnicas de inteligencia artificial o procesado estadístico de la información sobre las interacciones del estudiante con el sistema, esto es debido a que el aprendizaje personalizado produce mejores resultados en los alumnos.

El presente trabajo aborda el tema de la implementación de un sistema de hipermedia adaptativa en un ambiente de m-Learning para teléfonos de gama media con Symbian OS. Primero se desea estudiar diversas técnicas adaptativas utilizadas en proyectos de e-Learning, como ser: sistemas expertos, lógica difusa, redes bayesianas, redes neuronales y la teoría de respuesta al ítem o IRT. Luego se implementa una adaptación de la IRT computacionalmente aceptable para estas terminales móviles con el fin de mejorar el sistema de m-Learning Educamovil desarrollado previamente por el grupo de Data Mining and User Modeling de Telefónica I+D. Finalmente se analiza las conclusiones y posibles repercusiones futuras de este presente proyecto.



## Índice del contenido

1. Introducción .....	1
1.1. Organización del documento.....	2
1.2. Estado del Arte .....	3
1.2.1. m-Learning.....	3
1.2.1.1. Introducción .....	3
1.2.1.2. Definición del m-Learning.....	4
1.2.1.3. Características principales del m-Learning.....	4
1.2.1.4. Grupos participantes del aprendizaje móvil.....	7
1.2.1.5. Lugar del m-Learning en el proceso educativo.....	8
1.2.1.6. Evolución de la Educación a Distancia.....	8
1.2.1.7. Herramientas típicas de las plataformas de m-Learning.....	9
1.2.1.8. Pedagogía en el aprendizaje móvil.....	10
1.2.1.9. Desafíos para la implantación de la educación móvil.....	10
1.2.1.10. Desafíos para el paso de e-Learning a m-Learning.....	11
1.2.1.11. Estrategias para el desarrollo de aprendizaje móvil.....	13
1.2.1.12. Barreras para la implantación del m-Learning.....	13
1.2.1.13. Aspectos positivos y negativos del m-Learning.....	14
1.2.1.13.1. Aspectos positivos del m-Learning.....	14
1.2.1.13.2. Aspectos negativos del m-Learning.....	15
1.2.1.14. Cuestiones principales para el futuro del m-Learning.....	17
1.2.1.15. Lagunas en la literatura existente.....	18
1.2.2. Sistemas de Hipermedia Adaptativa .....	18
1.2.2.1. Aprendizaje Artificial y Automático .....	18
1.2.2.2. Hipermedia Adaptativa .....	19
1.2.2.3. Sistemas de Hipermedia Adaptativa .....	20
1.2.2.3.1. Objetivos de un Sistema de Hipermedia Adaptativa.....	20
1.2.2.3.2. Diseño de los Sistemas de Hipermedia Adaptativa.....	21
1.2.2.3.3. Componentes de un Sistema de Hipermedia Adaptativa .....	21
1.2.2.3.4. Clasificación de los Sistemas de Hipermedia Adaptativa.....	22
1.2.2.3.5. Taxonomía de los diferentes tipos de adaptación.....	22
1.2.2.3.6. Problemas en la implementación de los SHA.....	24
1.2.2.3.7. Ventajas y desventajas de los SHA .....	25
1.2.2.4. Factores que influyen en la adopción del e-Learning .....	26
2. Objetivos .....	27
2.1. Descripción Problemática .....	28
2.2. Justificación .....	29
2.3. Estudio de las alternativas.....	30
2.3.1. Sistemas Expertos .....	30
2.3.2. Lógica Difusa.....	31
2.3.3. Sistemas Multiagentes.....	32
2.3.4. Redes Bayesianas.....	34
2.3.5. Redes Neuronales.....	37
2.3.6. IRT (Teoría de Respuesta al Ítem) .....	42
2.3.6.1. Introducción .....	42
2.3.6.2. Supuestos de la IRT.....	44
2.3.6.3. Curva característica del ítem.....	44
2.3.6.4. Los tres modelos de la IRT .....	44
2.3.6.5. Estimación de parámetros .....	45
2.3.6.6. Función de información .....	46
2.3.6.7. Aplicaciones de IRT .....	47

2.3.6.8. Ventajas y Desventajas de la IRT .....	48
2.3.7. Conclusión del análisis de las alternativas posibles.....	49
2.4. Objetivo General .....	50
2.5. Objetivos Específicos.....	50
3. Materiales y métodos .....	51
3.1. Actividades realizadas.....	52
3.2. Recursos empleados.....	52
3.3. Metodología de la realización del proyecto .....	54
4. Resultados .....	55
4.1. Estudio comparativo de modelos adaptativos.....	56
4.1.1. Introducción .....	57
4.1.2. Metodología .....	58
4.1.3. Análisis de la relevancia científica de los artículos.....	60
4.1.3.1. Técnicas adaptativas más empleadas .....	60
4.1.3.2. Número de citas en otros artículos .....	62
4.1.4. Resultados del estudio.....	64
4.1.4.1. Medición de la viabilidad de implementación .....	64
4.1.4.1.1. Parámetros utilizados para la adaptatividad.....	64
4.1.4.1.2. Complejidad de las técnicas adaptativas .....	66
4.1.4.1.3. Uso de la adaptatividad .....	67
4.1.4.2. Medición del impacto académico .....	68
4.1.4.2.1. Media de citas por artículo de cada técnica adaptativa .....	68
4.1.4.2.2. Utilización de pruebas con el sistema .....	69
4.1.4.2.3. Opinión de los estudiantes .....	74
4.1.5. Conclusión y discusión final de la revisión .....	77
4.2. Descripción de la solución implementada .....	78
4.2.1. Contexto actual de Educamovil .....	79
4.2.1.1. Funcionalidad de Educamovil.....	80
4.2.1.2. Adaptatividad Actual.....	85
4.2.1.3. Pruebas realizadas .....	87
4.2.2. Nueva solución propuesta para Educamovil.....	88
4.2.2.1. Descripción de nuestra implementación de la IRT .....	89
4.2.2.1.1. Adaptive engine (Motor de adaptación).....	89
4.2.2.1.2. Modelo de usuario.....	98
4.2.2.1.3. Modelo de dominio .....	99
4.2.2.2. Descripción de las soluciones secundarias.....	100
4.2.2.3. Modificaciones del software .....	102
4.2.3. Pruebas Realizadas.....	104
4.2.3.1. Primera etapa: Pruebas realizadas sobre cuestiones de software libre.....	105
4.2.3.1.1. Rendimiento de los usuarios .....	106
4.2.3.1.2. Preguntas presentadas .....	108
4.2.3.1.3. Análisis de la experiencia de usuario .....	113
4.2.3.1.4. Conclusiones sobre las pruebas realizadas sobre cuestiones de software libre .....	115
4.2.3.2. Segunda etapa: Pruebas realizadas sobre cuestiones de redes de telecomunicación para países en desarrollo .....	116
4.2.3.2.1. Rendimiento de los usuarios .....	117
4.2.3.2.1.1. Rendimiento de los usuarios utilizando adaptatividad de Ketamo .....	120
4.2.3.2.1.2. Rendimiento de los usuarios utilizando la adaptatividad de la IRT.....	121
4.2.3.2.2. Preguntas presentadas .....	122
4.2.3.2.2.1. Preguntas presentadas utilizando la adaptatividad de Ketamo .....	122
4.2.3.2.2.2. Preguntas presentadas utilizando la adaptatividad de la IRT.....	128
4.2.3.2.3. Ejemplos de la ruta del aprendizaje calculada para el estudiante .....	133

4.2.3.2.4. Relación entre el rendimiento y el estilo de aprendizaje .....	136
4.2.3.2.5. Análisis de la experiencia de usuario .....	140
5. Conclusiones .....	143
5.1. Logros principales alcanzados .....	144
5.2. Posibles Trabajos futuros .....	145
REFERENCIAS .....	147
ACRÓNIMOS .....	155
GLOSARIO .....	157
ANEXOS .....	i
Anexo A: Preguntas sobre el Máster en Software Libre .....	i
Anexo B: Preguntas sobre el Máster en Redes de Telecomunicación para países en desarrollo. ....	xix
Anexo C: Cuestionario de Satisfacción de la interfaz de usuario, traducido de [98]. ....	xxxiii
Anexo D: Cuestionario del índice de Estilos de Aprendizaje, traducido de [97].....	xxxv
Anexo E: Preguntas presentadas en la interacción del sistema con los usuarios.....	xxxix
Anexo F: Interacción de los usuarios.....	lxiii
Anexo G: Respuestas al test de estilos de aprendizaje, de los usuarios enfrentados a las preguntas sobre redes de telecomunicación para países en desarrollo. ....	lxxxii
Anexo H: Análisis de las respuestas al test de estilos de aprendizaje del Anexo G.....	lxxxiii
Anexo I: Respuestas al test de experiencia de usuario.....	lxxxix

## Índice de tablas

Tabla 1. Cronología de las actividades realizadas para el proyecto .....	54
Tabla 2. Artículos que cumplen los criterios de búsqueda esenciales .....	59
Tabla 3. Estudio de las técnicas adaptativas utilizadas en los diferentes artículos .....	61
Tabla 4. Técnicas adaptativas más utilizadas en los diferentes artículos .....	61
Tabla 5. Artículos que utilizan las técnicas adaptativas más utilizadas .....	62
Tabla 6. Número de citas externas de los artículos pre-seleccionados .....	63
Tabla 7. Artículos finalmente seleccionados .....	63
Tabla 8. Análisis de los parámetros utilizados para la adaptación .....	66
Tabla 9. Análisis de la complejidad de las técnicas adaptativas .....	67
Tabla 10. Análisis del uso de la adaptatividad .....	68
Tabla 11. Análisis de las medias de las técnicas adaptativas .....	69
Tabla 12. Análisis del uso de pre y post test en los estudiantes .....	70
Tabla 13. Análisis de la opinión sobre el sistema de los estudiantes .....	75
Tabla 14. Modelo de usuario en IRT .....	98
Tabla 15. Comparativa del rendimiento obtenido por los usuarios.....	106
Tabla 16. Rendimiento de los estudiantes .....	107
Tabla 17. Rendimiento de los profesores .....	107
Tabla 18. Resumen de las diferentes interacciones por pregunta.....	108
Tabla 19. Tabla resumen de relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el tiempo promedio y el promedio de aciertos .....	110
Tabla 20. Comparativa de las características de las preguntas por idiomas.....	111
Tabla 21. Resumen de las características principales sobre la experiencia de usuario .....	113
Tabla 22. Resumen del rendimiento de los usuarios tanto con las técnicas adaptativas de Ketamo y de la IRT.....	117
Tabla 23. Rendimiento de las mujeres con el modelo de Ketamo .....	120
Tabla 24. Rendimiento de los varones con el modelo de Ketamo .....	120
Tabla 25. Rendimiento de las mujeres con el modelo de la IRT.....	121
Tabla 26. Rendimiento de los varones con el modelo de la IRT.....	121

Tabla 27. Resumen de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de Ketamo .....	123
Tabla 28. Resumen por nivel de las preguntas presentadas utilizando el modelo de Ketamo .....	124
Tabla 29. Resumen de las características de las preguntas por asignaturas .....	126
Tabla 30. Resumen de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de la IRT .....	128
Tabla 31. Resumen por nivel de la relación de las preguntas con el tiempo promedio gastado en responderlas y su promedio de aciertos con la IRT .....	129
Tabla 32. Resumen de las características de las preguntas clasificadas por asignaturas utilizando el modelo de la IRT .....	131
Tabla 33. Interacción del usuario 18 con la adaptatividad de Ketamo .....	134
Tabla 34. Interacción del usuario 18 con la adaptatividad de la IRT .....	135
Tabla 35. Las cinco dimensiones del estilo de aprendizaje según Felder y Silverman.....	136
Tabla 36. Relación entre los niveles de usuario obtenidos y los estilos de aprendizaje según el modelo de Felder y Silverman .....	137
Tabla 37. Resumen de las características principales sobre la experiencia de usuario en promedio .....	140
Tabla 38. Resumen de las características principales sobre la experiencia de usuario en promedio de la moda.....	141

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Componentes de Educamovil.....	79
Figura 2. Diagrama E-R “lógico” entre el cliente y el servidor .....	80
Figura 3. Diagrama de Red de Educamovil .....	80
Figura 4. Constructor de lecciones.....	81
Figura 5. Seguimiento de alumnos.....	82
Figura 6. Repartidor de lecciones .....	82
Figura 7. Pantalla de login .....	83
Figura 8. Menú Inicial del juego Snake .....	83
Figura 9. Presentación del juego .....	84
Figura 10. Presentación del contenido educativo.....	84
Figura 11. DF de la adaptatividad según H. Ketamo .....	85
Figura 12. DF del criterio de parada según H. Ketamo .....	86
Figura 13. Teléfono Nokia 6120 Navegador.....	87
Figura 14. Inicialización del modelo de la IRT .....	89
Figura 15. Inicializar CCIs de las lecciones.....	90
Figura 16. Inicialización del modelo de usuario .....	90
Figura 17. Obtener probabilidades correctas e incorrectas .....	91
Figura 18. Obtener Posición de concepto con máxima varianza .....	92
Figura 19. Obtener las varianzas de los conceptos .....	92
Figura 20. Obtener conceptos habilitados.....	92
Figura 21. Posición de la mínima varianza esperada .....	93
Figura 22. CCIs correctas normalizadas .....	94
Figura 23. CCIs incorrectas normalizadas .....	94
Figura 24. Obtener las varianzas de los ítems.....	94
Figura 25. Obtener los promedios de los ítems.....	95
Figura 26. Actualizar modelo de usuario .....	95
Figura 27. Obtener nuevo nivel de usuario .....	96
Figura 28. Cumplir criterio de parada IRT .....	97
Figura 29. Criterio de parada propio y exclusivo de IRT.....	97
Figura 30. Diagrama Entidad-Relación “lógico” entre el cliente y el servidor para el modelo IRT ..	98

Figura 31. Juego de Snake adaptativo a cualquier pantalla .....	100
Figura 32. Parte servidor de Educamovil corriendo en Windows 7.....	101
Figura 33. Menú de elección de juego .....	101
Figura 34. Juego de Tetris .....	101
Figura 35. Repartidor de lecciones de la aplicación servidor implementando IRT y conectividad Bluetooth.....	102
Figura 36. Primera pregunta presentada con la adaptatividad de la IRT en nuestro segundo conjunto de preguntas .....	103
Figura 37. Servidor de Educamovil funcionando con conectividad Bluetooth .....	104
Figura 38. Teléfono móvil Nokia 6120 Navigator .....	105
Figura 39. Comparativa del rendimiento obtenido por los usuarios .....	106
Figura 40. Relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el tiempo medio de respuesta a ellas .....	109
Figura 41. Relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el promedio de respuestas correctas .....	109
Figura 42. Tiempo promedio de respuesta según la tabla resumen .....	110
Figura 43. Promedio de aciertos a las preguntas según la tabla resumen .....	111
Figura 44. Comparativa del tiempo promedio de respuesta por idiomas.....	112
Figura 45. Comparativa del promedio de aciertos por idioma.....	112
Figura 46. Teléfono Nokia 2680 y Teléfono Sony Ericsson z750 .....	116
Figura 47. Comparativa entre el puntaje obtenido con el modelo de Ketamo con el que obtendríamos si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad .....	118
Figura 48. Comparativa entre el puntaje obtenido con el modelo de la IRT con el que obtendríamos si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad.....	118
Figura 49. Comparativa entre el puntaje obtenido con el modelo de la IRT con el obtenido con el modelo de Ketamo .....	118
Figura 500. Comparativa entre el puntaje que se obtendría con el modelo de la IRT con el que obtendríamos con el modelo de Ketamo, si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad.....	119
Figura 51. Relación de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de Ketamo entre su tiempo medio de respuesta y su nivel de dificultad.....	123
Figura 52. Relación de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de Ketamo entre su promedio de aciertos y su nivel de dificultad.....	124
Figura 53. Tiempo promedio gastado en responder una pregunta de un determinado nivel de dificultad .....	124
Figura 54. Promedio de aciertos de las preguntas en diferentes niveles de dificultad.....	125
Figura 55. Resumen del tiempo promedio gastado en responder las preguntas por asignatura .....	126
Figura 56. Resumen del promedio de aciertos en las preguntas por asignatura .....	127
Figura 57. Relación entre la dificultad de las preguntas y el tiempo de respuestas utilizando el modelo de la IRT.....	129
Figura 58. Relación entre la dificultad de las preguntas y el promedio de aciertos en sus respuestas utilizando el modelo de la IRT .....	129
Figura 59. Relación entre el tiempo promedio de respuestas en diferentes niveles utilizando la técnica adaptativa de la IRT .....	130
Figura 60. Relación entre el promedio de aciertos en las respuestas en diferentes niveles utilizando la técnica adaptativa de la IRT .....	130
Figura 61. Tiempo de respuesta por asignatura según la IRT .....	131
Figura 62. Promedio de aciertos por asignaturas según la IRT.....	131
Figura 63. Dimensión Activo – Reflexivo .....	138
Figura 64. Dimensión Sensitivo – Intuitivo .....	138
Figura 65. Dimensión Visual – Verbal .....	139
Figura 66. Dimensión Secuencial – Global .....	139

Figura 67. Características principales sobre la experiencia de usuario en promedio .....	140
Figura 68. Características principales sobre la experiencia de usuario en promedio de la moda....	141

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Función de pertenencia en la lógica difusa .....	32
Ecuación 2. Definición de una red Bayesiana.....	35
Ecuación 3. Teorema de Bayes .....	35
Ecuación 4. Distribución logística de la IRT .....	44
Ecuación 5. Modelo logístico de un parámetro.....	44
Ecuación 6. Modelo logístico de dos parámetros .....	45
Ecuación 7. Modelo logístico de tres parámetros .....	45
Ecuación 8. Método de máxima verosimilitud .....	45
Ecuación 9. Varianza estimada.....	46
Ecuación 10. Error típico de estimación .....	47
Ecuación 11. Función de información .....	47
Ecuación 12. Función de información para un sólo ítem.....	47

# 1. Introducción

La educación es la principal forma de desarrollar los pueblos, ya lo decían los notables presidentes: “Libre, y para mi sagrado, es el derecho de pensar... La educación es fundamental para la felicidad social; es el principio en el que descansan la libertad y el engrandecimiento de los pueblos” (Benito Juárez) y “El conocimiento es la mejor inversión que se puede hacer” (Abraham Lincoln). Los países en desarrollo tienen factores muy diferentes en recursos naturales, historia, geografía y sistemas políticos, pero normalmente tienen algo en común: la falta de educación en sus pueblos.

Desgraciadamente existen muchas limitaciones en los países más pobres para la cobertura total de la educación, amplios territorios con baja densidad poblacional, falta de personal debidamente cualificado, falta de recursos económicos, malversación de fondos, falta de cultura social con respecto a los beneficios de la educación, etc.

En los países en vías de desarrollo, la penetración de la telefonía móvil evoluciona mucho más rápidamente que la de los terminales de sobremesa, suponiendo de hecho para muchos nuevos usuarios su primera puerta de entrada a la sociedad de la información [24]. El móvil tiene una mayor aceptación en los países pobres comparando con los otros medios de comunicación. Además el móvil cada vez tiene mejores características y ha pasado en los últimos 20 años de ser un terminal de comunicaciones con lógica operacional totalmente cableada y predefinida a ser pequeños ordenadores con funcionalidad de comunicación celular, algunos de los cuales tienen mayor potencia que los primeros PCs.

La enseñanza individual y personalizada produce mejores resultados en los alumnos que la enseñanza grupal, pues el profesor se centra totalmente en las debilidades y fortalezas del alumno y no en repartir como puede su tiempo entre muchos estudiantes. Desgraciadamente en los países en vías en desarrollo la mayoría de las aulas están masificadas, y “se hace lo que se puede” para enseñar a todo el grupo de alumnos.

Los sistemas de hipermedia adaptativa empleados en educación proveen de los mecanismos computacionales de adaptación automática al progreso del alumno en el proceso de enseñanza y aprendizaje vía sistemas computacionales. Con estos mecanismos los sistemas computacionales tienden a simular el proceso de enseñanza y aprendizaje individual y personalizado para cada usuario, sin la necesidad de contratación de nuevo personal docente.

Como introducción a este trabajo diremos que el proyecto está enfocado a la mejora de la educación de los estudiantes en los países en desarrollo, utilizando las bondades ofrecidas por las comunicaciones móviles, los teléfonos celulares actuales, y los mecanismos de los sistemas de hipermedia adaptativa.

El trabajo consiste en dos partes principales: primeramente se realiza una investigación de las diferentes técnicas de hipermedia adaptativa y se analiza su aplicación en el ámbito del aprendizaje móvil, la segunda parte trata del análisis, diseño, implementación y pruebas de una aplicación móvil para la presentación y evaluación de contenidos educativos de forma adaptativa, siguiendo la teoría de respuesta al ítem (IRT). Con este trabajo queremos indicar la viabilidad, utilidad y posibilidades del m-Learning en los países en vías de desarrollo.

## **1.1. Organización del documento**

El documento comienza con la portada, una página de dedicatoria, otra de agradecimientos, una página con el resumen general, seguido por el índice de todo el contenido.

Luego comenzamos con el capítulo 1, en este capítulo vemos una pequeña introducción al trabajo realizado, la organización del documento, y el estado del arte, donde tratamos los temas del m-Learning y los Sistemas de Hipermedia Adaptativa (SHA).

Le sigue el capítulo 2, en el vemos los objetivos del proyecto, comenzando por la descripción problemática, seguido por la justificación, luego hacemos un estudio de las alternativas posibles, viendo diferentes técnicas de aprendizaje adaptativo como ser: los sistemas expertos, la lógica difusa, las redes bayesianas, las redes neuronales y la teoría de respuesta al ítem (IRT), finalmente acabamos este capítulo describiendo el objetivos general y los objetivos específicos del proyecto.

En el capítulo 3, vemos los materiales y métodos utilizados en la realización del proyecto, empezando por las actividades realizadas para su ejecución, luego describimos los recursos empleados en el proyecto y la metodología de la realización del proyecto paso a paso.

A continuación en el capítulo 4 describimos los resultados de nuestro proyecto que son dos: primeramente es un estudio comparativo de diferentes modelos adaptativos para ver su posible utilización en un ambiente de m-Learning y la descripción de nuestra pequeña solución piloto implementada: tanto su contexto, la descripción de la solución y las pruebas realizadas.

Luego en el capítulo 5 analizamos las conclusiones de nuestro trabajo, presentando los principales logros alcanzados y los posibles trabajos futuros a partir de nuestro trabajo.

Finalizando el trabajo tenemos las referencias, los acrónimos, el glosario y los anexos.

## **1.2. Estado del Arte**

En este apartado detallaremos el estado del arte de las ciencias involucradas en el desarrollo de este proyecto final de máster. Primeramente hablaremos del m-Learning en particular situándolo dentro del campo de la educación a distancia. Finalmente hablaremos de los sistemas de hipermedia adaptativa y sus características.

### **1.2.1. m-Learning**

En este apartado describiremos extensamente los detalles de la nueva metodología de enseñanza y aprendizaje del m-Learning.

#### **1.2.1.1. Introducción**

Actualmente existen tres áreas donde la movilidad puede brindar frutos inmediatos e importancia estratégica para las organizaciones, las cuales son “negocios móviles”, “comercio móvil” y “aprendizaje móvil” (m-Learning) [19]. La mayoría de los actuales teléfonos móviles no son simples terminales móviles, sino pequeños ordenadores dentro de las terminales móviles. Por otro lado los ordenadores portátiles y de mano con interfaces adecuadas, en el ambiente de comunicaciones actual, se convierten en terminales móviles inteligentes. Consecuentemente que emerge una nueva forma de aprendizaje “m-Learning” es bastante natural [23].

El aprendizaje móvil representa la nueva etapa del aprendizaje asistido por ordenador y basado en multimedia. Las expectativas son altas debido a la independencia casi sin límites con relación al tiempo y el espacio del aprendizaje. La tecnología móvil es una tecnología de comunicación móvil de rápido desarrollo, la cual incluye redes de área local inalámbricas por WiFi, redes móviles de Tercera Generación (3G), y relacionada con los dispositivos informáticos móviles, como teléfonos móviles, pocket PCs, Tablet PCs, y dispositivos de Asistentes de Datos Personales (PDAs). La tecnología móvil provee a la gente con disponibilidad de computación “portátil” para participar convenientemente en ambientes de aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar. Los estudiantes pueden usar muchos diferentes dispositivos móviles para acceder a los ambientes de aprendizaje. Incorporando las tecnologías móviles al proceso de aprendizaje, la satisfacción por los esfuerzos en los trabajos es fuertemente mejorada. Mejorar la eficiencia del tiempo, el acceso inmediato a las salas de los cursos en línea, mejorar la colaboración con otras personas, son algunos de los muchos beneficios asociados con la tecnología móvil [20].

Con el uso del m-Learning, la educación a distancia puede incorporar estudiantes de diferentes orígenes y antecedentes, estilos de aprendizaje y habilidades diferentes, incluyendo gente que tenga una discapacidad o dificultad de aprendizaje específica. M-Learning ofrece nuevas oportunidades para gente que requiere soluciones computacionales móviles que otros dispositivos no pueden proveer. Así, se puede ver que m-Learning no es sólo e-Learning a través de dispositivos móviles.

Los dispositivos para el m-Learning están en continua evolución y están yendo a una convergencia tecnológica. Hoy en día uno puede ver equipos para formación y educación variando desde los teléfonos móviles comunes hasta avances como los teléfonos inteligentes, ordenadores de mano, ordenadores de bolsillo y muchos tipos de asistentes digitales personales [19].

### **1.2.1.2. Definición del m-Learning**

La educación está siendo transformada por el uso de tecnologías educativas móviles inalámbricas con el m-Learning. M-Learning crea un nuevo ambiente de aprendizaje donde los aprendices pueden acceder a los contenidos, profesores, y otros estudiantes en cualquier lugar y en cualquier momento, donde los contenidos que ellos acceden son dinámicos y dependientes de su localización en el tiempo y el espacio, y finalmente donde los aprendices pueden guardar algún contenido de aprendizaje para usarlo luego. Las características, como el video streaming, las pantallas a color, los navegadores de internet y la compatibilidad con las aplicaciones de escritorio, hacen el m-Learning más factible y práctico. Las ventajas del m-Learning son actividades de aprendizaje más flexibles, accesibles y personalizadas. Todo esto podría ayudar a los estudiantes a mantener constante la participación en las actividades de aprendizaje y mejorar su productividad y efectividad [18].

La definición de m-Learning es “el aprendizaje de conocimientos de forma ubicua y móvil”. Eso es con dispositivos móviles: teléfonos móviles, PDAs, iPods, etc. Las personas pueden aprender en los trenes, autobuses, y así, cuando están en movimiento, o en los parques, en casa, en el aeropuerto, en las estaciones de tren. Normalmente el m-Learning ocurre lejos de la casa u oficina [21]. Este es un nuevo método educacional más flexible, posible debido al crecimiento del uso de dispositivos móviles y comunicaciones inalámbricas, lo cual posibilita el acceso en cualquier momento y cualquier lugar a diferentes contenidos [17]. Entre estas definiciones, lo usual es lo siguiente: el aprendizaje móvil significa ofertar formación con ayuda de los dispositivos móviles, como ser: teléfonos móviles, PDAs, los reproductores digitales de audio, y también cámaras digitales, grabadores de cintas, lápices escáner, etc. El formato de estas “lecciones” tiene que ser conveniente de tal manera que permita a ellos usar los dispositivos pequeños mencionados [23].

Un enfoque más general, es definir el m-Learning como el aprendizaje que se da mientras se está fuera de una mesa de trabajo, está menos ligado a la tecnología específica, ya que un dispositivo móvil puede incluir una cámara, una grabadora de audio, incluso un ordenador portátil o cualquier dispositivo lo suficientemente pequeño como para ser llevado a lo largo del día sin molestar. Una de las primeras definiciones, aunque simple, ha resistido a la prueba del tiempo y sigue siendo viable. De acuerdo con Quinn, m-Learning es “la intersección de la computación móvil y e-Learning”. Aunque esta definición no satisface plenamente la posibilidad de designar la grabación móvil, el tratamiento de imágenes, o dispositivos de comunicación que están incluidos en el aprendizaje móvil, podría incluirlos o ser modificada para incorporar los dispositivos dedicados [22].

M-Learning, o e-Learning móvil, es esencialmente e-Learning distribuido a través de dispositivos móviles computacionales (Palms, teléfonos celulares digitales, reproductores MP3, etc.). Así, el aprendizaje móvil puede proveer aprendices on-line con capacidades de obtener notificaciones instantáneas por e-mail, acceder a sitios de aprendizaje, reportar datos desde el campo, y colaborar con otros estudiantes. Pero m-Learning es mucho más que simplemente e-Learning a través de dispositivos móviles, m-Learning pretenderá caracterizar el tipo específico de conocimiento dependiendo de la localización, situación, dispositivo, y estudiante [20].

### **1.2.1.3. Características principales del m-Learning**

En este punto, detallaremos algunas características sobre el aprendizaje móvil. Como una primera vista, el m-Learning puede ser considerado como un ramal del e-Learning, permitiendo un amplio rango de oportunidades en educación. Justamente como el e-Learning, viene a ser enteramente una nueva vía de enseñar y transferir conocimiento, m-Learning es ahora mostrado como un horizonte de nuevos desafíos y posibilidades [19].

- Algunos de estos desafíos y posibilidades pueden ser descritos así:

- Aprender donde sea, cuando sea, y en movimiento, sólo simplemente llevando un dispositivo móvil personal donde sea que vayas.
- Aprender interactuando con diferente gente, tanto en la comunidad social o a través de las redes sociales, foros, etc.
- Archivar y ordenar un amplio rango de información, usando los recursos de memoria de los dispositivos (la información siempre estará a la mano).
- Crear, usando las características del equipo, imágenes, videos o ficheros de texto, y entonces adjuntarlos a los sistemas de comunicación y aprendizaje; de esta manera todos los participantes de la red de aprendizaje pueden ser colaboradores del conocimiento.
- Biblioteca extendida permanentemente, la información tal como el grado, mensajes, calendarios, entre otros, pueden estar siempre actualizados y ser vistos.

- Según [20], los puntos relevantes que necesitan ser tomados en cuenta para esta nueva área:

- **La adaptación de la interfaz de usuario**, Las pantallas de los dispositivos móviles como las encontradas en las PDAs o los teléfonos inteligentes son mucho más pequeñas comparadas con las pantallas de los dispositivos más voluminosos como ser: las computadoras personales (PCs) y las portátiles. Este tamaño reducido de la pantalla de los dispositivos móviles crea limitaciones a la hora de crear interfaces de usuarios para los dispositivos móviles. Las tecnologías de presentación para móviles como son el Lenguaje de Marcado Inalámbrico (WML) [102] y más tarde el Lenguaje de Marcado de Hipertexto Compacto (cHTML) [103] abordan esta limitación. La restricción de la Interfaz de Usuario es uno de los dos principales desafíos presentados en las Propuestas como Pocket SCORM. Pocket SCORM es un proyecto que atiende la adaptación del estándar SCORM para dispositivos móviles.
- **Memoria**, Mientras que los dispositivos móviles se asocian comúnmente con las restricciones de memoria, las últimas generaciones de dispositivos móviles como los teléfonos dentro de las PDAs están cambiando la situación principalmente a través de la tecnología de chip SD.
- **Ancho de Banda**, Mientras el ancho de banda disponible para dispositivos móviles es conocido por ser bajo y costoso (por ejemplo sobre GPRS), la extensión de la cobertura WiFi y el incremento de la popularidad de los dispositivos PDAs está mejorando la situación.
- **Comunicación asíncrona**, Las limitaciones de ancho de banda están favoreciendo la comunicación asíncrona en los dispositivos móviles, donde debido a la falta de cobertura WiFi y los costos del GPRS, las sesiones de usuarios de dispositivos móviles son llevadas a cabo de forma off-line con el dispositivo siendo requerido de estar on-line solo en los momentos donde la sincronización con la aplicación servidora es requerida. La comunicación asíncrona es el segundo desafío principal identificado por el Pocket SCORM dentro del campo del aprendizaje móvil.
- **M-Learning como un apoyo al aprendizaje convencional**, Los dispositivos móviles están siendo usados como un apoyo al aprendizaje convencional. Un ejemplo de esto es un sistema de exposición de diapositivas, donde la integración de un software de presentación, como Microsoft PowerPoint, con los dispositivos móviles usados en el ambiente de aprendizaje lo que permite a los usuarios selectivamente descargar y anotar partes de la diapositiva mostrada usando los dispositivos móviles. Una aplicación web puede ser desarrollada para el uso en un ambiente de sala de lectura o

de clase que permite a los estudiantes acceder a contenido desde la diapositiva mostrada durante una representación. El contenido del sitio web está extraído dentro de un lenguaje de marcado, y en versión HTML de una diapositiva Power Point mostrada que está disponible a través de un punto de acceso inalámbrico.

• **M-Learning como apoyo al aprendizaje colaborativo**, Los dispositivos móviles están siendo también usados como medio para mejorar el aprendizaje colaborativo. Un ejemplo es el sistema mCLT, que es un cliente de Perfil de Dispositivo de Información Móvil Java™ (MIDP) para teléfonos móviles. Esto presenta una plataforma móvil innovadora para sistemas colaborativos apoyados por computador, basados en la tercera generación de teléfonos móviles. Los estudiantes pueden coleccionar y compartir datos al vivo, donde sea y cuando sea. Esto les permite jugar un rol activo en el proceso de construcción del conocimiento.

- El concepto de educación con el uso de los teléfonos móviles cubre un amplio rango de oportunidades:

- Aprender donde sea y en movimiento, simplemente llevando un dispositivo móvil personal.
- Aprender interactuando con diferentes personas a través de las redes sociales, foros, etc.
- Archivar y ordenar un amplio rango de información, usando los recursos de memoria del dispositivo.
- Crear, con las características del equipo, ficheros de imágenes, videos o texto, adjuntándolos a los sistemas de comunicación y aprendizaje.
- Consultar información variada como es el grado, los mensajes, los calendarios, entre otras cosas.

- Los dispositivos móviles usados en m-Learning pueden ser categorizados en dos tipos principales:

- Teléfonos móviles (teléfono móvil, teléfono inteligente).
- Ordenadores móviles (organizador, PDA, tablet PC, Pen Tablet, WebPAD, PaceBook, Mini PC, SmartBook, Sub NoteBook, Mini NoteBook, NoteBook, Laptop, Pizarra inteligente – Conferencia de Audio/Video, CarKit).

También podemos ver numerosos accesorios móviles inteligentes como ser: Interfaces cognitivas, Grabadora-Receptora Digital, Chat-Pen, Brocha de Impresión, Juegos, Pantalla, Teclado, altavoces HiFi, Ratón, Escáner, Fax de PC, Máquina Fotocopiadora, Proyector, Cámara Digital, Manos Libre, Controlador, Adaptador, Acumuladores, red inalámbrica de Casa u Oficina, Control Remoto, Modem, Estación de Conexión, Router, Switch, Hubs, FireWall; Los terminales móviles para tarjetas: mPOS, etc. Una categoría especial de estas terminales está representada por el entorno de almacenamiento, como ser: Tarjetas, Memory Stick, Memoria Flash USB, MicroDriver, Chip de Memoria, Disco Flexible, CD, DVD, iPOD, etc.

- El potencial de este nuevo método educativo es notable teniendo en cuenta que:

- Más del 50% de los trabajos en USA son móviles y pronto esto será global.
- Más de 500 millones de teléfonos que son capaces de conectar a Internet han sido vendidos en todo el mundo.

- El número de dispositivos electrónicos como las PDA (Asistente Digital Personal) han crecido el 200% el último año.
- Cada semestre el número de compañías que produce software para dispositivos móviles crece por 1000.
- Entre las opiniones de quienes ya usan el aprendizaje móvil se distinguen las siguientes contribuciones positivas:
  - Mejora la lectura, escritura y las habilidades matemáticas.
  - Fomentar el trabajo independiente, así como el trabajo en equipo.
  - Ayuda a los estudiantes a identificar las áreas en las cuales necesitan ayuda o asistencia.
  - Ayudar a luchar contra los pensamientos negativos cuando se trata del uso de las TIC (tecnologías de información y comunicación) y conecta la capacidad de utilizar el teléfono móvil a la capacidad del uso de las TIC.
  - Ayuda a los estudiantes a concentrarse en largos periodos de tiempo.
  - Ayudar a mejorar la confianza en uno mismo.
  - Ayudar a mejorar el respeto de sí mismo.
  - Elimina una parte del tipo clásico de lecciones.

En cuanto a la reacción de los jóvenes a este método de educación, los resultados son alentadores, el resultado de una parte sobre las modalidades de aprendizaje que prefiere para el futuro, ellos respondieron: 91% usar el portátil; 82% usar el ordenador; 80% usar los dispositivos móviles; 76% con los amigos y los jóvenes de edad similar; 54% en la universidad. El m-Learning presenta muchos desafíos y barreras para su implementación, tanto en cuestiones técnicas y cognitivas. Por ejemplo, no hay estandarización de las diversas plataformas móviles o dispositivos, las pantallas varían de dispositivo a dispositivo y la industria no está preocupada por el tráfico de datos o las bases de computación comparando con el tráfico de voz y sus respectivos ingresos. Los aspectos cognitivos del aprendizaje móvil están todavía más oscuros, como la investigación en esta área está en sus comienzos y depende de los nuevos experimentos y ensayos [19].

#### **1.2.1.4. Grupos participantes del aprendizaje móvil**

Según [17], los principales grupos participantes en el proceso de m-Learning son:

- a) Desarrolladores**, cuya principal tarea es el diseño y desarrollo de sistemas de aprendizaje móvil (sistema m-Learning).
- b) Educadores**, quienes desarrollan el contenido de aprendizaje usando el sistema m-Learning. También participan activamente en el proceso educativo.
- c) Estudiantes**, quienes usan el contenido educativo con la ayuda de dispositivos móviles y el sistema m-Learning.

### 1.2.1.5. Lugar del m-Learning en el proceso educativo

Dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje actual, existen diferentes metodologías y paradigmas. De [17] analizamos el lugar del m-Learning en el proceso educativo:

**a) El aprendizaje tradicional (aprendizaje cara a cara)**, con principal característica es que el proceso educativo es llevado a cabo en las aulas de clase y allí hay una continua comunicación entre estudiantes y educadores.

**b) El aprendizaje a distancia (d-Learning)**, se caracteriza por que le da al estudiante una oportunidad de estudiar en un tiempo y lugar dados. Los estudiantes están físicamente separados de los educadores y de las instituciones educativas.

**c) El aprendizaje mejorado por tecnología (te-Learning)**, usa herramientas y tecnologías especiales para incrementar la calidad de la educación. Se usa como apoyo a la educación tradicional o a la educación a distancia.

**d) El aprendizaje electrónico (e-Learning)**, fue primeramente definido como aprendizaje vía Internet, hoy en día cubre la educación vía Internet (on-line) y también el aprendizaje basado en ordenador (off-line).

**e) m-Learning y aprendizaje inalámbrico (w-Learning)**, son frecuentemente observados como parte del paradigma de e-Learning. Estos dos términos se usan intercambiados muchas veces, aunque no debería ser así pues no siempre m-Learning es vía inalámbrica y viceversa:

- **M-Learning**, es el uso de dispositivos móviles (teléfonos móviles, PDAs, teléfonos móviles, computadoras portátiles, tabletas pcs, etc.) para presentar contenido educativo. Dependiendo de la necesidad de conectividad inalámbrica m-Learning puede ser on-line o off-line, además puede ser híbrido utilizando la comunicación inalámbrica para cargar el contenido en memoria del dispositivo y luego el estudiante trabaja off-line.

- **W-Learning**, es el método de aprendizaje que se apoya en tecnologías inalámbricas. En la mayoría de los casos es un sub-conjunto de m-Learning.

### 1.2.1.6. Evolución de la Educación a Distancia

A lo largo de la historia, la educación a distancia ha sufrido algunos cambios. Según [19], la evolución de la educación a distancia puede ser dividida en tres diferentes etapas: el aprendizaje a distancia, el aprendizaje electrónico, y el aprendizaje móvil:

**a) La etapa de la educación a distancia, o d-Learning**, comienza con la revolución industrial al rededor de los siglos 18 y 19. Esta revolución brindó nuevas posibilidades para la comunicación, y una de las más importantes son las plantas de impresión de grandes volúmenes de libros, periódicos y otros documentos. El servicio de correo evolucionó en estos días, y la expansión de las vías férreas, con los trenes arribando o pasando por lugares distantes, tuvo la ventaja de tener a la gente junta o más conectada que nunca antes. Los primeros cursos de educación a distancia fueron basados en libros y correspondencia, y la gente ubicada lejos de las grandes ciudades pudo recibir sus materiales, estudiar solos y conducir las pruebas y las relaciones a través de la correspondencia. En el Reino Unido la Universidad de Londres abrió su programa de educación en 1840. El concepto de educación a distancia evolucionó hasta el siglo pasado cuando, durante la década de los 70, las primeras “Universidades Abiertas” aparecieron en Europa (Reino Unido, España y Alemania).

**b) El aprendizaje electrónico, o e-Learning,** viene con la revolución electrónica y el internet. El arribo de las comunicaciones electrónicas posibilitó un nuevo nivel de acceso y comunicación para educación, primero con las transmisiones de radio en vivo de cursos, y luego cuando la era de la televisión llegó. Entonces en los noventa arribó Internet que permite muchas posibilidades en comunicación, especialmente interactivas, cosa no posible con la radio y la televisión. Los sistemas de aprendizaje usando internet pueden proveer contenido, promover foros de discusión y chats en tiempo real, mostrar videos y crear otras posibilidades, como una enteramente nueva forma de educar a través del uso de las herramientas web. El uso intensivo de internet fue posible debido a muchos factores: La desregularización de las comunicaciones, seguidos por la privatización de las telecomunicaciones alrededor del mundo; El desarrollo de las computadoras personales y su popularización en los años 89; los ordenadores se volvieron más fáciles de usar y sus precios bajaron año tras año; Las redes de comunicación cambiaron de analógico a digital; su digitalización permitió el desarrollo de nuevas tecnologías y protocolos de transmisión y condiciones para compactar más la información en un simple “paquete”; Internet se volvió público en los 90; primero su uso fue académico o militar, luego se hizo público y se extendió.

**c) El aprendizaje móvil, o m-Learning,** después de la revolución de internet vino la revolución inalámbrica que brindo la nueva etapa del aprendizaje móvil, o m-Learning. Una revolución en las comunicaciones personales comenzaron con el cambio de siglo cuando el número de teléfonos móviles sobrepaso el número de líneas fijas de la telefonía tradicional. Existían 500 millones de dispositivos inalámbricos entre 1999 y el 2000, y en el 2008 existían más de 3 billones de líneas móviles en el mundo. Nuevas características fueron añadidas año tras año, como son fotografía, música y video en todos los dispositivos. En estos dispositivos de mano el poder de computación es realmente más alto que en los ordenadores de escritorio de algunos años atrás, con la memoria incrementada y buscadores web sofisticados. Actualmente hay tres veces más teléfonos móviles que PCs con acceso a Internet, estamos en la era de la movilidad global, donde del 50% de los trabajadores gastan más de la mitad de su tiempo fuera de la oficina. Los teléfonos móviles son ítems personales, y definen el estilo personal. Pero las experiencias con el uso de los dispositivos móviles en educación recién están comenzando, y la mayoría se enfoca en la implementación, literalmente, de las versiones de la web en los teléfonos móviles usando un navegador web, o simplemente implementando objetos de aprendizaje muy simples o pequeños juegos.

#### **1.2.1.7. Herramientas típicas de las plataformas de m-Learning**

Cuando pensamos en herramientas de aprendizaje móvil podemos clasificarlas en dos grupos principales: 1) acceso a información académica (horarios, marcas, información sobre los educadores en la institución educativa, etc.) y 2) acceso a contenido educativo.

El segundo grupo debe considerar el uso de herramientas de evaluación para el aprendizaje, como la creación de cuestionarios de opciones múltiples, y como asociar este tipo de evaluación con medidas de confidencialidad y seguridad, como bien el id correcto de usuario del sistema en la realización de la misma [19].

Considerando estos dos grupos se pueden enumerar las siguientes funciones que son típicas de las plataformas móviles: alertas y alarmas; herramientas de comunicación directa; sistemas de elección múltiple; juegos educativos; registros, horarios, resultados de evaluación; herramientas de búsqueda; enlaces a sitios móviles; videos y audios instruccionales; herramientas para capturar información; foros y redes sociales.

### 1.2.1.8. Pedagogía en el aprendizaje móvil

Se ha tratado de construir una teoría pedagógica en torno al m-Learning, pero la última tendencia es la utilización de las teorías clásicas para el mismo [22], de [22] nombramos el siguiente resumen:

**a) Conductismo,** Debido a la rápida retroalimentación o refuerzo que puede ser facilitado a través de dispositivos móviles, las teorías conductistas de Skinner y Pavlov son relevantes en el aprendizaje móvil.

**b) Constructivismo,** Los usuarios pueden trabajar su camino en entornos de juego o las simulaciones y construir su propio conocimiento en la forma propuesta por Piaget, Bruner, y Papert. Otros investigadores sugieren que las computadoras de mano también apoyan las actividades educativas constructivistas a través de la colaboración entre los grupos de aprendizaje que se traduce en una mayor motivación. La promoción del aprendizaje interactivo facilita el control del proceso de aprendizaje y su relación con el mundo real.

**c) Aprendizaje Situado,** Los maestros y los diseñadores instruccionales pueden preparar situaciones para que los estudiantes usen sus dispositivos móviles para resolver problemas de aprendizaje basado en casos. Los usuarios usarán los dispositivos móviles en entornos de aprendizaje auténticos o “conscientes del contexto” entornos como museos o sitios históricos son todos ejemplos de aprendizaje situado.

**d) Aprendizaje Colaborativo,** En el aprendizaje colaborativo, los participantes se involucran en la discusión grupal y la reflexión sobre la práctica con los profesores y otros usuarios para aprender unos de otros. Los dispositivos móviles también ofrecen un medio adicional de comunicación y un medio portátil de la información electrónica para la recopilación y el intercambio entre los usuarios.

### 1.2.1.9. Desafíos para la implantación de la educación móvil

Según [22] existen diversos desafíos para la implantación correcta del m-Learning, como ser:

- El principal desafío general es el desarrollo de nuevos paradigmas que soportan la educación en plataformas móviles. Paradigmas los cuales son diferentes de aquellos que emergen desde la era previa de internet. Nuevos paradigmas inalámbricos como:

- Aprendizaje colaborativo, la gente está ahora conectada todo el tiempo y puede colaborar en tiempo real, preguntando, respondiendo, discutiendo y participando en una forma muy democrática.
- Educación corporativa, como los trabajadores están más y más yendo y viniendo de la oficina, la educación corporativa debe pasar a través de los móviles.
- Generación colectiva del conocimiento, como los dispositivos tienen poderosas herramientas (cámara, grabador, texto, etc.) y están siempre conectados, esto se debe usar para generar conocimiento desde el campo.
- La experiencia creciente de la gente joven con las redes sociales puede turnarse en una ventaja para el aprendizaje móvil.

- Otro desafío complejo es la creación de contenido, como desarrollar una nueva plataforma de autoría, como resolver la marca de texto para diferentes dispositivos y formatos, y como usar una interfaz pequeña para mostrar el texto y las imágenes son las cuestiones fundamentales.

- El contenido existente en e-Learning debe ser adaptado para los nuevos dispositivos, y esto debe ser hecho por procesos automáticos. Esto puede generar nuevos modelos de negocio, como nuevas plataformas para m-LMS (sistemas de gestión de aprendizaje móvil), y estos deben interactuar con los ya existentes.

- El desafío de las características de los móviles: cada año (o mes) nuevas características son construidas en los dispositivos móviles, esto es muy emocionante. Como explotar completamente estas nuevas características, como son geo-localización, sensores de movimiento, fotos y videos, para hacer la experiencia educativa lo más interactiva posible, este es el desafío con el cual tratar.

#### **1.2.1.10. Desafíos para el paso de e-Learning a m-Learning**

De [17] haremos un análisis detallado de los desafíos en la transición de e-Learning a m-Learning:

**a) Desafíos tecnológicos,** La principal diferencia entre m-Learning y e-Learning es la tecnología utilizada para proporcionar el contenido educativo. E-Learning usa principalmente computadoras personales de escritorio mientras que m-Learning usa dispositivos móviles que varían en potencia de cómputo, tamaño de memoria, tamaño de pantalla, sistema operativo, software, y capacidades de comunicación inalámbricas, etc. A continuación explicamos los desafíos tecnológicos para los diferentes actores del aprendizaje móvil:

- **Desarrolladores,** su desafío resulta de las características de los dispositivos móviles, menos poderoso que las PCs, menos memoria, menos poder de cómputo, menor tamaño de pantalla, ausencia (en la mayoría de los casos) de teclado, etc. Otro desafío es que los desarrolladores deben conocer muy bien todas las capacidades y problemas de los dispositivos móviles y tecnologías de comunicación particulares para diseñar y desarrollar exitosamente un sistema m-Learning.

- **Educadores,** deben conocer muy bien como operar el dispositivo móvil para convencerse de su potencial educativo para entonces poder cooperar exitosamente con los desarrolladores de sistemas m-Learning. Deben conocer que necesitan de los desarrolladores y los límites de los sistemas m-Learning para luego poder desarrollar contenidos tomando en cuenta las capacidades del sistema m-Learning. También tienen que ser fluidos en el uso de dispositivos de comunicaciones modernos usados por sus estudiantes con el fin de responder a sus expectativas.

- **Estudiantes,** son el grupo que usa más frecuentemente una nueva tecnología móvil y de comunicación. Su principal desafío es las diferentes características de los dispositivos móviles con las PCs usadas para e-Learning. Deben conocer las habilidades y limitaciones de sus dispositivos móviles personales al presentar contenido educativo, así tomarán ventajas de las posibilidades que el sistema m-Learning soporta.

**b) Desafíos de desarrollo,** Existen desafíos cuando desarrollamos herramientas o contenido para m-Learning, a continuación explicamos estos para los diferentes actores del aprendizaje móvil:

- **Desarrolladores,** los desarrolladores tienen sus principales desafíos durante el desarrollo del sistema m-Learning. Deben definir el tipo de sistema que desarrollarán on-line (que puede basarse en un sistema e-Learning existente) u off-line. Debido a las diferentes capacidades de los dispositivos móviles, necesitan tomar una decisión bien fundamentada de un método de adaptación apropiado del contenido educacional, del lado del servidor, basado en el proxy, o del lado del cliente. Desde el punto de vista del diseño se debe tomar muy en cuenta las grandes diferencias entre los dispositivos móviles y las PCs para la interacción de usuarios y la presentación de información educacional. También deben considerar las diferentes velocidades de transmisión en las

diferentes tecnologías inalámbricas. Otro problema es la pérdida de conexión cuando se usa comunicación inalámbrica, se necesita manejar la información del dispositivo del usuario. El desarrollo de un sistema off-line de m-Learning es muy diferente a uno de e-Learning, pues en el último caso podemos usar CDs o DVDs para usar grandes ficheros en cambio en el caso de m-Learning los módulos m-Learning se tienen límites de memoria del dispositivo.

Otro desafío es la elección de la plataforma de desarrollo, que dependerá si el sistema es on-Line, off-Line, si está basado en un sistema e-Learning existente, etc. El último desafío es la capacidad de testear el sistema m-Learning, pues a diferencia de los sistemas e-Learning que pueden probarse en PCs directamente, los sistemas m-Learning normalmente primero se prueban en simuladores y mucho después recién en dispositivos móviles reales. A diferencia de un sitio web, desarrollar aplicaciones móviles, para la mayor cantidad de dispositivos es bastante difícil. Es el principal desafío que los contenidos y las aplicaciones sean distribuidos a la mayor cantidad de dispositivos sin mucho esfuerzo. Esto se balancea con tratar de sacar el mayor rendimiento posible de las aplicaciones nativas de cada dispositivo móvil [22].

- **Educadores**, Su principal desafío es el desarrollo de contenido educativo. Por un lado ellos deben ser fluidos con el uso de herramientas de autoría para sistemas m-Learning y por otro lado deben considerar las limitaciones que da el sistema m-Learning a la hora de crear contenidos, como ser: que unidades educativas puede usar, como editar esas unidades, como las debe ordenar, que comunicación debe usar para el aprendizaje colaborativo, etc. Es por esto que educadores y desarrolladores deben resolver los principales dilemas juntos en las etapas de diseño y desarrollo del sistema, si los educadores no tienen los dispositivos móviles para probar, deben aprender a usar los emuladores de los móviles para poder probar la correcta creación de sus contenidos educativos.

- **Estudiantes**, como ellos son los principales usuarios del sistema m-Learning, ellos sólo pueden participar en el proceso de desarrollo como testers.

c) **Desafíos pedagógicos**, Al ser un nuevo paradigma educativo, el m-Learning presenta los siguientes desafíos pedagógicos para los diferentes actores del proceso:

- **Desarrolladores**, el principal desafío pedagógico para los desarrolladores es que ellos son especialistas en informática, con conocimientos muy bajos de los diferentes enfoques pedagógicos, por eso es importante que los educadores y desarrolladores durante el proceso de desarrollo trabajen juntos para que el sistema m-Learning cumpla con el enfoque pedagógico deseado. Otro desafío para los desarrolladores es derivado de las limitaciones tecnológicas de los dispositivos móviles, para decrementar el tiempo de carga de los contenidos, el sistema deberá tener la capacidad de guardar los perfiles de usuarios y predecir la ruta de aprendizaje para cada estudiante individual.

- **Educadores**, en la transición de e-Learning a m-Learning los educadores presentan grandes desafíos pedagógicos, pues ellos deben encontrar la mejor manera de combinar las nuevas tecnologías móviles y de comunicaciones con los diferentes enfoques educativos. A diferencia a la educación tradicional donde el educador es el centro del proceso educativo, en los sistemas m-Learning el foco es el estudiante.

- **Estudiantes**, Un desafío pedagógico para los estudiantes es que ellos necesitan de ser auto-organizados, para llegar a las metas requeridas. Sin embargo en los dispositivos móviles la habilidad de ser auto-organizado es intercalada con las buenas oportunidades de comunicación para el aprendizaje colaborativo.

Una solución exitosa considera las interacciones entre todos los desafíos, así como el complemento de los sistemas m-Learning con los sistemas e-Learning y la educación tradicional [17].

### 1.2.1.11. Estrategias para el desarrollo de aprendizaje móvil

Aunque las plataformas tienden a estandarizarse, los desarrolladores tienen que crear aplicaciones para la mayor audiencia posible. Además deben tener en cuenta que no están reemplazando el e-Learning o la educación tradicional, sino extendiendo el uso de la computadora, a lugares donde el ordenador no puede llegar. Esto abre un conjunto de posibilidades de educación constructivista: grupos colaborativos, recopilación de datos en el campo, y otros ejercicios de aprendizaje constructivista [22]. Estas son las estrategias de desarrollo sugeridas para el m-Learning:

**a) Cortos objetos de aprendizaje,** Los módulos de aprendizaje deben tomar de 5 a 10 minutos, mejor si incluye una evaluación final, y que permita al estudiante apagar la aplicación o pasar al siguiente módulo.

**b) Aprender haciendo adaptación,** En los países en vías de desarrollo el teléfono móvil, puede ser el primer instrumento computacional para muchos usuarios, por lo tanto las actividades de aprendizaje, así como la aplicación de interfaz de usuario debe estar diseñado para que los usuarios puedan adaptarse con facilidad y aprender haciendo. Los juegos de entretenimiento pueden ser una herramienta para que los nuevos usuarios adquieran destrezas y familiaridad.

**c) Enfocarse en motivar a los estudiantes,** Los estudiantes y profesores al percibir un buen ambiente, no convertirán en problemas muchas cuestiones técnicas. Las herramientas de m-Learning deben ayudar a los estudiantes a adquirir aprendizaje no planificado y mayor información. Los investigadores sugieren que los profesores deberían tener programas flexibles que se ajusten al flujo del aprendizaje en el aula.

### 1.2.1.12. Barreras para la implantación del m-Learning

En la revolución inalámbrica actual, todavía existen barreras importantes para lograr la adopción del m-Learning. Algunas de estas barreras pueden ser descritas como sigue:

**a) El costo de la transmisión de paquetes (WAP, GPRS, 3G y otros),** es todavía restrictivo en muchos países, principalmente en las regiones pobres inclusive en los países desarrollados, tal vez debido a los modelos de negocio de los operadores de telecomunicaciones los cuales están todavía enfocados en la facturación de la voz y en los servicios de mensajes cortos de texto.

**b) El tamaño de los dispositivos,** es un problema porque la pantalla es considerablemente pequeña, el teclado no es práctico para escribir, y no existe uniformidad de dispositivos en la industria; algunos de estos problemas fueron solucionados con las interfaces de pantalla táctil, pero la dimensión es una cuestión de usabilidad a resolver.

**c) Las plataformas múltiples y los operadores múltiples,** cada fabricante lanza constantemente siempre nuevos dispositivos con diferentes dimensiones y características, y los operadores de telecomunicaciones no tienen un estándar de la transmisión de calidad de datos o los modelos de negocios, esto pone dificultades para los desarrolladores en general.

**d) Existen pocas experiencias en aprendizaje móvil,** el m-Learning todavía es incipiente y sus experiencias de aprendizaje son frecuentemente discontinuadas.

**e) La reactividad y el conservacionismo de los educadores,** la mayoría de ellos ven este tipo de tecnologías como un problema al cual deben enfrentarse, y muchas veces prefieren viejas formas educativas que ellos ya han usado.

f) **La adopción de las nuevas tecnologías es una barrera**, porque depende de primeros adoptantes.

g) **La necesidad de producir nuevo contenido y objetos de aprendizaje**, puede ser una fuerte barrera por que los profesores e investigadores no saben cómo hacer esto.

h) **Debido a la enorme base instalada de teléfonos móviles**, el desarrollo de las aplicaciones para teléfonos móviles continúa a veces en fases iniciales.

i) **Debido a la mala utilización del teléfono móvil**, de los estudiantes en las escuelas (por ejemplo, una conversación contraproducente en clases, los tonos de llamada, etc.), existe todavía una imagen negativa de la telefonía móvil dentro del ámbito educativo.

### **1.2.1.13. Aspectos positivos y negativos del m-Learning**

De [18], [19], [21], [22] y [23] se hizo un análisis de las características positivas y negativas de la adopción del m-Learning, detalladas a continuación:

#### **1.2.1.13.1. Aspectos positivos del m-Learning**

Este tipo de aprendizaje es revolucionario, porque es usado cada vez más y promete un gran número de ventajas comparado con los métodos clásicos:

- Usar el tiempo al máximo, tiempo anteriormente perdido, cuando estás viajando o transportándote.
  - Acceder a muchísima información presentada de diversas maneras (texto, audio, video, etc.), con una apariencia muy bonita y por lo tanto de asimilación muy fácil.
  - A través de la tecnología GPS, m-Learning puede ofrecer educación en cualquier localización que se esté.
  - La mayoría de los dispositivos móviles son más baratos, más pequeños y más livianos que los ordenadores.
  - Los estudiantes se sienten más libres en su proceso de aprendizaje, pueden tomar la educación en el lugar que prefieran, no como en el aula que se estresan por entender todo lo explicado.
  - La posibilidad de gran disponibilidad de contenidos, produciendo precios bajos. Como mucha información se transmite por internet puede llegar a ser GRATIS.
  - La gente joven usa intensamente las nuevas tecnologías, por lo tanto está más abierto a los nuevos métodos de enseñanza y les parece más atractivos.
  - Además m-Learning nos ofrece nuevas posibilidades de aprendizaje:
- **Al ser los dispositivos de tamaño pequeño pueden ser utilizados en un aprendizaje ubicuo.** Se tienen acceso a datos en tiempo real, donde y cuando sea, además pueden recolectar información: anotaciones, grabación de videos e imágenes, enciclopedias, simulaciones, hojas de cálculo, libros, notas de lectura del profesor, etc.

- **Dispositivos móviles como herramienta de representación.** Pueden ser utilizados para recopilar información, entregar las tareas a través de diversos medios de comunicación y presentación.
- **Dispositivos móviles como herramienta de comunicación.** La capacidad de comunicarse en cualquier momento o lugar es un elemento importante entre las potencialidades de aprendizaje móvil. Es una herramienta de discusión para enviar una idea fresca, la cual puede ser recibida inmediatamente o leída posteriormente por los demás participantes.
- **Aprendizaje limitado vs Sin aprendizaje en absoluto.** En algunos países en desarrollo, los usuarios móviles superan en número a los usuarios cableados. En estos países, los estudiantes no son capaces de asistir a clases y no tienen acceso a una computadora durante largos períodos de tiempo, entonces el aprendizaje móvil permite la entrega de una forma instrucción limitada en vez de ninguna instrucción. En los países desarrollados el m-Learning es visto más como un salto moderno dentro del e-Learning.

Algunos líderes en la investigación de la educación a distancia dicen que las posibilidades aún no se han determinado, que indica que los investigadores educativos aún no han presentado argumentos convincentes para las potencialidades de aprendizaje móvil. Sin embargo, algunos de los usos de los dispositivos móviles para la educación están bien documentados en la investigación, pero deben ser medidos contra los métodos ya existentes.

#### 1.2.1.13.2. Aspectos negativos del m-Learning

Desde las computadoras personales a los WHDs (Dispositivos inalámbricos móviles), como son los teléfonos inteligentes, PDAs, y las Tablet, la infusión masiva de los dispositivos computacionales y las mejoras rápidas de las capacidades de internet, han alterado la naturaleza de la educación superior. Hay algunos problemas de seguridad causados por el uso de WHDs, como son el robo de datos, el robo de identidad que es perjudicial tanto para los profesores y estudiantes, y el bajo nivel del modo de seguridad. En esta parte se analiza los problemas y los desafíos de los WHDs usados en m-Learning, por ejemplo: eficiencia de uso, menos “alfabetización” computarizada, pantalla y memorias limitadas, y baja velocidad de transferencia para la mayoría de los estudiantes en las redes 2G o altos costos de los servicios on-line en las redes 3G. Existen algunas desventajas en el uso de estas nuevas tecnologías:

- **La relación entre el estudiante y el profesor es básicamente inexistente**, el estudiante accede a la información cuando quiere o nunca. El profesor no controla para nada la organización del estudio, y esto también puede afectar a la motivación del estudiante.
- **No existe una forma de evaluación bien acertada**, por que el estudiante puede estar siempre cerca de la fuente de información. Por esto los productos de m-Learning están más destinados al ambiente universitario, con usuarios de conciencia más madura.
- **El crecimiento de m-Learning actualmente está limitado**, pues el costo de la comunicación y los dispositivos móviles restringe a algunas personas.
- **Existen desventajas eligiendo m-Learning**, las principales son la pantalla pequeña y limitadas posibilidades de entrada de datos de estos dispositivos.
- **Existe incompatibilidad entre el software de los dispositivos móviles y el de los ordenadores**, porque tienen estructuras diferentes, limitando la interoperabilidad.

- **Costo Alto**, los dispositivos necesitan ser actualizados o cambiados constantemente, de acuerdo a las nuevas tendencias. Las lecciones tienen que ser adaptadas a la tecnología usada.

- **La salud del estudiante**, no existe pruebas biológicas que el uso del móvil o los dispositivos que trabajan con radio frecuencia (RF) afecten a la salud humana, ni que produzcan cáncer, ni que afecten a la funcionalidad cerebral. Pero deben realizarse más estudios para verificar este punto.

- Las siguientes limitaciones del aprendizaje en teléfonos móviles son desde el punto de vista psicológico y pedagógico:

- **Los teléfonos móviles han sido diseñados para comunicarse con otras personas**, no para aprendizaje; por lo tanto la gente siente una falta de motivación psicológica para usar los teléfonos móviles para aprendizaje constante.

- **Sin ningún respaldo médico**, la gente continúa pensando que el uso constante de los teléfonos móviles produce daños cerebrales o auditivos, como tumores y otras enfermedades.

- **Cuando se distribuye servicios de aprendizaje al móvil de las personas**, invadimos su espacio personal y la gente puede resistirse a la intrusión en su tiempo privado.

- **Debido a que el aprendizaje móvil, teóricamente, puede ocurrir en cualquier lugar y en cualquier momento**, es difícil hacer un seguimiento del rendimiento escolar de los alumnos de los cursos de m-Learning.

- **Es difícil de hacer una evaluación en m-Learning**, pues no hay un comprobador in-situ que verifique que la persona que toma el test sea quien debe ser, dejando toda esta responsabilidad al individuo. Esto es una falta común en todos los sistemas de aprendizaje.

- **Como es un método de aprendizaje en movimiento**, el ambiente circundante puede interrumpir en el proceso de aprendizaje.

- Las limitaciones del aprendizaje en teléfonos móviles desde el punto de vista técnico son:

- **Pantallas pequeñas y baja resolución**, Produce cansancio en los ojos al escribir o leer en ellas, las pantallas no pueden ser demasiado grande si el móvil tiene que ser portable y la resolución se va incrementando. El tamaño de la pantalla es un cuello de botella.

- **Limitaciones de entrada de datos**, Escribir información en un móvil es más duro que hacerlo en un PC, esto hace que el proceso de aprendizaje sea más lento. Nuevas tecnologías de intercambio de información entre PCs y móviles como Bluetooth mitigan un poco este problema de ingreso de datos, pero no lo suficiente. La tecnología de reconocimiento de voz todavía debe madurar más para ayudar a la entrada de datos en los teléfonos móviles.

- **Limitaciones de acceso a internet**, Las páginas web pueden desconfigurarse y los contenidos multimedia perderse en el acceso por móviles, tiene que haber una transformación de la página a un lenguaje de programación web entendible por el móvil. Además las velocidades de conexión a internet para el móvil son más bajas que las de los PCs, los navegadores para móviles sólo tienen dos idiomas: en inglés y el nativo, lo que produce problemas a la hora de querer aprender idiomas extranjeros vía m-Learning, y dificultad de trasladarse de país y seguir utilizando el móvil.

- **Falta de estandarización y compatibilidad**, Actualmente es imposible generar una herramienta m-Learning para todos los teléfonos móviles, para la creación de contenidos para móviles. Las redes

de telecomunicaciones son diferentes en los países, provocando problemas de comunicación en los viajes. Existe falta de compatibilidad en las funciones de los móviles, algunos con apenas servicios de llamadas y otros con servicios de tv, radio e internet.

- Existen limitaciones adicionales como ser: Poca capacidad de memoria y almacenamiento, Costo de “recepción” y prohibición de uso en ciertos lugares, Limitaciones de la ubicación de la red móvil en ciertos sitios, Problemas de seguridad y privacidad.

#### **1.2.1.14. Cuestiones principales para el futuro del m-Learning**

Según [19], el futuro de m-Learning, su éxito y tiempo de adopción depende de una serie de cuestiones, como ser:

**a) La portabilidad de aplicaciones**, los sistemas de m-Learning deben buscar aplicaciones que pueden ser usadas en una gran variedad de dispositivos, con el fin de democratizar el acceso y debe ser lo menos posible dependiente de los nuevos lanzamientos de hardware.

**b) Oportunidades de educación híbrida**, el uso de sistemas de aprendizaje móvil opera como un complemento a la educación forma cara a cara y a la educación e-Learning y debe ser usado como un método de enseñanza adicional fuera del salón de clase, como un puente on-line entre estudiantes y educadores, permitiendo intercambio rápido de información entre ellos.

**c) Pequeño tamaño de dispositivos (pantallas y teclados)**, la facilidad con la que las generaciones jóvenes se adaptan a los dispositivos móviles hace predecir que las dificultades actuales serán cubiertas en medida que los dispositivos se vuelven más sofisticados y los precios bajan. Sólo observando la facilidad con la que la gente joven crea mensajes de texto en sus teléfonos celulares nos hace predecir que el tamaño pequeño del teclado no será un obstáculo en corto tiempo.

**d) Calidad de las redes de transmisión**, la mejora de la calidad de la red de transmisión en muchos países, la calidad de su cobertura e inclusive la posibilidad de incrementar siempre el uso de WiFi libre vuelve más y más fácil el acceso a la información.

**e) Interactividad**, una de las mayores atracciones de las redes móviles es la posibilidad de estar conectado a las redes todo el tiempo e interactuar con otra gente por medio de ellas. El diseño de plataformas que hagan uso de las principales redes sociales para diseminar el conocimiento y no sólo el entretenimiento, es la ruta para la educación en el futuro próximo.

**f) Aplicaciones centradas en el usuario**, las herramientas para el aprendizaje móvil deben ser creadas desde el punto de vista del usuario, por ejemplo: el estudiante. El conservacionismo de los educadores debe ser vencido con otras estrategias, a través de formación y desarrollo de herramientas a “trastienda” que fomentan el uso de aprendizaje móvil. El hecho es que las aplicaciones instaladas en los teléfonos móviles deben ser atractivas visualmente, amigables al usuario y deben estimular a los estudiantes, y ciertamente pronto un área especial de diseño será establecido, orientados específicamente a la creación de interfaces visuales emocionantes para pantallas de teléfonos móviles.

### 1.2.1.15. Lagunas en la literatura existente

La mayoría de las investigaciones en m-Learning tratan las mejores prácticas de desarrollo, que si bien son muy útiles, los resultados deben guiar futuras investigaciones. Un pequeño número de proyectos trata de medir la eficacia del uso de m-Learning frente a no usarlo en absoluto [22]. Los siguientes tópicos deberían ser ampliados con mayor cantidad de estudios al respecto:

**a) Motivación de los estudiantes.** Se debe explorar la influencia motivacional de las tecnologías móviles en educación. La información mandada por un dispositivo móvil tiende a tener más faltas ortográficas, y no hay mucha investigación en por qué pasa esto.

**b) Preferencias de los usuarios.** Utilizando métodos cuantitativos, cualitativos o mixtos, una variedad de estudios podrían llevarse a cabo por los investigadores para explorar las elecciones del dispositivo o medio que se realizan cuando a los estudiantes se les da opciones para la grabación, recuperación y presentación de datos.

**c) Usuarios de móviles distraídos.** Se deben hacer más estudios comparativos de los usuarios de m-Learning tanto en ambientes fijos como móviles, así como compararlos con los lectores de un libro de papel en un ambiente móvil. Estas medidas nos ayudaran a determinar la efectividad real de las aplicaciones de m-Learning.

**d) Iniciar formando el mínimo común denominador.** En un ambiente controlado como las universidades o empresas donde todos los usuarios disponen de dispositivos móviles similares se pueden sacar más provecho de las aplicaciones nativas de los dispositivos. En cambio si se quiere llegar a una audiencia más grande de dispositivos, se tiene que presentar el contenido de la forma más sencilla posible, o recurrir a un staff para cumplir con la mayor cantidad de características diferentes de los distintos dispositivos. Quizás el desarrollo de una plantilla o un algoritmo que equilibre los costes, el número de personal, y tiempos de desarrollo con las variedades de dispositivos potenciales entre los estudiantes sería de gran ayuda para los investigadores y desarrolladores.

### 1.2.2. Sistemas de Hipermedia Adaptativa

En este apartado describiremos los componentes y las características de los sistemas de hipermedia adaptativa (SHA), empezando por las definiciones necesarias para su comprensión.

#### 1.2.2.1. Aprendizaje Artificial y Automático

Según la Real Académica Española (RAE) [1] nos dice que aprender es: “Adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia”. De [2] inferimos que el Aprendizaje Artificial y Automático (AAA) es un proceso de inducción del conocimiento (aprendizaje) para el cual se crean programas (artificiales) capaces de generalizar comportamientos a partir de una información no estructurada, suministrada en forma de ejemplos con el fin de afrontar problemas demasiado complicados para resolverlos a mano, con grandes bases de datos y de alta dimensionalidad (automáticos). En otras palabras AAA es un proceso por el cual un programa de ordenador aprende a comportarse en base a suposiciones y experiencia interactiva (con programas o usuarios) de la mejor forma posible para la resolución de problemas demasiado complicados de resolver de forma manual. Algunos ejemplos de aplicación del AAA son: el Reconocimiento de Patrones (conjuntos de atributos), los Modelos de Predicción (generalización, descripción), los clasificadores (definición de fronteras de decisión) y clustering (agrupamiento), etc.

Para clasificar a los diferentes tipos de AAA, nos basamos en cómo se obtiene la información adicional para aprender:

**a) Aprendizaje no supervisado:** No se necesita información adicional. Ejemplo: El robot que minimiza la energía consumida.

**b) Aprendizaje supervisado:** Hay un “supervisor” que da información sobre lo que debe hacer. Ejemplo: El programa que clasifica el mail como “spam” o “no spam”.

**c) Aprendizaje por refuerzo:** Hay un supervisor que da información sobre si se está haciendo bien o mal, pero no exactamente lo que se debe hacer. Ejemplo: El profesor de matemáticas que no da clases y sólo se dedica a examinar.

### 1.2.2.2. Hipermedia Adaptativa

En este punto definimos las bases para de la hipermedia adaptativa:

**a) Adaptación.** Según la RAE [1] adaptar es: “Acomodar, ajustar algo a otra cosa; Hacer que un objeto o mecanismo desempeñe funciones distintas de aquellas para las que fue construido; Modificar una obra científica, literaria, musical, etc., para que pueda difundirse entre público distinto de aquel al cual iba destinada o darle una forma diferente de la original; Dicho de una persona: Acomodarse, avenirse a diversas circunstancias, condiciones, etc.; Dicho de un ser vivo: Acomodarse a las condiciones de su entorno”. Partiendo de esta última definición en los sistemas informáticos, adaptación viene a ser la acción que toma el sistema para funcionar de la mejor forma posible de acuerdo con las condiciones presentes en su entorno de trabajo.

**b) Tecnología Educativa.** Según [3], es un conjunto de procedimientos, mecanismos, y normas generales mediante los cuales se sistematizan los conocimientos científicos para la solución de problemas educativos. Ha evolucionado como uso de aparatos de enseñanza y software educativo, luego como ayuda de aprendizaje y finalmente como enfoque de sistemas. La tecnología educativa tiene posibilidades ideales para mejorar la educación. Las TICs se han difundido geográficamente de forma extensiva y han penetrado todas las esferas de la actividad humana. En Educación producen fuertes modificaciones en las formas de enseñar, acceder y apropiarse del conocimiento. Las tecnologías de Internet más utilizadas en la educación son las siguientes:

- **Multimedia:** La multimedia es una característica del avance tecnológico, las computadoras han pasado de ser máquinas que procesaban información alfanumérica a ser capaces de procesar información en casi cualquier formato: música, voz humana, gráficos y fotografías, animación, vídeo. Consiste en la presentación de imágenes sincronizadas con sonido y videos a través de equipos apropiados. Logra fijar la atención del espectador en detalles importantes, las imágenes se combinan con narración sonora, para ayudar a la comprensión del mensaje y su fijación en la memoria. Se recomienda especialmente para audiencias que tengan poca familiaridad con el contenido a exponer, ya que permite explorar el programa detenidamente y presentar muchos ejemplos.

- **Hipertexto e Hipermedia:** La diferencia entre “hipertexto” e “hipermedia” estriba en el tipo de medio utilizado. Los programas hipertextuales sólo contienen información textual, mientras que los hipermedia combinan diferentes tipos de información (visual, auditiva, textual, etc.). La hipermedia posee una estructura de navegación no lineal a través de los hiperenlaces. En la actualidad todos los software desarrollados son claramente hipermediales, sobre todo los programas para la web.

**c) Sistemas Inteligentes.** El término “Sistemas Inteligentes” se utiliza para describir sistemas y métodos que simulan aspectos del comportamiento inteligente, con la intención final de aprender de la naturaleza para poder diseñar y construir arquitecturas computacionales más potentes. El objetivo final, utópico, de los llamados Sistemas Inteligentes es llegar a construir un artefacto (robot, máquina, proceso informático, etc.) que pueda representar su propio conocimiento y razonar sobre él, que pueda planificar y actuar, que pueda asimilar nuevo conocimiento de la experiencia y de la interacción con el entorno y que, en definitiva, pueda llevar a cabo cualquier tarea que tendamos a considerar como propias de los seres inteligentes. Los programas de computadora que utilizan técnicas procedentes del campo de la Inteligencia Artificial (IA) para representar el conocimiento y llevar a cabo una interacción con el alumno se denominan “Tutores Inteligentes” (TI). Su objetivo fundamental es proporcionar una instrucción más adaptada, tanto en el contenido como en la forma, con lo que superan algunos de los problemas más importantes del software educativo existente.

La inclusión de los sistemas hipermedia en los sistemas tutoriales inteligentes, da lugar a un nuevo módulo dentro de los tutores inteligentes que se denomina “Sistema Hipermedia Adaptativo”.

### **1.2.2.3. Sistemas de Hipermedia Adaptativa**

La Hipermedia Adaptativa es el área de la Informática que estudia el desarrollo de sistemas, métodos y técnicas capaces de promover la adaptación de interfaces en respuesta a las expectativas, necesidades, preferencias y deseos de sus usuarios. Tomando en cuenta las características que ofrece Internet, y los avances en la IA, una aplicación coherente respecto a la necesidad de aprendizaje, ha llevado a percibir una nueva aplicación, esto es, los denominados sistemas Web adaptativos que se apoyan en la estructura hipermedial, como una herramienta con alto potencial de adaptación.

La Web es el paradigma de sistema hipermedia global y ha sido un medio importante para desarrollar experiencias educacionales, muchas utilizan técnicas de hipermedia adaptativa para personalizar el proceso de aprendizaje. Los SHA permiten ofrecer servicios educativos accesibles y personalizados. Se debe mostrar la relación entre sistemas inteligentes, hipermedia adaptativo, y la Web adaptativa; estas tres son diferentes, pero no por ello dejan de implicarse mutuamente.

#### **1.2.2.3.1. Objetivos de un Sistema de Hipermedia Adaptativa**

Según [3] podemos identificar los siguientes objetivos:

- Facilitar el acceso a la funcionalidad más comúnmente utilizada por el usuario.
- Facilitar el aprendizaje de la nueva funcionalidad según va siendo necesitada por el usuario.
- Ocultar la funcionalidad que no necesita el usuario.
- Proveer a los usuarios de información actualizada, subjetivamente interesante, con la ilustración multimedia adecuada, con la complejidad adecuada al contexto y en correspondencia directa con el modelo del usuario.
- Personalización, individualización de la interface. Un único sistema, pero con interfaces distintas generadas dinámicamente.

### 1.2.2.3.2. Diseño de los Sistemas de Hipermedia Adaptativa

Según [6], los criterios que debe satisfacer un sistema hipermedia adaptativo son tres:

- Ser un sistema hipertexto o hipermedia.
- Tener un modelo de usuario.
- Ser capaz de adaptar la hipermedia usando este modelo.

Antes de desarrollar un sistema hipermedia adaptativo, hay que tener en cuenta una serie de factores y decisiones que afectarán al sistema a desarrollar: rasgos de los usuarios que se considerarán en el proceso adaptativo, tipo de adaptación que se ofrecerá a los usuarios (adaptación de la presentación, adaptación de la navegación o ambas), y por último, métodos y técnicas de adaptación que se utilizarán en su implementación [7]. Una vez tomadas estas decisiones, se procederá a diseñar e incluir en el sistema toda la información relacionada con las actividades a realizar por los usuarios así como sus posibles relaciones entre ellas, los diferentes contenidos multimedia que serán ofrecidos a cada tipo de estudiante en cada una de las actividades, y las relaciones entre actividades y contenidos multimedia [4].

### 1.2.2.3.3. Componentes de un Sistema de Hipermedia Adaptativa

**a) Adaptive Engine (Motor de Adaptación),** Métodos y Técnicas de Adaptación. Es un mecanismo de control de inferencia, que personaliza el proceso de aprendizaje para experiencias de aprendizaje adecuadas.

**b) Modelos de Datos en los Sistemas de Hipermedia Adaptativa,** De [5] podemos identificar los modelos de datos más relevantes para la operación de los SHA:

- **Modelo de Estudiante (Modelo de Usuario).** Guarda información relevante acerca del estudiante (datos personales, preferencias, estilo de aprendizaje, discapacidades, experiencia, capacidades actuales, etc.).

En el pasado, varios tipos de modelos de los estudiantes han sido reportados en la literatura para hacer frente a la personalización y los problemas de adaptatividad. El modelo de superposición y el modelo de estereotipo han sido las categorías más utilizadas de modelo de estudiante [11]. El modelo de estudiante de superposición se centra en la comparación entre los conocimientos de los alumnos y el conocimiento del dominio, es subconjunto del modelo de dominio. El modelo del dominio del alumno depende y se basa en la estructura del dominio del conocimiento. Algunos modelos son similares al modelo de superposición, como el modelo diferencial, el modelo de fallo, y el modelo de perturbación. En el modelo de estereotipo se representa un conjunto de características frecuentes del alumno. Los nuevos estudiantes en este modelo se clasifican de acuerdo a sus características iniciales, cada clasificador es un estereotipo del modelo de estudiante. Un problema importante en este modelo de estudiante, proviene de los valores asignados al inicio del modelo. Si la inicialización se lleva a cabo por las propias descripciones del estudiante, tales como pre-test o cuestionarios, el modelo inicializado puede no ser muy preciso y exacto en contra del conocimiento de dominio específico. Como resultado de ello, este modelo puede tomar mucho tiempo para ajustar y calibrar, y por lo tanto, frustrar a los estudiantes y puede provocar un descenso en la motivación del aprendizaje.

- **Modelo de Dominio.** Es el repositorio para el almacenamiento y la estructuración de los contenidos de aprendizaje y el conocimiento general sobre un dominio particular.
- **Modelo del entorno.** Incluye una descripción de las capacidades del hardware y del software usado por el estudiante en una sesión particular de aprendizaje.
- **Modelo de Adaptación.** Contiene las reglas específicas de inferencia que definen como otros modelos se van a combinar con el fin de dar una adaptación actual.

Estos diferentes modelos son usados y actualizados por el “Motor de Adaptación”.

**c) Objetos de aprendizaje,** Un objeto de aprendizaje es un recurso, usualmente digital y basado en web, que puede ser usado y reusado para apoyar a la educación [9]. Esta situación provoca una paradoja de reutilización: “la mayoría de los objetos reutilizables son independientes del contexto, mientras que la mejor instrucción es muy contextualizado” [12].

#### 1.2.2.3.4. Clasificación de los Sistemas de Hipermedia Adaptativa

La siguiente clasificación de sistemas hipermedia ha sido elaborada a partir de [8] y [13]:

- a) Hipermedias adaptables:** Requieren la participación activa y voluntaria del usuario (p.e. mediante cuestionarios de preferencias, de conocimientos...) para elaborar un perfil explícito y por lo general estático.
- b) Hipermedias adaptativas:** Incorporan algoritmos que monitorean de manera automática el comportamiento de los usuarios en el portal, analizando las acciones de navegación, los tiempos de permanencia en determinadas secciones, las palabras clave introducidas en los formularios de búsqueda, las descargas realizadas, etc. reconfigurando la información e incluso la estructura de la interface en sucesivas visitas.
- c) Hipermedias dinámicas:** Comparten las características de los anteriores, pero la información sobre los contenidos, los elementos estructurales y los perfiles de usuario está atomizada en bases de datos que permiten reconstruir dinámicamente una página Web (o documento hipermedia) diferente para cada usuario.

#### 1.2.2.3.5. Taxonomía de los diferentes tipos de adaptación

**a)** En primer lugar, de [10] tenemos la siguiente clasificación:

- Los elementos de un proceso de aprendizaje que pueden adaptarse son diversos. Tradicionalmente, existen tres tipos principales:

- **Adaptación del interfaz.** Este tipo también se denomina navegación adaptativa y se encuentra íntimamente ligada a la usabilidad y a la adaptatividad). Los elementos y opciones del interfaz se posicionan y personalizan en pantalla según diversos criterios. Propiedades tales como color o tamaño del texto, estilo visual, o grado de accesibilidad son ejemplos de este estilo. Este aspecto se encuentra estrechamente relacionado con la personalización general y el apoyo a personas con discapacidad, tales como disfunciones auditivas o visuales.

- **Adaptación del flujo de aprendizaje.** La secuencia de actividades y servicios se adapta dinámicamente según varios criterios. De esta manera, el itinerario de aprendizaje se individualiza para cada usuario o rol. Incluso más, el itinerario se adapta a cada ejecución para el mismo usuario, haciendo posible que, por ejemplo, la primera ejecución sea más detallada que la última.

- **Adaptación del contenido.** Cada actividad o servicio es modificado dinámicamente, al estilo de lo que los Adaptive and Intelligent Web-Based Educational Systems realizaban sobre presentación adaptativa. Por ejemplo, se pueden establecer tres niveles de profundidad en la información que se proporciona de un determinado tema, según el enfoque del usuario o los objetivos a cumplir. Estos tres tipos (flujo, interfaz, contenido) representan el núcleo de la adaptación.

- Existe un segundo bloque que lo refina y aplica a utilidades concretas:

- **Resolución interactiva de problemas.** En este caso, el usuario es guiado interactivamente para que tome una decisión, resulta un problema o elija la siguiente acción a realizar. Esta guía puede venir por parte de un sistema automático basado en reglas o por la acción en vivo de un tutor.

- **Filtro adaptativo de información.** Cuida de la recuperación de información requerida sobre una determinada consulta, proporcionando únicamente información relevante y categorizada. Este tipo de adaptación puede ser considerado como un tipo de servicio externo enlazado como utilidad externa a una determinada actividad.

- **Creación adaptativa de grupos de usuarios.** Permite la generación ad hoc de grupos de usuarios para la realización de procesos colaborativos. Es decir, los grupos no se generan previamente al curso sino como consecuencia del desarrollo del mismo.

- Por último, un tercer grupo de adaptación lo comprenden dos aplicaciones cruciales de la práctica educativa:

- **Evaluación y retroalimentación adaptativas.** El tutor y/o el sistema proceden a realizar una evaluación de los conocimientos, aptitudes, comportamiento y cuántos factores se consideren apropiados del estudiante, del propio profesor o de un grupo. Como consecuencia, se proporciona una retroalimentación, vinculante o no. Esta retroalimentación puede producirse en diversos momentos del itinerario, haciéndose más clasificatoria (inicial), formativa (en momentos intermedios) o sumativa (al finalizar).

- **Adaptación dinámica del modelo de aprendizaje.** Los cambios del diseño de aprendizaje, modelo, método, conjunto de reglas, motor de inferencia o cualquier otro que implique una modificación troncal del sistema, representan una piedra de toque habitual en las soluciones aportadas hasta la fecha y constituirían un gran paso hacia la personalización integral.

b) En segundo lugar, de [6] y [14] tenemos la siguiente clasificación:

- **La presentación adaptativa**, se refiere a la adaptación dentro de los contenidos de aprendizaje, a partir de las necesidades y habilidades de los usuarios. “La idea de presentación adaptativa, es la de personalizar los contenidos de los cursos, para moldearlos a las características específicas de los estudiantes, generando modelos de usuarios”. Consiste en tratar el contenido a ser presentado al usuario dependiendo de sus objetivos y de la base que éste posea del conocimiento manejado por el sistema. A partir de estas informaciones el sistema presentará el conocimiento que es relevante al usuario o que el mismo está listo para recibir. Tiene raíces en la explicación adaptativa y la presentación adaptativa de los sistemas inteligentes.

- **El soporte de navegación adaptativa**, es el que se presenta en los niveles de estructura de navegación. Está asociado con el acceso a la información basado en navegación. Cuando el usuario navega de un ítem a otro, el sistema puede manipular los enlaces (por ejemplo, ocultar, clasificar, anotar) para guiar al usuario de forma adaptativa a los elementos de información más relevante. Tiene como objetivo guiar al usuario, limitando su espacio de búsqueda y evitando que se pierda.

- **Selección de los contenidos de adaptación**, proviene del campo de la recuperación de la información (IR) adaptativa y está asociado con el acceso de la información basado en búsqueda. Cuando el usuario busca información relevante, el sistema puede seleccionar y priorizar adaptativamente los temas más relevantes.

c) En tercer lugar, de [15] tenemos la siguiente clasificación por capas:

- **Capa Conceptual**, trata con la generación de la ruta de aprendizaje. Diferentes alumnos tienen características, conocimiento previo, motivación o necesidades diferentes, y requieren que la presentación de información sea en diferentes formatos. Los parámetros que ayudan a proporcionar adaptatividad en la capa conceptual son: los conocimientos previos y las habilidades previas, las capacidades de aprendizaje, las preferencias de aprendizaje, el nivel de rendimiento y el estado del conocimiento, el interés, las circunstancias personales, y la motivación del estudiante.

- **Capa lógica**, se concentra principalmente en las preferencias y las intenciones del alumno. Las preferencias que se consideran para la adaptación son: concepto, concepto detallado, ejemplo, la simulación de casos de estudio, y la demostración de un material de aprendizaje en particular. Las intenciones puede ser: de investigación, trabajo de encuestas, con el propósito de una entrevista, trabajo de asignatura, proyecto o sólo para aprender el concepto. Basándose en las preferencias y las intenciones del alumno, la secuenciación de los contenidos será diferente.

- **Capa física**, proporciona información sobre el dispositivo utilizado por el alumno, pudiendo ser: móvil, portátil, PDA, etc. De acuerdo con la intención, las preferencias y los medios preferidos por los estudiantes, la capa física proporciona material adecuado de aprendizaje en los medios especificado. Los medios pueden ser de audio, vídeo, texto o animación.

#### 1.2.2.3.6. Problemas en la implementación de los SHA

De [5] podemos identificar los siguientes problemas principales:

- Los estándares actuales que permite almacenar la organización y secuenciación de las agregaciones de contenido educativo (cursos enteros o partes de ellos) sólo tienen en cuenta las acciones anteriores y el “conocimiento” adquirido por el estudiante en el curso. No tienen en cuenta otros factores como el estilo de aprendizaje de los estudiantes para describir el comportamiento dinámico de la agregación.

- La mayoría de los vocabularios propuestos en el proceso de estandarización del e-Learning tiene un conjunto reducido de espacio de valores que no funciona bien frente a las necesidades de adaptación. Además, los vocabularios que definen como se describe en las especificaciones son demasiado ambiguos. Formatos como el paquete de la Información del aprendiz del consorcio IMS (IMS-LIP) están orientadas principalmente a los fines administrativos y de clasificación. Por lo tanto, resulta difícil para un motor de adaptación “entender” a la totalidad temas como el conocimiento previamente adquirido de los estudiantes o su estilo de aprendizaje preferido.

- La falta de relaciones explícitas entre las diversas propuestas. Por ejemplo, no es sencillo que coincida la categoría de Elemento de Competencia de la especificación IMP-LIP con los elementos de metadatos de LOM.

#### **1.2.2.3.7. Ventajas y desventajas de los SHA**

##### **- Ventajas de los SHA:**

- Los contenidos y alternativas de navegación que se presentan a los estudiantes son relevantes y comprensibles por cada uno de ellos.
- Un SHA tiene el potencial de ofrecer a los estudiantes cierta libertad en el orden en que desean estudiar el material.
- La información puede presentarse con nivel de dificultad, estilo de presentación y medios adecuados para cada usuario.
- Se puede proveer a los usuarios recorridos a través de información relevante y “lista” para consultarse (la información es relevante para el usuario y este cuenta con los conocimientos necesarios para verla).
- Un hipertexto se adapta a un modelo de usuario, el cual es capaz de evolucionar (gracias a la interacción del usuario con el sistema, el modelo “aprende” del usuario) y comportarse de acuerdo a lo aprendido por el usuario.

##### **- Desventajas de los SHA:**

- El proceso de creación de contenidos requiere de tiempo y es, en cierta medida, complicado.
- La libertad en el orden en que se estudia el material puede causar confusión en el sujeto.
- Es necesario crear versiones diferentes de fragmentos o páginas. Generalmente, el autor debe indicar el SHA cuál versión utilizar con cada usuario.
- Si se omiten o definen erróneamente las relaciones de los prerrequisitos con el contenido, la guía o recorridos de aprendizaje se realizarán a través de páginas que no son relevantes, o que el usuario no puede aún comprender.
- Cada vez que un usuario visita una página la información que contiene puede aparecer de manera diferente. Fragmentos de información y enlaces puede estar presentes o haber sido omitidos, lo que puede causarle confusión.

#### 1.2.2.4. Factores que influyen en la adopción del e-Learning

Haciendo un estudio del trabajo realizado en [16] podríamos resumir los siguientes factores influyentes en la adopción de e-Learning:

**a) La gente**, este factor incluye a los estudiantes y a los profesores. De los estudiantes se deberían considerar sus diferentes características, como ser: estilos de aprendizaje, aprendizaje anterior, metas, lugar de estudio, etc. De los profesores se debe considerar su forma de pensar y planificar, así como su perspectiva de las TICs, pudiendo ser esta de miedo o ansiedad, llegándose a frustrar en el uso de las mismas.

**b) La tecnología**, esta puede ser tecnología antigua: como televisión, radio, cintas de cine, audio, video, filmes y tecnología nueva: e-Learning a m-Learning. E-Learning, se define como toda forma de aprendizaje autónomo y apoyo docente, que utiliza medios electrónicos. M-Learning es una nueva forma de e-Learning que tiene que ver con la utilización de tecnología ubicua: como PDAs, teléfonos móviles, reproductores audiovisuales.

**c) El entorno**, en el marco de la educación a distancia, se trata de superar los problemas que requieren al tratar de una educación donde estudiante y profesor no interactúan cara a cara. Además se requiere de capacitación a los docentes para su motivación en el uso de e-Learning.

## 2. Objetivos

En este capítulo describiremos el problema al cual nos enfrentamos y haremos un breve análisis de las alternativas posibles para solucionarlo.

Primeramente describiremos el problema que queremos afrontar, luego justicaremos nuestras ideas de implementación, a continuación analizaremos las alternativas posibles para afrontar nuestra problemática, y finalmente postularemos el objetivo general y los objetivos específicos de nuestro proyecto.

## **2.1. Descripción Problemática**

Actualmente el grupo de Data Mining and User Modeling de Telefónica I+D tiene desarrollado el proyecto Educamovil, el cual es un proyecto de m-Learning de juego educativo desarrollado en J2ME, ideal para teléfonos con sistema operativo Symbian, como son la mayoría de los teléfonos existentes en los países en desarrollo que nos pueden dar ciertas capacidades computacionales. De hecho versiones anteriores del proyecto han sido probadas en una escuelita de Perú como toma de contacto inicial real del sistema con estudiantes de primaria.

Actualmente la parte móvil del proyecto tiene un modelo adaptativo basado en el modelo propuesto por Harry Ketamo [38], que se basa en el porcentaje de aciertos y fallos que tiene el estudiante en el sistema para asignarle un nivel mayor o menor de conocimiento.

Se está buscando otra posible implementación de un modelo adaptativo capaz de poder correr en teléfonos descritos anteriormente, es decir con capacidades más o menos limitadas en comparación con los novedosos “Teléfonos Inteligentes”, pero con mayores capacidades que el envío de mensajes de texto.

Por lo tanto se debe buscar una solución que sea más adaptativa al usuario y al mismo tiempo que no necesite más capacidades computacionales que las que le podrían ofrecer los teléfonos en los cuales se puede desplegar una aplicación J2ME.

## 2.2. Justificación

En el ámbito del Máster Oficial en Redes de Telecomunicación, en base a la problemática planteada nos hacemos la siguiente pregunta: ¿Se podría desarrollar una solución de aprendizaje adaptativo para un ambiente de m-Learning propicio para países en vías de desarrollo?

Respondiendo a esta pregunta podemos decir que el presente trabajo pretende desarrollar y analizar una solución de aprendizaje adaptativo para un ambiente de m-Learning propicio para países en vías de desarrollo.

Dentro de los objetivos del milenio vistos en [101], queremos resaltar los dos siguientes:

**Objetivo 2:** Lograr la enseñanza primaria universal.

- Asegurar que en 2015, la infancia de cualquier parte, niños y niñas por igual, sean capaces de completar un ciclo completo de enseñanza primaria.

**Objetivo 3:** Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.

- Eliminar las desigualdades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria, preferiblemente para el año 2005, y en todos los niveles de la enseñanza antes de finales de 2015

Estos dos objetivos están plenamente relacionados con el ámbito educativo. El m-Learning nos puede ayudar con el segundo objetivo, pues las aplicaciones móviles muchas veces pueden llegar a donde a veces los profesores no pueden llegar, y es mejor tener un mínimo de educación que no tenerla en absoluto. Por otro lado, en muchas sociedades de los países en vías de desarrollo hay una menor asistencia educativa de mujeres que de varones por diversos motivos: desde la necesidad de ayudar en las tareas de la casa a problemas socio-culturales, el m-Learning al ser un tipo de educación a distancia nos puede ayudar (aunque no sea la solución definitiva a este problema) a presentar otra vía de educación para las niñas, pudiendo ser utilizado desde el hogar de ellas.

Por otro lado si analizamos los ocho objetivos del milenio, vemos que todos ellos, en mayor o menor medida pueden mejorar su posibilidad de logro a través de la mayor educación de las personas, y el m-Learning es un nuevo método de enseñanza y aprendizaje que amplía las posibilidades educativas en todos los ámbitos.

## 2.3. Estudio de las alternativas

En este apartado analizaremos las alternativas posibles para la implementación de nuestra solución, haremos una breve introducción a ellas, analizaremos sus aplicaciones, ventajas y desventajas y al final tomaremos la decisión de la mejor implementación según las características de nuestro entorno, esta elección será IRT y se la sustentará.

### 2.3.1. Sistemas Expertos

Un sistema experto es una técnica de inteligencia artificial que intenta representar los conocimientos de un experto humano en un campo específico por medio de un programa computacional. Los términos, sistemas expertos (ES) y sistemas basados en conocimiento (KBS), se utilizan como sinónimos. Tomados juntos representan el tipo más extenso de aplicación de IA [25]. Los Sistemas expertos sirven para resolver cuestiones complejas, en las cuales hay muchos factores involucrados, se necesita tener en cuenta una amplia base de datos históricos, y donde se puede definir alguna regla que permita la toma de decisiones rápida. Actualmente son aplicados con éxito en: medicina, química, biología, administración, industria, etc. [26].

Son sistemas que imitan el comportamiento de un experto humano, usando información que el usuario le proporciona para darle una opinión/respuesta sobre cierta materia/pregunta. Por tanto, el sistema experto le/se hace preguntas hasta que pueda identificar un objeto que se relacione con sus respuestas. Para esto necesita una gran cantidad de datos históricos (como el conocimiento adquirido por años por un experto en la materia). Cada sistema experto consiste de dos partes principales: la base del conocimiento; y el razonamiento, o motor de inferencia. Una característica decisiva de los Sistemas Expertos es la separación entre conocimiento (reglas, hechos) por un lado y su procesamiento por el otro. A ello se añade una interface de usuario y un componente explicativo.

A continuación se muestra una breve descripción de cada uno de los componentes:

- La Base de Conocimientos de un Sistema Experto contiene el conocimiento de los hechos y de las experiencias de los expertos en un dominio determinado.
- El Mecanismo de Inferencia de un Sistema Experto puede simular la estrategia de solución de un experto.
- El Componente Explicativo explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el porqué de las decisiones tomadas.
- La Interface de Usuario sirve para que éste pueda realizar una consulta en un lenguaje lo más natural posible.
- El Componente de Adquisición ofrece ayuda a la estructuración e implementación del conocimiento en la base de conocimientos.

De [25] y [26] obtenemos las ventajas y desventajas de los sistemas expertos.

a) Las ventajas en general de los Sistema Expertos:

- Los conocimientos de un sistema experto pueden ser copiados y almacenados fácilmente, siendo muy difícil la pérdida de éstos.

- Otra ventaja de los sistemas expertos sobre los humanos es que el experto computarizado siempre está a pleno rendimiento. Cuando un humano se cansa, la exactitud de sus consejos puede decaer. Sin embargo, el experto computarizado siempre proporcionará las mejores opiniones posibles dentro de las limitaciones de sus conocimientos.
- Otra ventaja menos importante de un sistema experto radica en su ¡falta de personalidad! Como probablemente sabrá, las personalidades no son siempre compatibles. Si no se lleva bien con el humano experto, puede que se encuentre reticente a recabar sus conocimientos.
- Una última ventaja de un sistema experto está en que después de que un experto computarizado exista, se puede crear un nuevo experto simplemente copiando el programa de una máquina a otra. Un humano necesita mucho tiempo para convertirse en un especialista en ciertos campos.

#### b) Las desventajas en general de los Sistema Expertos:

- Creatividad: los humanos pueden responder creativamente a situaciones inusuales, los sistemas expertos no pueden.
- Experiencia Sensorial: los humanos tienen un amplio rango de disponibilidad de experiencia sensorial. Y los sistemas expertos actualmente dependen de una entrada simbólica.
- Degradación: los sistemas expertos no son bueno para reconocer cuando no existen respuestas o cuando los problemas están fuera de su área.
- Programación: Difícil de elaborar y precisan mantenimiento complejo.
- El elevado costo: En tiempo y dinero para extraer el conocimiento de los especialistas humanos.
- Poca flexibilidad a cambios: Hay que reprogramar el sistema.
- Dificultad para manipular información no estructurada: Especialmente la información incompleta, inconsistente o errónea.
- Desacuerdo entre los especialistas humanos: En la elaboración del sistema experto, los especialistas humanos pueden estar en desacuerdo entre ellos mismos a la hora de tomar las mejores decisiones para la solución de los problemas particulares.

### 2.3.2. Lógica Difusa

La lógica difusa es una aplicación matemática que nace como alternativas a problemas que la lógica clásica no puede o le cuesta tratar. La lógica clásica define dos niveles de verdad 0 y 1 para determinar la existencia o no de una determinada característica, lo cual es muy restrictivo si lo comparamos con la forma de pensar de un humano. En cambio, la lógica difusa trata con el concepto de “vaguedad” que quiere decir que un objeto puede tener o no una determinada característica con una determinada probabilidad asociada, esto está más relacionado con la forma de pensar de un humano pues nosotros pensamos más en variables semánticas: alto, flaco, caliente, frío, etc. que en números absolutos como lo hace la lógica clásica [28]. La lógica difusa o borrosa (Fuzzy logic) descansa en la idea que en un instante dado, no es posible precisar el valor de una variable  $X$ , sino tan solo conocer el grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos (conjuntos difusos) en que se ha participado el rango de variación de la variable. El grado de pertenencia se cuantifica mediante la función de pertenencia  $f$ .

La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge del hecho de que existen conceptos que no tienen límites claros. Un conjunto difuso se encuentra asociado por un valor lingüístico que está definido por una palabra, etiqueta lingüística o adjetivo. En los conjuntos difusos la función de pertenencia puede tomar valores del intervalo entre 0 y 1, y la transición del valor entre cero y uno es gradual y no cambia de manera instantánea como pasa con los conjuntos clásicos. Un conjunto difuso en un universo en discurso puede definirse como lo muestra la siguiente ecuación:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in A \text{ y } \mu_A(x) \in [0,1]\}$$

Ecuación 1. Función de pertenencia en la lógica difusa

Donde  $\mu_A(x)$  es la función de pertenencia de la variable  $x$ , y  $U$  es el universo en discurso. Cuando más cerca este la pertenencia del conjunto  $A$  al valor de 1, mayor será la pertenencia de la variable  $x$  al conjunto  $A$  [27].

De [27] y [29] analizamos las ventajas y desventajas de la lógica difusa:

a) Ventajas de la lógica difusa

- En procesos complejos, si no existe un modelo de solución sencillo.
- En procesos no lineales.
- Cuando haya que introducir la experiencia de un operador “experto” que se base en conceptos imprecisos obtenidos de su experiencia.
- Cuando ciertas partes del sistema a controlar son desconocidas y no pueden medirse de forma fiable (con errores posibles).
- Cuando el ajuste de una variable puede producir el desajuste de otras.
- En general, cuando se quieran representar y operar con conceptos que tengan imprecisión o incertidumbre (como en las Bases de Datos Difusas).

b) Desventajas de la lógica difusa:

- Estabilidad, no hay garantía teórica que un sistema difuso no tenga un comportamiento caótico y siga siendo estable, aunque tal posibilidad parece ser baja debido a los resultados obtenidos.
- Capacidad de aprender, son sistemas sin memoria y no poseen la capacidad de aprender.
- La determinación de las funciones de membresía y las reglas no siempre son sencillas, normalmente son complejas y necesitan de uno o varios expertos humanos.

### 2.3.3. Sistemas Multiagentes

Un agente es un proceso computacional autónomo, con iniciativa y capacidad de explorar y modificar su entorno y de comunicarse con otros agentes. Los agentes se pueden clasificar en dos grandes tipos: Bióticos y de vida artificial [32]. Capacidades deseables: cooperación, aprendizaje, racionalidad, benevolencia, etc. [30]. “Un sistema informático, situado en un entorno, que es capaz de realizar acciones flexibles y autónomas para alcanzar sus objetivos” [31].

**Características de un agente.** De [32] tenemos las principales características de un agente:

- **Autonomía.** Los agentes operan por sí mismos sin la intervención del hombre u otros agentes, quienes no tienen control alguno en sus funciones y su estado interno.
- **Habilidad Social.** Los agentes interactúan con otros agentes (o humanos) por medio de un lenguaje de comunicación preestablecido.
- **Reactividad.** Los agentes perciben el ambiente (del medio físico, por medio de una interfaz gráfica, o por medio de otros agentes) y responden de manera oportuna cambiando los sucesos.
- **Pro-actividad.** Los agentes no sólo actúan en respuesta a un evento, deben estar habilitados para tomar la iniciativa, con el fin de conseguir la meta propuesta.

**Los sistemas multiagentes (MAS)** son sistemas completos que se forman por la agrupación de agentes, los cuales son organizados y relacionados mediante comunicación indirecta a través del ambiente o directamente con la interacción entre ellos, estos agentes comparten conocimiento e influyen las decisiones de los demás agentes.

**Características de los sistemas multiagentes.** Los MAS son estudiados desde el surgimiento de la Inteligencia Artificial Distribuida y deberían poseer las siguientes características:

- **Organización Social.** Es la manera como los agentes o grupos de agentes se organizan dentro del sistema de acuerdo con la función o rol que les corresponda, sus características, responsabilidades, necesidades y teniendo en cuenta el propósito de la comunicación con los demás agentes.
- **Cooperación.** Es el resultado de compartir resultados intermedios para producir un avance en la solución de las metas particulares de otros agentes y a la vez, aportar al logro progresivo de las metas globales del sistema. La cooperación también se entiende como las negociaciones que pueden surgir desde la solución de conflictos entre los agentes competitivos hasta la división de las tareas entre los agentes cooperativos. Los sistemas de negociación pueden ser clasificados en tres tipos: Negociación basada en la Teoría de Juegos, Negociación basada en Modelos Heurísticos y Negociación basada en la Argumentación [32].
- **Coordinación.** Propiedad de los MAS que se encuentran realizando una actividad en un ambiente compartido. Por medio de la comunicación los agentes pueden coordinar sus acciones y comportamiento con el consiguiente resultado de sistemas más coherentes, es decir, sistemas que se comportan bien como una unidad, evitando situaciones de conflictos entre los agentes.
- **Control.** Es el mecanismo básico de apoyo para la implementación de los mecanismos de la coordinación en un MAS. Este puede ser considerado desde dos puntos de vista: Control global y control local.
- **Comunicación.** Los agentes pueden comunicarse con el fin de alcanzar sus metas o las de la sociedad o sistema en el cual habitan. Existen tres aspectos formales con relación al estudio de la comunicación: Sintaxis, Semántica y Pragmática.

**Clasificación de los sistemas multiagentes.** Se podría hacer la siguiente clasificación de los MAS:

- **Auto-organizados.** Cada agente del sistema realiza sus propias tareas para llegar a sus propias metas y el comportamiento global del MAS es la suma de estos comportamientos individuales, sin la presencia de un elemento central de organización y control.

- **Cooperativos.** Los agentes se comunican continuamente para compartir información y decidir que tareas debe realizar cada agente con el fin de cumplir con la meta global. El mecanismo de control del MAS es apoyado por mecanismos de coordinación y negociación para permitir la interacción entre agentes.

- **Adaptativos.** Son MAS que se adaptan a nuevas experiencias en base a su funcionamiento anterior, actuando de manera general.

**Ventajas y Desventajas de los MAS.** De [32] tomamos las ventajas y desventajas de los sistemas multiagentes:

#### a) Ventajas

- Divide y vencerás: cada agente se puede ocupar de una tarea en particular.
- Mejora del Rendimiento: Se requiere de menos tiempo para llevar a cabo una tarea.
- Acción distribuida y percepción distribuida: Mejora la tolerancia a fallos, presenta redundancia.

#### b) Desventajas

- Interferencias entre sistemas sensoriales cuando se emplean varios agentes.
- Incertidumbre respecto a los otros agentes: por ejemplo las intenciones operativas que puedan tener los demás agentes.
- Complejidad del sistema de comunicación: este permite la transferencia de datos y ordenes entre diferentes agentes.

### 2.3.4. Redes Bayesianas

Las redes bayesianas, junto con los árboles de decisión y las redes neuronales artificiales, han sido los tres métodos más usados en aprendizaje automático durante estos últimos años en tareas como la clasificación de documentos o filtros de mensajes de correo electrónico. Es un método importante no sólo porque ofrece un análisis cualitativo de los atributos y valores que pueden intervenir en el problema, sino porque da cuenta también de la importancia cuantitativa de esos atributos. En el aspecto cualitativo podemos representar cómo se relacionan esos atributos ya sea en una forma causal, o señalando simplemente de la correlación que existe entre esas variables (o atributos). Cuantitativamente (y esta es la gran aportación de los métodos bayesianos), da una medida probabilística de la importancia de esas variables en el problema (y por lo tanto una probabilidad explícita de las hipótesis que se formulan). Esta es quizá una de las diferencias fundamentales que ofrecen las redes bayesianas con respecto a otros métodos (como pueden ser los árboles de decisión y las redes neuronales), que no dan una medida cuantitativa de esa clasificación [76].

Formalmente, las redes Bayesianas son gráficos acíclicos dirigidos cuyos nodos representan variables y los arcos que los unen codifican dependencias condicionales entre las variables [77]. Los nodos pueden representar cualquier tipo de variable, ya sea un parámetro medible (o medido), una variable latente o una hipótesis. Existen algoritmos que realizan inferencias y aprendizaje basados en redes bayesianas. Si existe un arco que une un nodo A con otro nodo B, A es denominado un padre de B, y B es llamado un hijo de A. El conjunto de nodos padre de un nodo Xi se denota como  $\text{padres}(X_i)$ . En una red Bayesiana relativa a un conjunto de variables, la

distribución conjunta de los valores del nodo puede ser escrita como el producto de las distribuciones locales de cada nodo y sus padres:

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | \text{Padres}(X_i))$$

Ecuación 2. Definición de una red Bayesiana

Si el nodo  $X_i$  no tiene padres, su distribución local de probabilidad se toma como incondicional, en otro caso es condicional. Si el valor de un nodo es observable y por tanto etiquetado como observado, dicho nodo es un nodo de evidencia [77].

En [78] vemos la terminología básica de las redes bayesianas:

- **Hallazgo:** determinación del valor de una variable, a partir de un dato (una observación, una medida, etc.).
- **Evidencia:** conjunto de todos los hallazgos disponibles en un determinado momento.
- **Probabilidad a priori:** es la probabilidad de una variable o subconjunto de variables cuando no hay ningún hallazgo. Coincide con la probabilidad marginal  $P(x)$ .
- **Probabilidad a posteriori:** es la probabilidad de una variable o subconjunto de variables dada la evidencia  $e$ . Se trata de la probabilidad condicional  $P(x|e)$ .

La base de la inferencia es el teorema de Bayes [78]: Dadas dos variables  $X$  e  $Y$ , tales que  $P(x) > 0$  para todo  $x$  y  $P(y) > 0$  para todo  $y$ , se cumple:

$$P(x|y) = \frac{P(x) \times P(y|x)}{\sum_{x'} P(x') \times P(y|x')}$$

Ecuación 3. Teorema de Bayes

En la práctica, se utiliza para conocer la probabilidad a posteriori de cierta variable de interés dado un conjunto de hallazgos (ya no es condicional).

**Tipos de Redes Bayesianas.** Según [78] existen distintos tipos de Redes Bayesianas:

- **Naive Bayes.** Bayes “ingenuo” o Idiot's Bayes; Forma de “V”  $\Rightarrow 2^n$  estados en el nodo inferior.
- **DBNs.** Redes Bayesianas Dinámicas; Cambian con el tiempo ( $t, t+1, t+2\dots$ ); Lo pasado en  $t$ , tiene relación con lo que suceda en  $t+1$ .
- **Redes Gaussianas.** Distribución gaussiana; Para nodos con variables continuas.
- **Cadenas de Markov.** Subconjunto de las RB.

**Aplicaciones.** Según [77] las redes bayesianas son un tipo de modelos de minería de datos que pueden ser utilizados en cualquiera de las siguientes actividades de negocio: Prevención del fraude, prevención del abandono de clientes, marketing personalizado, mantenimiento, scoring de clientes, clasificación de datos estelares.

**Aprendizaje.** El aprendizaje de redes bayesianas según [78] puede describirse informalmente como: dado un conjunto de entrenamiento  $D = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$  de instancias de  $U$ , encuéntrase la red  $B$  que se ajuste mejor a  $D$ . Típicamente, este problema se divide en dos partes:

**a) Aprendizaje estructural:** consiste en obtener la estructura de la red, sus algoritmos son capaces de aprender enlaces, existen 2 tipos de aprendizaje estructural:

- Basados en tests de independencia (algoritmos PC, NPC...)
- Puntuación y búsqueda (Score & Search): Para puntuar, se va penalizando para conseguir cuál es el grafo más óptimo (AIC, BIC). Para la búsqueda, algoritmos como K2, LK2, Montecarlo, B, etc. Algunos algoritmos, no reconsideran los enlaces ya existentes en la red (puede ser interesante).

**b) Aprendizaje paramétrico:** una vez conocida la estructura del grafo, consiste en obtener las probabilidades correspondientes a cada nodo, es decir aprende las probabilidades de la red en base a casos dados, por ej. Un archivo pasado con los valores de cada variable. Existen distintos algoritmos de aprendizaje, entre ellos:

- EM (Expansión-Maximización): No necesita datos completos para el aprendizaje. Contiene 2 fases: la fase de expansión que es el cálculo de todas las probabilidades posibles por toda la red y la fase de maximización en la que se escoge la mayor probabilidad.
- ML (Maximum Likelihood – Máxima Verosimilitud): Necesita de datos completos para poder aprender. Es parecido al EM, pero sin la primera fase (E).  
En [79] vemos las ventajas y desventajas de las redes bayesianas:

## **Ventajas y Desventajas de las Redes Bayesianas**

### **a) Ventajas de las redes bayesianas:**

- La ventaja más importante que ofrecen las redes bayesianas respecto a otros métodos de análisis multivariante es que permiten representar al unísono la dimensión cualitativa y cuantitativa de un problema en un entorno gráfico.
- Otra ventaja importante de las redes bayesianas es que pueden trabajar con datos perdidos de una manera eficiente, algo que en la práctica es deseable.
- Las redes bayesianas también permiten descubrir la estructura causal subyacente en un conjunto de datos. Esto significa que podemos construir un modelo gráfico probabilístico a partir de una base de datos que contenga un conjunto de observaciones sobre un conjunto de variables.
- Las redes bayesianas presentan ventajas frente a los SEs cuando se van a utilizar, por ejemplo, para la toma de decisiones. En primer lugar, las redes bayesianas representan toda la información en un único formato (probabilístico y gráfico) lo que hace sencillas las interpretaciones, permiten retractarse de conclusiones obtenidas con anterioridad que ya no son razonables a la luz de nuevas evidencias, nos proporcionan una visión general del problema, generan un conjunto de alternativas ordenadas y facilita la explicación de las conclusiones.
- Por otro lado, cuando construimos una red bayesiana a partir del conocimiento de un experto para usarla en la orientación ante la toma de decisiones, la asignación de probabilidades (o su generación) es más sencilla.
- Además, las redes bayesianas permiten trabajar con conceptos de la teoría de la decisión como valor o valor esperado frente a problemas de decisión.

- En el contexto de la inferencia, las redes bayesianas permiten realizar inferencias bidireccionales; esto es, desde los efectos a las causas y desde las causas a los efectos. Y lo que es más interesante, permiten llevar a cabo inferencias abductoras; o sea, encontrar la mejor explicación para un conjunto de datos.

- Se puede decir que la ventaja más importante de una red bayesiana en el ámbito de la inferencia estadística se deriva de su habilidad para realizar computaciones. Esta propiedad permite que la actualización de probabilidades se lleve a cabo eficientemente sin tener que calcular todas las posibles combinaciones entre todos los niveles de las variables (que supondría un incremento exponencial de los cálculos a medida que aumenta el número de variables del modelo o el número de estados por variable) cuando se incorpora determinado conocimiento a la estructura gráfica. Gracias a esta propiedad derivada de los principios de dependencia e independencia condicional, las redes bayesianas son herramientas especialmente indicadas para tareas que requieren una actualización rápida y continua en los procesos de control, por ejemplo, industriales.

#### **b) Desventajas de las redes bayesianas:**

- Una desventaja de los casos perdidos es que si un estado de la variable no aparece la probabilidad para este es cero. También permiten reducir el sobre ajuste de los datos y, como técnica estadística bayesiana, combinar el conocimiento previo que tenemos respecto al problema de estudio con datos experimentales.

- Además, se necesita un gran conjunto de entrenamiento para calcular los parámetros y pesos de la red, gastando mucho tiempo y proceso computacional para llegar a estar bien calibrada.

- Necesita de supuestos de la estructura inicial de la red, para la asignación de probabilidades, haciendo que comience con un modelo subjetivo.

#### **2.3.5. Redes Neuronales**

Las redes neuronales artificiales (ANN o RNA) son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso, son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples usualmente adaptativos y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico, son un modelo artificial y simplificado del cerebro humano. Sistema de interconexión de neuronas en una red que colaboran para producir un estímulo de salida.

Por lo tanto, las Redes Neuronales:

- Consisten de unidades de procesamiento que intercambian datos o información.

- Se utilizan para reconocer patrones, incluyendo imágenes, manuscritos y secuencias de tiempo, tendencias financieras.

- Tienen capacidad de aprender y mejorar su funcionamiento.

Las RNA están compuestas de muchos elementos sencillos que operan en paralelo, el diseño de la red está determinado mayormente por las conexiones entre sus elementos, como las neuronas cerebrales. Las RNA han sido entrenadas para la realización de funciones complejas en variados campos de aplicación. Hoy en día pueden ser entrenadas para la solución de problemas que son difíciles para sistemas computacionales comunes o para el ser humano [80].

## Propiedades de las redes neuronales:

Una red neuronal se compone de unidades llamadas neuronas. Cada neurona recibe una serie de entradas a través de interconexiones y emite una salida [81]. Esta salida viene dada por tres funciones:

- Una función de propagación (también conocida como función de excitación), que por lo general consiste en el sumatorio de cada entrada multiplicada por el peso de su interconexión (valor neto). Si el peso es positivo, la conexión se denomina excitatoria; si es negativo, se denomina inhibitoria.
- Una función de activación, que modifica a la anterior. Puede no existir, siendo en este caso la salida la misma función de propagación.
- Una función de transferencia, que se aplica al valor devuelto por la función de activación. Se utiliza para acotar la salida de la neurona y generalmente viene dada por la interpretación que queramos darle a dichas salidas. Algunas de las más utilizadas son la función sigmoidea (para obtener valores en el intervalo  $[0,1]$ ) y la tangente hiperbólica (valores en el intervalo  $[-1,1]$ ).

## Estructura de una red neuronal:

Una RNA es muy diferente en términos de estructura de un cerebro animal. Al igual que el cerebro, una RNA se compone de un conjunto masivamente paralelo de unidades de proceso muy simples y es en las conexiones entre estas unidades donde reside la inteligencia de la red. Sin embargo, en términos de escala, un cerebro es muchísimo mayor que cualquier RNA creada hasta la actualidad, y las neuronas artificiales también son más simples que su contrapartida animal. Biológicamente, un cerebro aprende mediante la reorganización de las conexiones sinápticas entre las neuronas que lo componen. De la misma manera, las RNA tienen un gran número de procesadores virtuales interconectados que de forma simplificada simulan la funcionalidad de las neuronas biológicas. En esta simulación, la reorganización de las conexiones sinápticas biológicas se modela mediante un mecanismo de pesos, que son ajustados durante la fase de aprendizaje. En una RNA entrenada, el conjunto de los pesos determina el conocimiento de esa RNA y tiene la propiedad de resolver el problema para el que la RNA ha sido entrenada.

Por otra parte, en una RNA, además de los pesos y las conexiones, cada neurona tiene asociada una función matemática denominada función de transferencia, que genera la señal de salida de la neurona a partir de las señales de entrada. La entrada de la función es la suma de todas las señales de entrada por el peso asociado a la conexión de entrada de la señal. Algunos ejemplos de entradas son la función escalón de Heaviside, la lineal o mixta, la sigmoidea y la función gaussiana, recordando que la función de transferencia es la relación entre la señal de salida y la entrada.

## Características de las redes neuronales:

Existen cuatro elementos que caracterizan una red neuronal: su topología, el mecanismo de aprendizaje, tipo de asociación realizada ante la información de entrada y salida y la forma de representación de estas informaciones [82], las detallaremos a continuación:

- **Topología**, Una primera clasificación de las redes de neuronas artificiales que se suele hacer es en función del patrón de conexiones que presenta. La Topología de la red consiste en la organización y disposición de las neuronas en la red formando capas o agrupaciones de neuronas. Los parámetros fundamentales de la red son: número de capas, número de neuronas por capa, grado de conectividad y tipo de conexión entre neuronas. Así se definen tres tipos básicos de redes:

Dos tipos de redes de propagación hacia delante o acíclicas en las que todas las señales van desde la capa de entrada hacia la salida sin existir ciclos, ni conexiones entre neuronas de la misma capa.

**a) Redes monocapa:** se establecen conexiones laterales entre las neuronas que pertenecen a la única capa que constituye la red. Ejemplos de redes de este tipo son el perceptrón, Adaline. Las redes monocapa se utilizan típicamente en tareas relacionadas con lo que se conoce como autoasociación; por ejemplo, para regenerar informaciones de entrada que se presenta como incompleta o distorsionada.

**b) Redes multicapa:** disponen las neuronas agrupadas en varios niveles. Dado que este tipo de redes disponen de varias capas, las conexiones entre neuronas pueden ser del tipo feedforward (conexión hacia adelante) o del tipo feedback (conexión hacia atrás). Por ejemplo el perceptrón multicapa.

**c) Redes recurrentes:** que presentan al menos un ciclo cerrado de activación neuronal. Ejemplos: Elman, Hopfield, máquina de Boltzmann.

• **Mecanismo de aprendizaje,** Una segunda clasificación que se suele hacer, es en función del tipo de aprendizaje de que es capaz. El aprendizaje es el proceso por el cual una red neuronal modifica sus pesos en respuesta a una información de entrada. Los cambios que se producen durante la etapa de aprendizaje se reducen a la destrucción (el peso de la conexión toma el valor 0), modificación y creación (el peso de la conexión toma un valor distinto de 0) de conexiones entre las neuronas. Podemos considerar que el proceso de aprendizaje ha terminado cuando los valores de los pesos permanecen estables. Un aspecto importante es determinar los criterios de la regla de aprendizaje; cómo se van a modificar los pesos. De forma general se consideran dos tipos de reglas: aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado. La diferencia entre ambos tipos estriba en la existencia o no de un agente externo que controle todo el proceso (si necesita o no un conjunto de entrenamiento supervisado). Otro criterio para diferenciar las reglas de aprendizaje se basa en considerar si la red puede aprender durante su funcionamiento (aprendizaje ON LINE) o requiere de una fase previa de entrenamiento (aprendizaje OFF LINE). En este último debe existir un conjunto de datos de entrenamiento y un conjunto de datos de test o prueba; igualmente los pesos de las conexiones no se modifican después de terminar la etapa de entrenamiento de la red. En la red ON LINE los pesos varían dinámicamente cada vez que se presente una nueva información al sistema. Para cada tipo de aprendizaje encontramos varios modelos propuestos por diferentes autores:

**a) Redes con aprendizaje supervisado,** Se caracteriza porque el proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo (supervisor, maestro) que determina la respuesta que debería generar la red a partir de una entrada determinada, con un conjunto de datos de entrada previamente clasificado o cuya respuesta objetivo se conoce. El supervisor comprueba la salida generada por el sistema y en el caso de que no coincida con la esperada, se procederá a modificar los pesos de las conexiones. Ejemplos de este tipo de redes son: el perceptrón simple, la red Adaline, el perceptrón multicapa, red backpropagation, y la memoria asociativa bidireccional. En este tipo de aprendizaje se suelen distinguir a su vez tres formas de llevarlo a cabo:

- **Aprendizaje por corrección de error:** Consiste en ajustar los pesos de las conexiones de la red en función de la diferencia entre los valores deseados y los obtenidos en la salida.

- **Aprendizaje por refuerzo:** este tipo de aprendizaje es más lento que el anterior y se basa en la idea de no disponer de un ejemplo completo del comportamiento deseado; es decir, de no indicar durante el entrenamiento la salida exacta que se desea que proporcione la red ante una determinada entrada.

- **Aprendizaje estocástico:** consiste básicamente en realizar cambios aleatorios en los valores de los pesos y evaluar su efecto a partir del objetivo deseado y de distribuciones de probabilidad.

**b) Redes con aprendizaje no supervisado o autoorganizado,** No requieren de influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre sus neuronas, no necesitan de un conjunto de entrenamiento previo. La red no recibe ninguna información por parte del entorno que le indique si la salida generada en respuesta a una determinada entrada es o no correcta; son capaces de autoorganizarse. Estas redes deben encontrar las características, regularidades, correlaciones o categorías que se pueden establecer entre los datos de la entrada. Pero, ¿qué genera la red en la salida?. Existen varias posibilidades en cuanto a interpretación: La salida representa el grado de familiaridad o similitud entre la información de entrada y las informaciones mostradas con anterioridad; Clusterización o establecimiento de categorías, indicando la red a la salida a qué categoría pertenece la información de entrada, siendo la propia red la que debe establecer las correlaciones oportunas; Codificación de los datos de entrada, generando a la salida una versión codificada con menos bits, pero manteniendo la información relevante de los datos; Mapeo de características, obteniéndose una disposición geométrica que representa un mapa topográfico de las características de los datos de entrada. Ejemplos de este tipo de redes son: las memorias asociativas, las redes de Hopfield, la máquina de Boltzmann y la máquina de Cauchy, las redes de aprendizaje competitivo, las redes de Kohonen o mapas autoorganizados y las redes de resonancia adaptativa (ART). Los algoritmos de aprendizaje no supervisado suelen ser de dos tipos:

- **Aprendizaje hebbiano:** pretende medir la familiaridad o extraer características de los datos de entrada. Este aprendizaje consiste básicamente en el ajuste de los pesos de las conexiones de acuerdo con la correlación de los valores de activación (salidas) de las dos neuronas conectadas. Si las dos unidades son activas (salida positiva), se produce un reforzamiento de la conexión. Si por el contrario, una es activa y la otra pasiva (salida negativa), se produce un debilitamiento de la conexión. Por tanto, la modificación de los pesos se realiza en función de los estados (salidas) de las neuronas, obtenidos tras la presentación de cierto estímulo (información de entrada), sin tener en cuenta si se deseaba obtener o no esos estados de activación.

- **Aprendizaje competitivo y cooperativo:** las neuronas compiten unas con otras con el fin de llevar a cabo una tarea. Se pretende que cuando se presente a la red cierta información, sólo una o un grupo de ellas se activen. Por tanto las neuronas compiten por activarse, quedando las perdedoras a sus valores de respuesta mínimos. La conexión entre neuronas se realiza en todas las capas de la red, existiendo en estas neuronas conexiones recurrentes de autoexcitación y conexiones de inhibición (signo negativo) por parte de neuronas vecinas. El objetivo de este aprendizaje es categorizar (clustering) los datos que se introducen en la red. Así, las informaciones similares son clasificadas formando parte de la misma categoría, activando por tanto la misma neurona de salida. La variación del peso de una conexión entre una unidad  $i$  y otra  $j$  será nula si la neurona  $j$  no recibe excitación por parte de la neurona  $i$  y se modificará si es excitada por dicha neurona  $i$ .

- **También podemos mencionar a las redes híbridas:** que son un enfoque mixto en el que se utiliza una función de mejora para facilitar la convergencia. Un ejemplo de este último tipo son las redes de base radial.

• **Tipo de asociación entre las informaciones de entrada y salida,** Las redes neuronales son sistemas que almacenan cierta información aprendida; esta se registra de forma distribuida en los pesos asociados a las conexiones entre neuronas. Hay que establecer cierta relación o asociación entre la información presentada a la red y la salida ofrecida por esta. Es lo que se conoce como memoria asociativa. Existen dos formas primarias de realizar esta asociación entrada/salida y que generan dos tipos de redes:

**a) Redes heteroasociativas:** La red aprende parejas de datos  $[(A_1, B_1), (A_2, B_2), \dots, (A_n, B_n)]$ , de tal forma que cuando se le presente determinada información de entrada  $A_i$  responda con la salida correspondiente  $B_i$ . Al asociar informaciones de entrada con diferentes informaciones de salida, precisan al menos de 2 capas, una para captar y retener la información de entrada y otra para mantener la salida con la información asociada. Si esto no fuese así se perdería la información inicial al obtenerse la salida asociada; es necesario mantener la información de entrada puesto que puede ser necesario acceder varias veces a ella, por lo que debe permanecer en la capa de entrada. El aprendizaje de este tipo de redes puede ser con supervisión.

**b) Redes autoasociativas:** La red aprende ciertas informaciones  $A_1, A_2, \dots, A_n$  de forma que cuando se le presenta una información de entrada realizará una autocorrelación, respondiendo con uno de los datos almacenados, el más parecido al de entrada. Este tipo de redes pueden implementarse con una sola capa de neuronas. El tipo de aprendizaje utilizado habitualmente es el no supervisado y suelen utilizarse en tareas de filtrado de información para la reconstrucción de datos, eliminando distorsiones o ruido, explorar relaciones entre informaciones similares para facilitar la búsqueda por contenido en bases de datos y para resolver problemas de optimización

• **Representación de la información de entrada y salida,** las redes puede ser:

**a) Redes continuas:** En un gran número de redes, tanto los datos de entrada como de salida son de naturaleza analógica (valores reales continuos y normalmente normalizados, por lo que su valor absoluto será menor que la unidad). En este caso las funciones de activación de las neuronas serán también continuas, del tipo lineal o sigmoidea. Ejemplos de este tipo de redes son: Hopfield, Kohonen y las redes de aprendizaje competitivo.

**b) Redes discretas:** Por el contrario, otras redes sólo admiten valores discretos o booleanos a la entrada, generando también en la salida respuestas de tipo binario. La función de activación en este caso es del tipo escalón. Ejemplos de este segundo tipo de redes son: las máquinas de Boltzmann y Cauchy, y la red discreta de Hopfield.

**c) Redes híbridas:** La información de entrada es continua, pero a la salida ofrecen información binaria, son un enfoque mixto en el que se utiliza una función de mejora para facilitar la convergencia. Un ejemplo de este último tipo son las redes de base radial.

### **Ventajas y Desventajas de las redes neuronales:**

**a) Ventajas:** Debido a su constitución y a sus fundamentos, las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc. [80]. Esto hace que ofrezcan numerosas ventajas y que este tipo de tecnología se esté aplicando en múltiples áreas. Entre las ventajas se incluyen:

- Aprendizaje Adaptativo, capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.

- Auto-organización, una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.

- Tolerancia a fallos, la destrucción parcial de una red conduce a una degradación de su estructura; sin embargo, algunas capacidades de la red se pueden retener, incluso sufriendo un gran daño.

- Operación en tiempo real, los cálculos neuronales pueden ser realizados en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad.
- Fácil inserción dentro de la tecnología existente, se pueden obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Ello facilitará la integración modular en los sistemas existentes.

**b) Desventajas:** Principalmente existen desventajas con respecto a modelos estadísticos en las redes neuronales, según [83] serían las siguientes:

- La principal desventaja sería la falta de hardware. La capacidad de las redes neuronales radica en su habilidad de procesar información en paralelo (esto es, procesar múltiples pedazos de datos simultáneamente). Desafortunadamente, las máquinas hoy en día son serie, sólo ejecutan una instrucción a la vez. Por ello, modelar procesos paralelos en máquinas serie puede ser un proceso que consume mucho tiempo. Como todo en este día y época, el tiempo es esencial, lo que a menudo deja las redes neuronales fuera de las soluciones viables a un problema.
- Otros problemas con las redes neuronales son la falta de reglas definitorias que ayuden a construir una red para un problema dado, hay muchos factores a tomar en cuenta: el algoritmo de aprendizaje, la arquitectura, el número de neuronas por capa, el número de capas, la representación de los datos, etc. Otro de los problemas es la llamada caja negra el problema es que cuando modelamos estadísticamente somos capaces de ver que variables forman parte del modelo o cuales de las que finalmente se utilizaron para modelar fueron seleccionadas por los algoritmos para predecir o clasificar, podemos ver sus pesos y la ecuación final, cosa que no es posible en las redes neuronales.

### 2.3.6. IRT (Teoría de Respuesta al Ítem)

En este apartado detallaremos las características más importantes del paradigma psicométrico de la teoría de respuesta al ítem o IRT. Su funcionamiento y las ventajas y desventajas que presenta con respecto a los métodos clásicos.

#### 2.3.6.1. Introducción

Es un paradigma psicométrico que posee ventajas considerables con respecto al paradigma clásico: como generar medidas diferentes con ítems estrictamente comparables y no dependientes de las muestras específicas de investigación, alcanzando un verdadero nivel intervalar de medición. El propósito de la Teoría de Respuesta al Ítem (IRT) es similar al de la Teoría Clásica de los Test (TCT), pretende obtener una puntuación de una persona en una dimensión o rasgo: inteligencia, cierto rasgo de personalidad, interés, su dominio en cierta materia, etc. La IRT intenta brindar un fundamento probabilístico al problema de medir constructos latentes (no observables) y considera al ítem como unidad básica de medición. La IRT centra su nombre a que se centra más en las propiedades de los ítems individuales que en las propiedades globales del test, como lo hacía la TCT. La TCT estima el nivel como la sumatoria de respuestas a ítems individuales, mientras que la IRT utiliza el patrón de respuesta.

Según la IRT un test sería una serie de pequeños experimentos, y cuyas respuestas no son mediciones directas, sino que proporcionan los datos para inferir mediciones. Existe un error de medición en los experimentos, ya que en ellos no solo operan las variables independientes, sino otras llamadas variables de error o extrañas que deben ser controladas, mediante los siguientes procedimientos [84]: el apareamiento o estandarización, la aleatorización y el ajuste estadístico.

- El apareamiento o estandarización, nos dice que sólo debemos preocuparnos de medir el rasgo, pues todos los factores externos influyen de la misma forma a todos los usuarios examinados.
- La aleatorización, nos dice que las fuentes externas juegan un papel no sistemático y se controlan por el azar o la aleatoriedad, lo que implica una reducción de la validez externa.
- El ajuste estadístico, requiere de explícita parametrización de la aptitud que nos interesa medir así como de las propiedades de los ítems según un modelo que relacione sus valores con los datos de las respuestas recolectadas con el test.

La IRT como la TCT consideran que cada individuo lleva asociado un parámetro individual: llamado aptitud en la IRT y se simboliza por la letra griega theta ( $\theta$ ), en la TCT se denomina puntaje verdadero (V). Este parámetro es inobservable pero es estimable por sus manifestaciones observables de los puntajes originales de los tests. La diferencia principal es que en la TCT es que la relación entre el valor esperado y el rasgo es tipo lineal ( $X = V + e$ ) mientras que en la IRT las relaciones pueden ser funciones exponenciales, como los modelos de Poisson, de la ojiva nominal, del error binomial, el modelo de Rasch o los modelos logísticos de 1, 2 o 3 parámetros.

Vemos en [84] los postulados básicos de la IRT que son los siguientes:

- a) El resultado de un usuario examinado en un ítem se explica por un conjunto de factores llamados rasgos latentes o aptitudes que se simbolizan por  $\theta$ .
- b) La relación entre la respuesta de un sujeto a un ítem y el rasgo latente puede describirse con una función monótona creciente que se llama función o curva característica del ítem (CCI), que especifica que a medida que la aptitud aumenta la probabilidad de una respuesta correcta al ítem también aumenta.
- c) Las estimaciones de  $\theta$  obtenidas con distintos ítems serían iguales y las estimaciones de los parámetros de los ítems obtenidos en distintas muestras de examinados serían iguales.

Entre las principales limitaciones de la TCT se pueden exponer las siguientes según [85]:

- a) Las características del test y las puntuaciones de las personas no pueden ser separados. Las características de los ítems dependen del grupo de personas en el que se han aplicado y la puntuación de una persona depende del conjunto particular de ítems administrados. En cambio una propiedad de la IRT es su invariancia en doble sentido: invariancia de los ítems respecto a distribuciones diferentes de habilidad o rasgo, e invariancia de la medida de habilidad a partir de diferentes conjuntos de ítems.
- b) una segunda limitación tiene que ver con el error de medida, la TCT supone que es propiedad del test y por tanto igual para todos los sujetos, independientemente de cuál sea su puntuación. En cambio la IRT permite obtener la precisión con la que cada persona es medida.

La IRT permite superar estas y otras limitaciones de la TCT mediante unos supuestos fuertes y restrictivos y una metodología más compleja, que requiere establecer modelos matemáticos, la estimación de sus parámetros, enjuiciar el ajuste entre datos y modelos, etc.

### 2.3.6.2. Supuestos de la IRT

Según [84], los supuestos de la IRT son los siguientes:

- 1. La unidimensionalidad del rasgo latente**, los ítems que constituyen un test deben medir sólo una aptitud o rasgo.
- 2. La independencia local**, las respuestas a cualquier par de ítems son independientes y no existe relación entre las respuestas de un examinado a diferentes ítems. De esta manera la probabilidad del tipo de respuesta a un conjunto de ítems es igual al producto de las probabilidades asociadas con las respuestas del examinado a los ítems individuales.

### 2.3.6.3. Curva característica del ítem

La “curva característica del ítem” (CCI) indica la probabilidad que tienen de acertarlo las personas que se enfrentan a él y depende de cuál sea el nivel de la persona en la variable medida. La IRT necesita resumir la información de cada CCI en una forma o modelo en el que uno, dos o tres valores resuman la información obtenida empíricamente en dicha CCI, los modelos más utilizados en la práctica son los modelos logísticos de uno, dos y tres parámetros.

### 2.3.6.4. Los tres modelos de la IRT

Existen muchos modelos de la IRT, pero detallaremos a los modelos más difundidos, los modelos logísticos. La distribución logística se define como una función tal que:

$$y = \frac{e^x}{1 + e^x}$$

Ecuación 4. Distribución logística de la IRT

Su variación relativa es una parábola y su función logística es muy similar a la función normal acumulada. Los modelos logísticos más conocidos son los de uno, dos y tres parámetros.

#### a) Modelo logístico de un parámetro (modelo de Rasch)

Inicialmente desarrollado por Georg Rasch en 1963, nos dice que la probabilidad de acertar un ítem depende solamente de la dificultad de dicho ítem y del nivel del sujeto en la variable medida (nivel de rasgo o habilidad), su expresión matemática es:

$$P(\theta) = \frac{e^{D(\theta-b)}}{1 + e^{D(\theta-b)}} = \frac{1}{1 + e^{-D(\theta-b)}}$$

Ecuación 5. Modelo logístico de un parámetro

Donde:

$P(\theta)$ : Probabilidad de acertar el ítem si el nivel de rasgo es  $\theta$ .

$\theta$ : Nivel de habilidad del sujeto, en la práctica la escala más usada es entre -3.0 y 3.0.

$b$ : Índice de dificultad del ítem, es aquel valor de  $\theta$  para el cual  $P(\theta) = 0.5$ .

$e$ : Base de los logaritmos neperianos (2.718).

$D$ : Constante ( $D= 1.7$  ó  $1$ ).

## b) Modelo logístico de dos parámetros

Frederic M. Lord (1968, 1980) fue el primero en elaborarlo, basándose en una distribución normal, el modelo de dos parámetros de la ojiva normal. Este fue sustituido por un modelo logístico, que tiene la ventaja de ser más fácil de manejar. Este modelo añade un segundo parámetro que indica la capacidad discriminativa del ítem, y está dado por la siguiente ecuación:

$$P(\theta) = \frac{e^{Da(\theta-b)}}{1 + e^{Da(\theta-b)}} = \frac{1}{1 + e^{-Da(\theta-b)}}$$

Ecuación 6. Modelo logístico de dos parámetros

Donde:

a: Es el índice de discriminación del ítem, indica la mayor o menor inclinación de la CCI cuando  $\theta=b$ . Normalmente oscila entre 0.3 y 2.5, y se suelen considerar ítems “discriminativos” a los valores de “a” mayores de uno.

## c) Modelo logístico de tres parámetros

Este modelo añade además de los parámetros “a” y “b” un tercero “c”, que representa la probabilidad de acertar el ítem al azar, es el valor de  $P(\theta)$  para valores muy bajos de  $\theta$ . La expresión matemática es la siguiente:

$$P(\theta) = c + \frac{(1-c) \times e^{Da(\theta-b)}}{1 + e^{Da(\theta-b)}} = c + \frac{1-c}{1 + e^{-Da(\theta-b)}}$$

Ecuación 7. Modelo logístico de tres parámetros

Donde:

c: es el parámetro del pseudo azar porque representa la probabilidad de los ítems de opción múltiple de que un sujeto de poca aptitud conteste un ítem relativamente difícil de manera correcta, es decir al azar o adivinando. Si un ítem tiene m opciones este parámetro valdrá  $1/m$ .

### 2.3.6.5. Estimación de parámetros

Consiste en estimar los parámetros de cada ítem y la  $\theta$  de cada sujeto una vez seleccionado un modelo de la IRT y aplicado un test a una muestra amplia. La estimación de parámetros es el paso que nos permite llegar de las respuestas conocidas de las personas a los ítems a los valores desconocidos de los parámetros de los ítems y de los niveles de rasgos.

Para obtener las estimaciones se aplica el “método de máxima verosimilitud”, su lógica consiste en encontrar los valores de los parámetros que hagan más probable la matriz de respuestas obtenidas. El estimador máximo-verosímil proporciona el valor de “p” (probabilidad de un suceso) bajo el que tiene máxima probabilidad el suceso que hemos encontrado. En la IRT se sigue una lógica similar, se obtienen las estimaciones de los parámetros y de los niveles de  $\theta$  con los que la matriz de datos encontrada tiene la máxima compatibilidad.

Las respuestas de las personas a los ítems formaran una secuencia de unos (aciertos) y ceros (fallos), y la probabilidad de obtener tal secuencia de aciertos y errores se puede escribir como:

$$L(\theta) = \prod P(R) \times Q(1-R), \quad \text{para cada } \theta.$$

Ecuación 8. Método de máxima verosimilitud

Donde:

R: Resultado en cada ítem (1: acierto; 0: fallo).

P: Probabilidad de acierto en cada ítem.

Q: Probabilidad de error en cada ítem ( $Q = 1 - P$ ).

La  $\theta$  estimada por el método de máxima verosimilitud será el valor de  $\theta$  para el que la anterior expresión alcanza su máximo valor. No se hace una búsqueda restringida a unos cuantos valores, sino se trata de encontrar el valor de  $\theta$  que maximiza a L entre todos los posibles valores.

En el caso de la IRT no existen fórmulas que permitan obtener las estimaciones de manera directa, por tanto las estimaciones se obtienen por métodos numéricos, mediante programas de ordenador. En el caso más general se establece una función L que depende de los parámetros de los ítems y de los niveles de rasgo, los programas de ordenador contienen algoritmos que encuentran el conjunto de estimaciones para el cual la función L alcanza el valor máximo. Los parámetros de los ítems y los niveles de rasgo de las personas serán los valores dados por el programa de ordenador para una matriz de respuestas particular.

En la TCT una vez aplicados unos ítems a un conjunto de personas, se puede obtener la puntuación de cada persona en el test combinando las puntuaciones de los ítems del test. En IRT, una vez que se han aplicado los ítems, se genera la matriz de respuestas que contiene los aciertos y fallos de cada persona en cada ítem del test, a continuación se aplica un programa de ordenador que nos dará los niveles de rasgo y los parámetros de los ítems. Algunas veces para estimar los valores de los parámetros también se puede recurrir a votaciones de la población evaluada [44].

### 2.3.6.6. Función de información

Una vez aplicado un conjunto de ítems y estimado  $\theta$  de un sujeto, la IRT nos permite calcular el “error típico de estimación” (Se) de esa persona en el test aplicado, en vez de asumir que el error de estimación es el mismo para todos los sujetos como asume la TCT.

El Se nos dice la precisión de la estimación de  $\theta$ . A mayor error, menor precisión. Su tamaño depende de varios factores:

1. Número de ítems aplicados: En general, al aumentar la cantidad de ítems disminuye Se.
2. La capacidad discriminativa de los ítems: Al aumentar el parámetro “a” disminuye Se.
3. La diferencia entre “b” y  $\theta$ : Cuanto más próximo este b a  $\theta$ , menor será Se.

La varianza de las puntuaciones  $\theta$  estimadas  $Var(\theta)$  se obtiene así:

$$Var(\theta) = Se^2 = \frac{1}{\sum \frac{(P')^2}{PQ}}$$

Ecuación 9. Varianza estimada

Donde P' es la derivada de P.

La  $Var(\theta)$  nos dice cómo de importante es la variación entre los valores  $\theta$  estimados y el valor verdadero de  $\theta$ . Cuanto menor sea, indicará que más nos podemos fiar del test, pues sabemos que son pocas las diferencias entre los valores estimados y el verdadero.

Por otra parte el error típico de estimación de  $\theta$  (Se) es la desviación típica de las puntuaciones de  $\theta$  estimadas, es decir:

$$Se = \sqrt{Se^2}$$

Ecuación 10. Error típico de estimación

El Se permite obtener el intervalo de confianzas con probabilidad predeterminada, se ha de encontrar el nivel de habilidad de la persona. Concretamente si a la  $\theta$  estimada le sumamos y restamos 1.96 veces Se, obtenemos los extremos del intervalo en el que con una probabilidad del 0.95 se encontrará su verdadero nivel de rasgo.

Dicho esto, la “función de información” (FI) del test aplicado se define como la inversa de  $\text{Var}(\theta)$ , es decir:

$$I(\theta) = \frac{1}{Se^2} = \sum \frac{(P')^2}{PQ}$$

Ecuación 11. Función de información

Por tanto, cuanto mayor sea  $I(\theta)$  menor será Se, y por tanto mayor la precisión para la estimación de  $\theta$  (nivel del rasgo).

La FI tiene una gran importancia en la utilización de los tests, ya que nos permite conocer aquel que aporte más información en el intervalo de  $\theta$  que se quiere medir. También es útil en la construcción del test, a partir de un banco de ítems calibrados podemos elegir los que permitan que la FI se ajuste a unos objetivos determinados. La FI es la sumatoria de las funciones de información de los ítems por separados, en concreto la FI de un ítem sólo sería:

$$I(\theta) = \frac{(P')^2}{PQ}$$

Ecuación 12. Función de información para un sólo ítem

Veremos que la única diferencia con la FI global es que la FI del test no presenta el signo de sumatorio. Esto nos permite elegir los ítems más adecuados en cada momento en función a nuestras necesidades.

### 2.3.6.7. Aplicaciones de IRT

La IRT nos permite la elaboración y desarrollo de test adaptativos informatizados (TAIs), que difieren mucho de los test al uso. Un TAI consta de un banco de ítems bien calibrado y de un programa de ordenador que decide que ítem del banco presentar a la persona, presentarlo, analizar la respuesta emitida por la persona, seleccionar un nuevo ítem del banco, etc. Un TAI difiere mucho de un test de lápiz y papel: primeramente es administrado por un ordenador, y segundo es que cada persona es evaluada con ítems distintos. Lo fundamental de los TAIs es que eligen a los ítems con el fin de estimar el nivel de habilidad de la persona con la máxima precisión y el menor número de ítems. El TAI procede de la siguiente manera:

- a) Presentación del primer ítem.
- b) Estimación del nivel de rasgo de la persona.
- c) Búsqueda del ítem del banco más informativo para el nivel de  $\theta$  estimado en el paso precedente.
- d) Aplicación del ítem elegido.

e) Estimación del nivel de rasgo correspondiente a la secuencia de respuestas dada a los ítems presentados.

f) De nuevo paso “c”, y así sucesivamente hasta que se haya conseguido el criterio de parada: un error típico de estimación menor que un tope preestablecido o se haya administrado un determinado número de ítems.

El principal logro de los TAIs es que con pocos ítems (20 más o menos) se logan precisiones de medición comparables o mejores a las obtenidas en test no adaptativos mucho más largos, pues solo administran ítems verdaderamente informativos para determinar el nivel de rasgos de la persona, evitando ítems muy fáciles o difíciles que informan poco del nivel de rasgo.

### **2.3.6.8. Ventajas y Desventajas de la IRT**

**a) Ventajas.** Las ventajas fundamentales de la IRT con respecto a la TCT serían:

- La IRT permite comparar pruebas con reactivos diferentes, lo cual resulta del supuesto fundamental de las pruebas a medida o adaptativas.
- Sujetos con un mismo puntaje en un test según la TCT que en realidad difieren en su aptitud, este problema no se presenta en las pruebas IRT.
- Las pruebas TCT y sus estimaciones del nivel de habilidad mediante el número de reactivos contestados correctamente no se relacionan linealmente con el verdadero nivel de aptitud del individuo. Por este motivo, una escala TCT no alcanza un nivel intervalar de medición.
- Permite construir test personalizados, adaptativos o a medida, a fin de inferir en cada uno de los examinados el verdadero valor del rasgo de la manera más exacta.
- Permite construir grandes bases de datos de ítems que miden el mismo rasgo, con ítems con parámetros bien estimados, de diferentes niveles, los cuales pueden ser usados según convenga al examinador.

**b) Desventajas.** Las principales críticas a la IRT son las siguientes:

- La IRT no garantiza ítems unidimensionales salvo para test que evalúan dominios limitados (p.e.: de rendimiento).
- Tiene la dificultad de requerir muestras grandes (200 a 500 sujetos en las escalas cortas) para calibrar los parámetros de los ítems.
- Además produce escalas muy cortas con alta homogeneidad que pueden ser inadecuadas para algunos propósitos de evaluación.

### **2.3.7. Conclusión del análisis de las alternativas posibles**

Después de analizar las alternativas posibles para nuestra implementación, se ha decidido por implementar la técnica adaptativa de Teoría de Respuesta al Ítem (IRT). La implementación del sistema experto, requiere mucho conocimiento del tema a estudiar, pudiendo volverse un software específico para un campo del conocimiento, requiere disponer muchas horas de un experto humano en un tema y puede conllevar la creación de muchas reglas en su base de conocimiento pudiendo cargar mucho el procesado de la información, carecen de habilidades sociales y no interactúan con el entorno, sino dan respuestas específicas a su propósito. La lógica difusa es una buena alternativa para la implementación de la solución para la parte del dominio del conocimiento si se definen bien los conjuntos difusos para cada nivel de conocimiento, pero es algo más incompleta para la parte de la inferencia de nuevo conocimiento, pues le falta la capacidad de aprender y la definición de sus reglas de inferencia es compleja. Los sistemas multiagentes y las redes neuronales son una implementación computacional mucho más costosas volviéndose prácticamente inviables en algunos teléfonos móviles con Symbian OS, pues son métodos que necesitan mucho más recursos, seguramente se llegaría a buenísimas soluciones pero cargarían mucho al teléfono. Las redes bayesianas son otra buena solución sobre todo para la parte inferencial, es decir la verdadera adaptación de la aplicación, pero necesita una fuerte definición del modelo de conocimiento. En cambio la teoría de respuesta al ítem es una solución que es, computacionalmente viable en teléfonos móviles con Symbian OS, con definición clara del dominio de conocimiento y con una fácil implementación del modelo de estudiante como un subconjunto del anterior, además utiliza una inferencia de razonamiento bayesiana en tres modelos distintos. Por otro lado según la bibliografía también se pueden utilizar las siguientes técnicas de adaptación: árboles de decisión, ontologías, portafolios, redes de Petri, modelado semántico, que son técnicas menos usadas y en algunos casos muy complejas, inviables o incompletas.

## **2.4. Objetivo General**

En base a todo lo descrito en el presente apartado presentamos nuestro objetivo general como sigue:

Investigar diferentes opciones de algoritmos de aprendizaje adaptativo en ambientes de e-Learning existentes, para elegir según las características la más adecuadas (IRT) para su implementación en un ambiente de m-Learning ya existente, luego realizar pruebas piloto con la solución planteada.

## **2.5. Objetivos Específicos**

Del objetivo general anteriormente descrito, desglosamos los objetivos específicos.

- O1.** Entender el funcionamiento de J2ME para programación en móviles con Sistema Operativo Symbian OS.
- O2.** Entender el funcionamiento de la herramienta de m-Learning “Educamovil” de Telefónica I+D.
- O3.** Estudiar diferentes algoritmos de aprendizaje adaptativo.
- O4.** Elegir la mejor opción para un ambiente m-Learning entre los diferentes algoritmos de aprendizaje adaptativo estudiados.
- O5.** Entender el funcionamiento de IRT.
- O6.** Implementar e Integrar el algoritmo elegido según el ambiente de estudio.
- O7.** Hacer pruebas con la solución propuesta, comprobando el correcto funcionamiento de esta y analizando su uso con usuarios reales.
- O8.** Documentar el proceso de desarrollo y la solución piloto obtenidos.

### **3. Materiales y métodos**

En este capítulo se describen las necesidades materiales para la realización del proyecto así como los métodos y actividades realizadas para su correcta ejecución.

### 3.1. Actividades realizadas

Estas son las actividades realizadas en nuestro proyecto:

**A1.** Documentación y estudio de las herramientas a utilizar: En esta actividad se estudió el sub-lenguaje de Java para dispositivos móviles (J2ME) y luego se analizó el trabajo ya realizado en la herramienta de m-Learning “Educamovil”. Con esta actividad cubrimos los objetivos O1 y O2.

**A2.** Estudio general de algoritmos de aprendizaje adaptativo: En esta actividad se realizó una investigación de diferentes algoritmos de aprendizaje adaptativo, viendo sus pros y contras para el desarrollo de los mismos en un ambiente de m-Learning, discerniendo la mejor opción de todas. Con esta actividad se cumplió con los objetivos O3 y O4.

**A3.** Estudio a fondo e implementación de IRT: En esta actividad se entendió más profundamente la teoría de respuesta al ítem (IRT) y sus tres modelos, haciendo posible su implementación en el ambiente de m-Learning estudiado. Con esta actividad se cubrió los objetivos O5 y O6.

**A4.** Pruebas finales: En esta actividad ya estará desarrollada nuestra solución piloto y se podrá probar su uso con estudiantes reales en medida de lo posible, se analizarán los resultados obtenidos. Con esta actividad quedará cumplido el O7 y por ende todo el proyecto.

**A5.** Redacción de documentación relativa al proceso y a la solución: Escribimos todo lo aprendido y desarrollado, documentándolo claramente para su posible imitación en ambientes similares, y tener constancia del desarrollo del proyecto. Así cubrimos el objetivo O9.

### 3.2. Recursos empleados

Se utilizaron los sistemas operativos: Linux Ubuntu como plataforma de desarrollo y Linux Ubuntu con Windows XP y 7 como plataformas de ejecución.

Se empleó el entorno de desarrollo NetBeans, con el Jdk apropiado para el desarrollo en J2ME, como sub-lenguaje de Java para móviles, para la implementación de la solución.

Se empleó tres teléfonos móviles con Symbian OS para probar la solución.

Los ordenadores utilizados tenían instalado Linux Ubuntu y/o Microsoft Windows XP o 7.

Cuestionario de los estilos de aprendizaje de la Universidad del Estado de Carolina del Norte (NCSU): Este es un test psicológico que mide el estilo de aprendizaje, se encuentra alojado en <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>.

Cuestionario de la satisfacción del usuario con la interfaz hombre-computador de la Asociación de Maquinaria Computacional (ACM): El test de experiencia de usuario (QUIS) mide la satisfacción de uso en diferentes niveles de los estudiantes, se encuentra disponible en <http://oldwww.acm.org/perlman/question.cgi?form=QUIS>.

- A continuación describiremos las tecnologías utilizadas:

- **Linux Ubuntu**, Ubuntu es una distribución Linux basada en Debian que proporciona un sistema operativo actualizado y estable para el usuario medio, con un fuerte enfoque en la facilidad de uso e instalación del sistema, normalmente distribuidos bajo una licencia libre o de código abierto [86].

- **Bluetooth**, Bluetooth es una tecnología de comunicación inalámbrica omnidireccional. Se ideó pensando en dispositivos de bajo consumo y comunicaciones a corta distancia (10 metros) [87]. Se trata de una tecnología barata con un ancho de banda reducido: hasta 11 Mbit/s. Es ideal para periféricos de ordenador (ratón, teclado, manos libres,...) y dispositivos móviles (teléfonos móviles, PDAs, Pocket PCs, etc.). Mediante Bluetooth es posible formar pequeñas redes de dispositivos conectados denominadas “piconets”. Se pueden conectar varias piconets formando lo que se denomina una “scatternet”. Las principales aplicaciones de Bluetooth son: transferencia de archivos, sincronización de dispositivos y conectividad de periféricos.
- **Java**, Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, desarrollado por Sun Microsystems a principios de los años 90. El lenguaje en sí mismo toma mucha de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores, como la manipulación directa de punteros o memoria [88]. Las aplicaciones Java están típicamente compiladas en un bytecode, aunque la compilación en código máquina nativo también es posible. En el tiempo de ejecución, el bytecode es normalmente interpretado o compilado a código nativo para la ejecución, aunque la ejecución directa por hardware del bytecode por un procesador Java también es posible. Entre diciembre de 2006 y mayo de 2007, Sun Microsystems liberó la mayor parte de sus tecnologías Java bajo la licencia GNU GPL, de acuerdo con las especificaciones del Java Community Process, de tal forma que prácticamente todo el Java de Sun es ahora software libre.
- **J2SE**, Java Platform, Standard Edition o Java SE (conocido anteriormente hasta la versión 5.0 como Plataforma Java 2, Standard Edition o J2SE), es una colección de APIs del lenguaje de programación Java útiles para muchos programas de la Plataforma Java. La Plataforma Java 2, Enterprise Edition incluye todas las clases en el Java SE, además de algunas de las cuales son útiles para programas que se ejecutan en servidores sobre workstations. Comenzando con la versión J2SE 1.4 (Merlin), la plataforma Java SE ha sido desarrollada bajo la supervisión del Java Community Process. JSR 59 la especificación para J2SE 1.4 y JSR 176 especificó J2SE 5.0 (Tiger). En 2006, Java SE 6 (Mustang) está siendo desarrollada bajo el JSR 270.
- **J2ME**, La plataforma Java Micro Edition, o anteriormente Java 2 Micro Edition (J2ME), es una especificación de un subconjunto de la plataforma Java orientada a proveer una colección certificada de APIs de desarrollo de software para dispositivos con recursos restringidos. Está orientado a productos de consumo como PDAs, teléfonos móviles o electrodomésticos [89] y [90]. Java ME se ha convertido en una buena opción para crear juegos en teléfonos móviles debido a que se puede emular en un PC durante la fase de desarrollo y luego subirlos fácilmente al teléfono. Al utilizar tecnologías Java el desarrollo de aplicaciones o videojuegos con estas APIs resulta bastante económico de portar a otros dispositivos.
- **API JSR – 82**, El API JSR - 82 define todas las especificaciones estándares para trabajar con la tecnología de comunicaciones inalámbrica bluetooth a través de Java. Está basada en la versión 1.1. de Bluetooth. El JSR – 82 está dividida en dos partes: el paquete javax.bluetooth y el paquete javax.obex. Los dos paquetes son totalmente independientes. La plataforma principal de desarrollo del API JSR-82 es J2ME. El API ha sido diseñada para depender de la configuración CLDC. Sin embargo existen implementaciones para poder hacer uso de este API en J2SE [91], [92] y [93].

### 3.3. Metodología de la realización del proyecto

Las actividades A1 y A2 se desarrollaron en paralelo, ocuparon dos meses de tiempo para realizarlas, hasta el mes de enero del 2011.

La actividad A3 fue la actividad más dura, se ocupó ella tres meses de trabajo, los meses de febrero, marzo y abril del 2011.

La actividad A4 es una actividad sumamente importante, por lo cual se tomó tres meses para su realización, acabó a finales de julio del 2011.

La actividad A5 se realizó luego de realizar las demás actividades y tomó once meses acabando en junio del 2012.

Se presenta una tabla que resume lo explicado anteriormente dividiendo cada mes en una quincena:

Mes → Actividad ↓	Dic-X	Ene-XI	Feb-XI	Mar-XI	Abr-XI	May-XI	Jun-XI	Jul-XI	Ago-XI	...	...	...	Jun-XII
A1	X	X											
A2	X	X											
A3			X	X	X								
A4						X	X	X					
A5									X	X	X	X	X

Tabla 1. Cronología de las actividades realizadas para el proyecto

## 4. Resultados

En este capítulo presentaremos nuestra investigación desarrollada sobre la adaptación del aprendizaje según diferentes modelos adaptativos así como detallaremos nuestra solución implementada con la IRT.

#### **4.1. Estudio comparativo de modelos adaptativos.**

##### **Una pequeña revisión de la literatura sobre diferentes técnicas de aprendizaje adaptativo y su posible utilización en m-Learning**

###### **Resumen**

El presente apartado es una pequeña revisión sistemática sobre diferentes técnicas de aprendizaje adaptativo y su uso. En nuestra búsqueda se han recopilado 294 artículos científicos en total, de los cuales por relevancia científica finalmente hemos seleccionado a los 12 que nos pueden dar más detalle de lo que queremos estudiar. De los diferentes artículos hemos estudiado lo siguiente: (I) Para medir la viabilidad de la implementación: (a) Parámetros utilizados para la adaptatividad, (b) Complejidad de las técnicas de adaptatividad empleados, (c) Usos de la adaptatividad; (II) Para medir el impacto académico: (d) Media de citas por técnica adaptativa, (e) Utilización de pruebas con el sistema, (f) toma de la opinión de los estudiantes. Los parámetros utilizados puede ser: tiempo de respuesta, número de aciertos/errores cometidos, estilos de aprendizaje, puntaje acumulado, historia del alumno, elecciones del alumno, preferencias del sujeto, etc. Las técnicas de adaptatividad empleadas fueron principalmente: Sistemas Expertos, Lógica Difusa, Sistemas Multiagentes, Redes Bayesianas, Redes Neuronales y la Teoría de Respuesta al Ítem (IRT). En estos artículos la adaptatividad tiene diferentes usos: Enseñanza, Evaluación, FeedBack, etc. Algunos estudios también toman test anteriores (pre-test) y posteriores (post-test) a la implantación de los sistemas adaptativos para comparar el nivel académico de los estudiantes con y sin adaptatividad, también hacen pruebas del funcionamiento correcto del sistema implementado. Por último, algunos artículos hacen encuestas luego de la implantación de los sistemas a los estudiantes, para ver la percepción de los mismos a cerca del sistema.

### 4.1.1. Introducción

Hoy en día los países en vías de desarrollo (PVD) luchan por progresar, y el principal factor para el progreso de un país es el factor humano. Dentro de los recursos humanos el principal valor es la formación y la educación de la gente para afrontar nuevos retos del mundo actual. Desgraciadamente todavía falta mucho trabajo para conseguir un buen nivel académico en muchos países, principalmente de África, Latinoamérica, y el sudeste asiático.

Por otro lado los teléfonos móviles son una tecnología de comunicación que ha conseguido una enorme penetración en los PVD, debido a su bajo coste y fácil uso y adquisición, superando el número de líneas fijas hace muchos años [24]. Con el tiempo los teléfonos móviles han ido más allá en sus funcionalidades básicas de comunicación por voz, aumentando a mensajes de textos, chats, juegos, relojes, alarmas, programación de tareas, programación de nuevas aplicaciones, hasta convertirse prácticamente en micro-computadores personales en algunos caso con mayores capacidades que los primeros ordenadores personales.

Hablando nuevamente de educación, el aprendizaje electrónico (e-Learning) en sus diferentes modalidades, gana cada vez más terreno en nuestra vida diaria, pues la gente no siempre puede acudir a clases presenciales por diferentes motivos (principalmente de tiempo y espacio) [20]. El e-Learning primitivo consistía en ser una nueva fuente de difusión del conocimiento de forma estática, con los conocimientos almacenados en la web o en el ordenador, en la versión final e igual para todos los usuarios. Se han creado sistemas educativos, los “Sistemas de Hipermedia Adaptativos” (SHA) que se adaptan a los usuarios, tanto en sus conocimientos como en sus preferencias, llegando a proveer una enseñanza más personalizada y por ende útil a cada persona, normalmente las tres partes más importantes de un SHA son: el modelo de usuario, con todos los datos relativos al estudiante; el modelo de dominio, con los contenidos educativos y las reglas de los mismos respecto a orden, prioridad, tema, conceptos, etc.; y el “adaptive engine” o motor de adaptación, que contiene la lógica de inteligencia artificial necesaria para la interacción personalizada de los usuarios con el sistema [3] y [6].

Por otro lado el aprendizaje electrónico está tradicionalmente ligado a los ordenadores personales, pero ahora con la evolución de los móviles se está entrando en una nueva etapa de la enseñanza electrónica: el m-Learning, que principalmente sería el aprendizaje a través de dispositivos móviles que ocurre lejos de la casa u oficina [21].

Este estudio se basa en analizar el uso de las diferentes técnicas adaptativas, para tener un punto de partida del cual ver los pros y contras, las posibilidades y limitaciones de las mismas, para su implementación futura en un ambiente de m-Learning.

#### 4.1.2. Metodología

Una pequeña revisión sistemática de estudios publicados ha sido realizada, revisando las siguientes bases de datos como fuentes de búsquedas: Aerospace Database, IEEE Xplore, Elsevier - Science Direct via SCIRUS, Web of Science (ISI) hasta marzo del 2011, estas han sido accedidas por medio de “Ingenio metabuscador de recursos electrónicos” de la UPM. Además de los artículos más relevantes se han obtenido nuevas referencias para consultar. La investigación ha sido realizada tanto en inglés como en castellano, utilizando como palabras de búsqueda: “e-Learning”, “m-Learning”, “adaptive hypermedia systems”, “sistemas de hipermedia adaptativos”, “aprendizaje móvil”, “aprendizaje electrónico”, “mobile learning”, “electronic learning”, “Online Training”, “Online learning”, “algoritmos adaptativos”, “técnicas adaptativas”, “adaptive engine”. Una mención especial para el artículo [33] que fue una gran guía para ampliar esta investigación.

En total se han recopilado 294 papers, de los cuales se han seleccionado en primera instancia 189 elementos basados en sus resúmenes y títulos pues eran demasiado teóricos y algunos con poco detalle sobre adaptatividad, luego leyendo la introducción de los mismos hemos seleccionado a sólo 45 quitando los que no tenían mucha relación o aplicación con temas educativos, descartando trabajos repetidos hemos seleccionado a 42. Es decir se han descartado artículos en base a leer el título y el resumen si estos: eran una base muy teórica sobre las técnicas de adaptatividad, si estaban demasiado orientadas a un problema específico de difícil reproducción o era evidentemente trabajos en fase embrionaria. Los 42 artículos seleccionados con la mínima información necesaria para nuestro estudio son los siguientes:

Código	Referencia	Autor
Art1	[34]	Giovanni Acampora et al.
Art2	[35]	Apple W P Fok et al.
Art3	[36]	Peng Wang et al.
Art4	[37]	Xiao-Qiang Liu et al.
Art5	[38]	Chih-Ping Chu et al.
Art6	[39]	Gwo-Jen Hwang
Art7	[40]	Javier Bravo et al.
Art8	[41]	G.D. Chen et al.
Art9	[42]	Te-Yi Chan et al.
Art10	[43]	Eduardo Guzmán et al.
Art11	[44]	Chih-Ming Chen et al.
Art12	[45]	Shipin Chen et al.
Art13	[46]	Monjia Balloumi et al.
Art14	[47]	Gwo-Jen Hwang
Art15	[48]	Alenka Kavcic
Art16	[49]	Chih-Ming Chen et al.
Art17	[50]	Raymond Y.K. Lau et al.
Art18	[51]	Norazah Yusof et al.
Art19	[52]	Yi-Hsing Chang et al.
Art20	[53]	Chen Jing et al.
Art21	[54]	Prakash Ranganathan et al.
Art22	[55]	Mónica Menacho Jobst
Art23	[56]	Michael Mayo et al.
Art24	[57]	Liang Zhang et al.
Art25	[58]	Zhi Liu et al.
Art26	[59]	Yan-Wen Wu et al.
Art27	[60]	Marcello Castellano et al.

<b>Código</b>	<b>Referencia</b>	<b>Autor</b>
Art28	[61]	Jing Liu et al.
Art29	[62]	Sue-Fn Huang et al.
Art30	[63]	Harri Ketamo
Art31	[64]	Rosa Lanzilotti et al.
Art32	[65]	Raquel Rodríguez Hernández et al.
Art33	[66]	Todorka Glushkova
Art34	[67]	Jason C. Hung et al.
Art35	[68]	Ioannis Hatzilygeroudis et al.
Art36	[69]	Jia-Jiunn Lo et al.
Art37	[70]	N. Nirmalakhandan
Art38	[71]	Cheoltaek Kim et al.
Art39	[72]	Bin-Shyan Jong et al.
Art40	[73]	Carla Limongelli et al.
Art41	[74]	Qingtang Liu et al.
Art42	[75]	Cristóbal Romero et al.

Tabla 2. Artículos que cumplen los criterios de búsqueda esenciales

La primera columna es el código que utilizaremos para cada artículo, la segunda columna indica la referencia bibliográfica del artículo, y la última columna nos indica el nombre del autor del artículo.

Luego de esta primera selección general, se ha hecho un análisis de la relevancia científica de los artículos, en base a la utilidad analizada en la comunidad científica: seleccionando las técnicas adaptativas más empleadas y dentro de estas los artículos más nombrados por otras investigaciones.

Finalmente se hace un análisis de los resultados en base a los artículos seleccionados después de la revisión de la relevancia científica, analizando por una parte la viabilidad de la implementación con los siguientes datos: los parámetros utilizados para la adaptatividad, la complejidad de las técnicas de adaptatividad empleados y los usos de la adaptatividad; por otro lado también se analizó el impacto académico con los siguiente: la media de citas por técnica adaptativa, la utilización de pruebas con el sistema, y toma de la opinión de los estudiantes.

### 4.1.3. Análisis de la relevancia científica de los artículos

Primero seleccionaremos las técnicas adaptativas más empleadas y los artículos referidos a estas, finalmente miraremos el impacto científico de estos artículos en base a su número de citas en otros artículos indexados.

#### 4.1.3.1. Técnicas adaptativas más empleadas

Cada artículo tiene una “técnica adaptativa” (adaptive engine), haremos la correlación de las técnicas adaptativas con los artículos revisados en la siguiente tabla:

Código	Adaptatividad Utilizada
Art1	Algoritmos meméticos
Art2	Cadenas de Markov
Art3	Modelado de la memoria
Art4	Redes de Petri
Art5	Redes de Petri
Art6	Teoría gris
Art7	Árboles de decisión
Art8	Mapa conceptual
Art9	Mapa conceptual
Art10	IRT
Art11	IRT
Art12	IRT
Art13	IRT
Art14	Lógica Difusa
Art15	Lógica Difusa
Art16	Lógica Difusa
Art17	Lógica Difusa
Art18	Lógica Difusa
Art19	Sistemas Multi-Agentes
Art20	Sistemas Multi-Agentes
Art21	Sistemas Multi-Agentes
Art22	Redes Bayesianas
Art23	Redes Bayesianas
Art24	Redes Bayesianas
Art25	Redes Bayesianas
Art26	Redes Neuronales
Art27	Redes Neuronales
Art28	Redes Neuronales
Art29	Redes Neuronales
Art30	Sistemas Expertos
Art31	Sistemas Expertos
Art32	Sistemas Expertos
Art33	Sistemas Expertos
Art34	Sistemas Expertos
Art35	Sistemas Expertos
Art36	Sistemas Expertos
Art37	Sistemas Expertos

<b>Código</b>	<b>Adaptatividad Utilizada</b>
Art38	Sistemas Expertos
Art39	Sistemas Expertos
Art40	Sistemas Expertos
Art41	Sistemas Expertos
Art42	Sistemas Expertos

Tabla 3. Estudio de las técnicas adaptativas utilizadas en los diferentes artículos

En base a lo visto anteriormente seleccionamos sólo las técnicas con más artículos publicados, el sesgo que tomamos es de tres artículos o más, estas técnicas casualmente tienen más bibliografía disponible, nuestras técnicas más representativas quedan resumidas en la siguiente tabla:

<b>Técnica Adaptativa</b>	<b>Número de Artículos Seleccionados</b>
Sistemas Expertos	13
Lógica Difusa	5
Sistemas Multi-agentes	3
Redes Bayesianas	4
Redes Neuronales	4
IRT	4

Tabla 4. Técnicas adaptativas más utilizadas en los diferentes artículos

En esta tabla vemos que la técnica adaptativa más empleada son los sistemas expertos, en segundo lugar se encuentra la lógica difusa, en tercer lugar empatarían las redes neuronales, las redes bayesianas y la teoría de respuesta al ítem (IRT) y la técnica adaptativa menos empleada son los sistemas multiagentes.

Como vemos 33 artículos de los 42 revisados se encuentran utilizando las técnicas de adaptación más identificadas, según se ve a continuación:

<b>Código</b>	<b>Adaptatividad Utilizada</b>
Art10	IRT
Art11	IRT
Art12	IRT
Art13	IRT
Art14	Lógica Difusa
Art15	Lógica Difusa
Art16	Lógica Difusa
Art17	Lógica Difusa
Art18	Lógica Difusa
Art19	Sistemas Multi-Agentes
Art20	Sistemas Multi-Agentes
Art21	Sistemas Multi-Agentes
Art22	Redes Bayesianas
Art23	Redes Bayesianas
Art24	Redes Bayesianas
Art25	Redes Bayesianas
Art26	Redes Neuronales
Art27	Redes Neuronales
Art28	Redes Neuronales
Art29	Redes Neuronales

<b>Código</b>	<b>Adaptatividad Utilizada</b>
Art30	Sistemas Expertos
Art31	Sistemas Expertos
Art32	Sistemas Expertos
Art33	Sistemas Expertos
Art34	Sistemas Expertos
Art35	Sistemas Expertos
Art36	Sistemas Expertos
Art37	Sistemas Expertos
Art38	Sistemas Expertos
Art39	Sistemas Expertos
Art40	Sistemas Expertos
Art41	Sistemas Expertos
Art42	Sistemas Expertos

Tabla 5. Artículos que utilizan las técnicas adaptativas más utilizadas

Estos artículos han recibido una lectura rápida, obteniendo una idea general de su contenido.

#### 4.1.3.2. Número de citaciones en otros artículos

Aquí analizamos la cantidad de referencias que se encuentran de estos artículos en otros artículos. Para hacer esto se ha utilizado el buscador google, el cual al introducir el nombre del artículo con su(s) autor(es) devuelve el dato de las citaciones del artículo en base a los datos las fuentes de búsquedas indexadas, como librerías digitales científicas: IEEE Xplore, Springer, etc. En la siguiente tabla resumimos las citaciones encontradas para cada uno de nuestros 33 artículos clasificados en la etapa anterior:

<b>Código</b>	<b>Ref.</b>	<b>Autor</b>	<b>Técnica Adap.</b>	<b>Nº citaciones</b>
<b>Art10</b>	<b>[43]</b>	<b>Eduardo Guzmán et al.</b>	<b>IRT</b>	<b>30</b>
<b>Art11</b>	<b>[44]</b>	<b>Chih-Ming Chen et al.</b>	<b>IRT</b>	<b>171</b>
Art12	[45]	Shipin Chen et al.	IRT	1
Art13	[46]	Monjia Balloumi et al.	IRT	0
<b>Art14</b>	<b>[47]</b>	<b>Gwo-Jen Hwang</b>	<b>L. Difusa</b>	<b>145</b>
<b>Art15</b>	<b>[48]</b>	<b>Alenka Kavcic</b>	<b>L. Difusa</b>	<b>51</b>
Art16	[49]	Chih-Ming Chen et al.	L. Difusa	12
Art17	[50]	Raymond Y.K. Lau et al.	L. Difusa	34
Art18	[51]	Norazah Yusof et al.	L. Difusa	0
<b>Art19</b>	<b>[52]</b>	<b>Yi-Hsing Chang et al.</b>	<b>Sistemas M.A.</b>	<b>6</b>
<b>Art20</b>	<b>[53]</b>	<b>Chen Jing et al.</b>	<b>Sistemas M.A.</b>	<b>3</b>
Art21	[54]	Prakash Ranganathan et al.	Sistemas M.A.	0
<b>Art22</b>	<b>[55]</b>	<b>Mónica Menacho Jobst</b>	<b>R. Bayesianas</b>	<b>0 (*)</b>
<b>Art23</b>	<b>[56]</b>	<b>Michael Mayo et al.</b>	<b>R. Bayesianas</b>	<b>183</b>
Art24	[57]	Liang Zhang et al.	R. Bayesianas	3
Art25	[58]	Zhi Liu et al.	R. Bayesianas	1
<b>Art26</b>	<b>[59]</b>	<b>Yan-Wen Wu et al.</b>	<b>R. Neuronales</b>	<b>3</b>
<b>Art27</b>	<b>[60]</b>	<b>Marcello Castellano et al.</b>	<b>R. Neuronales</b>	<b>2</b>
Art28	[61]	Jing Liu et al.	R. Neuronales	1
Art29	[62]	Sue-Fn Huang et al.	R. Neuronales	0
<b>Art30</b>	<b>[63]</b>	<b>Harri Ketamo</b>	<b>S. Expertos</b>	<b>40</b>
Art31	[64]	Rosa Lanzilotti et al.	S. Expertos	9

Código	Ref.	Autor	Técnica Adap.	Nº citaciones
Art32	[65]	Raquel Rodríguez Hernández et al.	S. Expertos	1
Art33	[66]	Todorka Glushkova	S. Expertos	1
Art34	[67]	Jason C. Hung et al.	S. Expertos	6
Art35	[68]	Ioannis Hatzilygeroudis et al.	S. Expertos	12
Art36	[69]	Jia-Jiunn Lo et al.	S. Expertos	25
Art37	[70]	N. Nirmalakhandan	S. Expertos	18
Art38	[71]	Cheoltaek Kim et al.	S. Expertos	0
Art39	[72]	Bin-Shyan Jong et al.	S. Expertos	13
Art40	[73]	Carla Limongelli et al.	S. Expertos	22
Art41	[74]	Qingtang Liu et al.	S. Expertos	0
<b>Art42</b>	<b>[75]</b>	<b>Cristóbal Romero et al.</b>	<b>S. Expertos</b>	<b>56</b>

Tabla 6. Número de citaciones externas de los artículos pre-seleccionados

Los artículos resaltados con **negrita** serán nuestros estudios finalmente seleccionados, se han seleccionado por dos criterios principales: la técnica adaptativa utilizada y el número de citaciones externas de los artículos. Es decir, se ha seleccionado dos artículos por técnica adaptativa, valorando más el que tenga mayor número de citaciones de cada técnica, como excepción hemos seleccionado la referencia [55] pese a no tener citaciones, al ser un caso especial por ser de un país de poca relevancia científica, pero con el contenido muy valorado por el autor de este trabajo. Por lo tanto al final los artículos seleccionados son los siguientes:

Código	Ref.	Autor	Técnica Adap.	Nº citaciones
AS1	[43]	Eduardo Guzmán et al.	IRT	30
AS2	[44]	Chih-Ming Chen et al.	IRT	171
AS3	[47]	Gwo-Jen Hwang	L. Difusa	145
AS4	[48]	Alenka Kavcic	L. Difusa	51
AS5	[52]	Yi-Hsing Chang et al.	Sistemas M.A.	6
AS6	[53]	Chen Jing et al.	Sistemas M.A.	3
AS7	[55]	Mónica Menacho Jobst	R. Bayesianas	0
AS8	[56]	Michael Mayo et al.	R. Bayesianas	183
AS9	[59]	Yan-Wen Wu et al.	R. Neuronales	3
AS10	[60]	Marcello Castellano et al.	R. Neuronales	2
AS11	[63]	Harri Ketamo	S. Expertos	40
AS12	[75]	Cristóbal Romero et al.	S. Expertos	56

Tabla 7. Artículos finalmente seleccionados

Estos artículos han sido leídos detenidamente para conocer cada una de las características necesarias para la continuación de este estudio. Como son los “artículos seleccionados” se ha utilizado el nuevo código AS seguido de un número correlativo.

Como vemos, luego de ver cuáles eran los algoritmos adaptativos más utilizados, se seleccionó a 33 artículos. Por último viendo el impacto de estos artículos en la comunidad científica, mediante la cantidad de citas en otros artículos según sus bases de datos llegando a seleccionar a 12 artículos más relevantes de las distintas técnicas adaptativas seleccionadas.

Con estos artículos seleccionados a continuación analizaremos el apartado de resultados, tanto para medir la viabilidad de la implementación en un ambiente de m-Learning como también su posible impacto académico en caso de ser utilizados.

#### 4.1.4. Resultados del estudio

En este apartado se medirá la viabilidad de la implementación de las diferentes técnicas adaptativas y el impacto académico que estas técnicas puedan tener al implementarlas.

##### 4.1.4.1. Medición de la viabilidad de implementación

En esta parte se verá que tan factible es la implementación de un sistema similar al analizado en los diferentes artículos, en base a los parámetros de adaptatividad utilizados, la complejidad de las técnicas adaptativas, y el empleo que se da a la adaptatividad en cada sistema.

##### 4.1.4.1.1. Parámetros utilizados para la adaptatividad

Cada una de las técnicas adaptativas y sus implementaciones utilizan diferentes datos para la adaptatividad, a estos datos le hemos llamado parámetros utilizados para la adaptatividad. Mientras menos parámetros se utilicen y además sean menos complejos y más fáciles de obtener, será mejor para la implementación de un sistema de m-Learning, debido a las características restrictivas que tiene los teléfonos móviles, como ser: la baja capacidad de procesamiento, su dificultad de ingreso de datos, su diminuto tamaño de pantalla para la presentación de las interfaces y su limitada capacidad de memoria.

En este apartado veremos los parámetros que han utilizado en los diferentes sistemas propuestos.

Se han seleccionado los parámetros que agrupan mejor las características a tener en cuenta en un SHA. Los parámetros seleccionados de los encontrados en nuestros artículos seleccionados son los siguientes:

- **P1.** Nivel Actual del estudiante
- **P2.** Interacción del estudiante con el sistema
- **P3.** Características generales de los test
- **P4.** Características distintivas de los ítems evaluativos
- **P5.** Opinión sobre dificultad de preguntas
- **P6.** Umbral de niveles
- **P7.** Relación de requisitos
- **P8.** Preferencias de los estudiantes
- **P9.** Características psicológicas del estudiante
- **P10.** Velocidad de aprendizaje

**El Nivel Actual del estudiante (P1)**, nos dice cual es el conocimiento actual que el estudiante ha demostrado en la presente interacción con el sistema y/o anteriores interacciones con el sistema, se podría ver como la nota actual que tiene acumulada el estudiante. En nuestro artículos seleccionados es referenciado de las siguientes maneras: Nivel de conocimiento estudiante (AS1, AS2, AS5, AS7, AS8, AS9, AS10 y AS12), Evaluaciones previas del estudiante (AS6), Conocimiento preliminar (AS9), Base de datos de portafolio (AS5) y Base de datos de test de portafolio (AS5).

**La Interacción del estudiante con el sistema (P2)**, nos dice que datos va introduciendo el usuario al sistema y que datos infiere el sistema sobre el estudiante en base a esta interacción, podría verse como las respuestas que el estudiante da en diferentes pruebas, su opinión en la clase sobre los conceptos o la colección de sus materiales educativos consultados. Esta interacción es demostrada

en los artículos así: Respuestas del estudiantes (AS1, AS2, AS4 y AS10), Puntajes en test (AS5), Número de aciertos (AS3), Porcentaje de error (AS3), Porcentaje de errores cometidos (AS11), Nivel de conocimiento del estudiante por ítem (AS4 y AS8), Nodos de recolección de evidencia (AS7) y Visitas a las unidades de aprendizaje (AS4, AS10 y AS12).

**Las Características generales de los test (P3)**, nos dicen ciertas normas generales para los test, pueden verse como restricciones y normativas que tiene el test en general. Este parámetro sólo está referenciado en AS8 como: Restricciones ortográficas y Violaciones de las restricciones ortográficas.

**Características distintivas de los ítems evaluativos (P4)**, es similar al anterior pero en vez de ser una norma o característica general para todo el test, son propias de cada ítem del sistema, es como el conjunto de valoraciones individuales que se da a cada material educativo, o el puntaje diferenciado que se podría obtener en cada pregunta planteada en un examen. Están presentes de la siguiente forma: Factor de discriminación del ítem (AS1 y AS2), Dificultad de la Pregunta (AS1, AS2 y AS12), Factor de adivinar el ítem (AS1 y AS2), Probabilidad de responder un ítem (AS2), Probabilidades del concepto (AS8), Probabilidades desconocidas de los conceptos (AS8), Utilidad del ítem (AS1, AS2, AS4 y AS8), Datos de los elementos de evaluación: {descripción, escalas y pesos} (AS10), Tipo de consulta (AS10), Importancia de la consulta en el elemento de evaluación (AS10), Escala de evaluación adoptada por este tipo de consulta (AS10) y Tiempo límite en el que una respuesta debe ser dada (AS10).

**Opinión sobre dificultad de preguntas (P5)**, mediante esta característica se puede tener un feedback de los estudiantes sobre la dificultad de cada ítem del sistema. Está sólo presente en AS2 de las siguientes formas: Voto de nivel de dificultad del ítem y Número de votantes.

**Umbral de niveles (P6)**, este parámetro establece un límite que nos dice cuando un estudiante puede cambiar de nivel. Está solo presente en AS3.

**Relación de requisitos (P7)**, nos marca una relación entre diferentes ítems, es decir la influencia de uno sobre otro. Está presente de la siguiente forma: Relación de pre-requisitos entre conceptos (AS4), Relaciones entre conceptos y temas (AS7), Probabilidades de pre-requisitos (AS8) y Probabilidades de post-requisitos (AS8).

**Preferencias de los estudiantes (P8)**, son las cosas que el estudiante quiere del sistema, inclusive pueden indicarnos cambios necesarios a realizar. Estas preferencias las encontramos como: Preferencias de los estudiantes (AS6 y AS8), Adjetivos requeridos en servicios (AS6), Cuestionario para describir necesidades (AS6), Preferencia de profundidad de respuesta (AS9) y Preferencia de presentación (AS9).

**Características psicológicas del estudiante (P9)**, nos miden factores psicológicos del estudiante que interactuará en nuestro sistema, que nos facilitará la adaptación del sistema al estudiante. Debido a ser conocimientos de difícil medición y demasiado complejos para un científico de la computación, sólo lo encontramos en AS9 con las siguientes variables: Estructura cognitiva, Estilo de Estudio, Estilo Cognitivo, Nivel de desarrollo Psicológico, Motivación de aprendizaje, Coeficiente Intelectual, Personalidad y Aptitud.

**Velocidad de aprendizaje (P10)**, nos indica la rapidez con que se interactúa con el sistema, nos ayuda a ver dificultades en el aprendizaje y la atención de los estudiantes. Esta característica la vemos de las siguientes maneras: Velocidad de Aprendizaje (AS9), Tiempo de respuesta efectivo para un estudiante (AS10), Tiempo de respuesta de los estudiantes (AS11), Tiempo de entrada al sistema(AS12), Tiempo de salida del sistema (AS12) y Tiempo de lectura (AS12).

De la lectura de los artículos, podemos resumir la siguiente tabla de doble entrada, que relaciona los artículos con los parámetros identificados:

Código	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
AS1	X	X		X						
AS2	X	X		X	X					
AS3		X				X				
AS4		X		X			X			
AS5	X	X								
AS6	X							X		
AS7	X	X					X			
AS8	X	X	X	X			X	X		
AS9	X							X	X	X
AS10	X	X		X						X
AS11		X								X
AS12	X	X		X						X
<b>Total</b>	9	10	1	6	1	1	3	3	1	4

Tabla 8. Análisis de los parámetros utilizados para la adaptación

Como vemos la interacción del estudiante con el sistema (P2) es el parámetro más utilizado, esto se puede explicar porque para medir el nivel de un estudiante es necesario conocer las respuestas del estudiante, saber sus errores y aciertos; en segundo lugar está el nivel actual del estudiante (P1) que no viene a ser otra cosa que una consecuencia del anterior parámetro, es un resumen donde se le pone una nota o nivel al estudiante con certeza sobre sus conocimientos de los ítems; luego se utiliza más frecuentemente las características distintivas de los ítems evaluativos (P4), esto es porque un contenido educativo de enseñanza o evaluación está conformado de diferentes ítems que pueden tener valoraciones diferentes; también vemos que la velocidad de aprendizaje (P10) está utilizado por 1/3 de los artículos estudiados, esto se podría asimilar a una evaluación estricta en tiempo de respuesta. También vemos que la relación de requisitos (P7) y las preferencias de los estudiantes (P8) son utilizadas por 3 artículos cada una.

Esto se explica de la siguiente forma: P2 y P1 son obligatorios para cualquier material educativo, P4 es muy útil para una mejor evaluación de cada contenido educativo y P10 está bien para una clasificación más exhaustiva de los estudiantes. Por lo tanto serían los parámetros más útiles en la implementación de un SHA.

#### 4.1.4.1.2. Complejidad de las técnicas adaptativas

La complejidad de los algoritmos nos sirve para determinar, el uso de recursos que requerirán en su implementación, mientras mayor sea la complejidad de un algoritmo más recursos consumirá y necesitará tanto para su implementación como para su funcionamiento.

Se dice que  $O(f(n))$  define un “orden de complejidad” del algoritmo, es decir la cantidad de instrucciones que se ejecutaran en un algoritmo. Escogeremos como representante de este orden a la función  $f(n)$  más sencilla del mismo.

Así tendremos las siguientes posibles complejidades:

- $O(1)$            orden constante
- $O(\log n)$        orden logarítmico
- $O(n)$             orden lineal
- $O(n \log n)$    orden  $n \log n$
- $O(n^2)$           orden cuadrático
- $O(n^a)$           orden polinomial ( $a > 2$ )
- $O(a^n)$           orden exponencial ( $a > 2$ )
- $O(n!)$           orden factorial

Los algoritmos de complejidad  $O(n)$  y  $O(n \log n)$  son los que muestran un comportamiento “natural”: al doble de tiempo, doble de datos procesados. Los algoritmos de  $O(\log n)$  son de mejor rendimiento pues en el doble de tiempo pueden procesar mucho más que el doble de datos. Los algoritmos de tipo polinomio son el límite de lo “tratable”, del orden  $O(n^2)$  y  $O(n^3)$  suelen ser efectivamente abordables, pero nadie acepta algoritmos de orden  $O(n^{100})$ , cualquier algoritmo por encima de una complejidad polinómica se dice “intratable” y sólo será aplicable a problemas ridículamente pequeños.

En base a lo dicho anteriormente, aproximadamente tendremos para nuestras diferentes técnicas adaptativas los siguientes órdenes de complejidad:

Técnica Adaptativa	Complejidad de la técnica adaptativa
Sistemas Expertos	$O(n^a) \approx O(n^1)$ ó $O(n^2)$
Lógica Difusa	$O(n^a) \approx O(n^2)$ ó $O(n^3)$
Sistemas Multi-agentes	$O(m a^n)$
Redes Bayesianas	$O(n^a) \approx O(n^3)$
Redes Neuronales	$O(m c n^a) \approx O(m c n^4)$
IRT	$O(n^a) \approx O(n^3)$

Tabla 9. Análisis de la complejidad de las técnicas adaptativas

Donde,

n: tamaño de datos procesados

m: número de elementos inteligentes adaptativos

c: número de capas de una red neuronales

a: exponente de repetición de instrucciones cíclicas

Como vemos la técnica adaptativa menos compleja serían los sistemas expertos, y la más compleja los sistemas multi-agentes. En una implementación móvil la complejidad juega un papel importante, pues el equipo cuenta con poca capacidad de procesamiento, comparado con un PC normal. Sin embargo mientras más complejo es el algoritmo también es más robusto y con mejores características, una implementación con complejidad de hasta  $O(n^3)$  sería aceptable. Es decir, las técnicas de redes neuronales o de sistemas multi-agentes serían descartadas por la gran cantidad de recursos que necesitan, y estos están muy limitados en un ambiente de m-Learning.

#### 4.1.4.1.3. Uso de la adaptatividad

El uso de la informática en la educación es amplio y puede dividirse en diferentes áreas. En los diferentes SHA analizados, hemos visto que hay diferentes utilidades para la adaptatividad, pero hay algunos usos que son más recurrentes y por lo tanto más necesarios en el desarrollo de un SHA.

En la siguiente tabla hacemos un resumen de los usos encontrados de las técnicas adaptativas en los diferentes SHA. Este es el resumen:

<b>Código</b>	<b>Uso de la adaptatividad</b>
AS1	Evaluación de conocimiento y presentación de conceptos
AS2	Presentación y recomendación de contenidos y evaluación de conocimiento
AS3	Evaluación y guía de contenidos
AS4	Evaluación de conceptos y Generación de unidades de aprendizaje
AS5	Generación de cursos y tests
AS6	Búsqueda, enseñanza y evaluación
AS7	Presentación de temas y evaluación de ejercicios
AS8	Tutor inteligente de capitalización y puntuación en Inglés, Problemas de completado y feedback sobre los errores cometidos
AS9	Responder a preguntas del alumno, mediante diferentes vías: figuras, sonidos y letras, según la profundidad de respuesta y el patrón de presentación que el alumno decida y se ajuste a sus características individuales.
AS10	Evaluación Formativa
AS11	Evaluación y presentación de conceptos
AS12	Enseñanza de conceptos y evaluación del cálculo de nivel del estudiante

Tabla 10. Análisis del uso de la adaptatividad

Como vemos las principales funciones desarrolladas en la bibliografía sobre SHA son: Evaluación de conocimiento y presentación de conceptos, que son las principales funciones de la actividad docente. Vemos también que se puede hacer una generación dinámica tanto de los temas como de los test a utilizar. Por último vemos que el sistema también puede interactuar con el estudiante, recomendándole una ruta de aprendizaje, e indicándole una retroalimentación de sus acciones, ya sea indicándole un error o recomendándole una determinada actividad, además el sistema puede ajustarse a las características y preferencias de los estudiantes.

#### **4.1.4.2. Medición del impacto académico**

En el anterior apartado hemos visto que tan factible es implementar una técnica adaptativa concreta, el presente apartado trata de ver la utilidad de dicha implementación con respecto a la literatura existente,

Primeramente mediremos lo utilizado que ha sido cada técnica adaptativa en la literatura existente a través de la media de citaciones por cada técnica adaptativa. Luego veremos que pruebas han hecho los autores de los sistemas sobre sus programas, para identificar las fortalezas y debilidades. Finalmente veremos si estos autores consultan a los usuarios/estudiantes sobre la implantación de sus SHA, y de ser positivo trataremos de ver qué opinión tienen los estudiantes sobre el uso real de los sistemas de e-Learning.

##### **4.1.4.2.1. Media de citaciones por artículo de cada técnica adaptativa**

En base a los 33 artículos seleccionados primeramente de las técnicas adaptativas más recurrentes, calcularemos la media de citaciones por artículo que tiene cada técnica adaptativa.

Primeramente veremos cuantas citaciones en total tiene cada técnica adaptativa, luego veremos cuantos artículos se han considerado por cada técnica adaptativa, y finalmente haremos una división

del número total de citas por cada técnica adaptativa sobre el número total de artículos encontrados por cada técnica, y este resultado nos dará la media de citas por un artículo de las técnicas adaptativas.

El resumen del cálculo anteriormente indicado es el siguiente:

Técnica Adaptativa	Citaciones en artículos	Número de artículos encontrados	Media de citas de la técnica adaptativa
Sistemas Expertos	203	13	15.62
Lógica Difusa	242	5	48.4
Sistemas Multi-agentes	9	3	3
Redes Bayesianas	187	4	46.75
Redes Neuronales	6	4	1.5
IRT	202	4	50.5

Tabla 11. Análisis de las medias de las técnicas adaptativas

Como vemos la IRT es la técnica que tiene una media de citas por artículos más elevado, esto se debe a que es una técnica adaptativa más completa y definida en el ámbito de e-Learning. Luego la lógica difusa es la siguiente técnica con más media por artículo, esto se debe a que es una técnica estable y no muy compleja de implementar. Luego vemos que en tercer lugar, se ubican las redes bayesianas, esto es porque si bien es complicado la inicialización de la red, esta técnica está soportada por una teoría estadística bastante fuerte. Luego vemos que están los sistemas expertos, estos sistemas vemos que tienen la mayor cantidad de citas y de artículos encontrados, son la técnica más sencilla de implementar, lo malo de ellos es que a veces tienden mucho a la especialización y son difíciles de generalizar, habiendo muchos tipos diferentes de los mismos. Por último vemos que están los Sistemas Multi-agentes y las Redes Neuronales, que si bien pueden ser técnicas muy robustas, su implementación muchas veces es compleja y la cantidad de recursos que necesitan pueden ser un impedimento para implementarlos.

#### 4.1.4.2.2. Utilización de pruebas con el sistema

En este punto analizaremos las pruebas realizadas a los diferentes SHA por sus autores, estas pruebas nos sirven para validar ciertas cosas, como ser el impacto educativo y el correcto funcionamiento del software.

Las pruebas que miden el impacto educativo son fundamentales para una futura implementación de m-Learning, nos ayudan a determinar si el sistema ayuda a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Las comparaciones que se pueden realizar son diversas: se puede comparar la mejora académica de un grupo de estudiantes que utiliza el sistema (grupo experimental) contra la que tiene un grupo que no utiliza el sistema (grupo de control), se puede comparar la mejora que tiene un curso académico que empieza a implantar el sistema contra los datos históricos del mismo curso impartido en años anteriores, se puede comparar la mejora académica de un grupo experimental que usa un sistema adaptativo contra la de otro grupo de control que usa un sistema sin adaptatividad, también se puede comparar la evolución de los conocimientos de un estudiante desde antes de usar el sistema (con un pre-test) contra el nivel que adquiere luego de usar el sistema (mediante un post-test).

Por otro lado las pruebas de validez del software no son objeto de nuestro estudio, nos dirán el correcto funcionamiento del software, y los algoritmos que pueden proporcionar los mejores rendimientos al sistema, utilizando pruebas de la ingeniería del software.

En base a lo anteriormente dicho, primero haremos un resumen de que pruebas han hecho los diferentes artículos analizados y luego describiremos más en detalle las pruebas realizadas por cada autor.

Código	Pruebas de Impacto Educativo	Pruebas de validez del software
AS1	X	
AS2	X	
AS3	X	
AS4	X	
AS5	X	
AS6	X	
AS7		X
AS8	X	X
AS9	-	-
AS10	X	
AS11	X	
AS12		X
<b>Total</b>	9	3

Tabla 12. Análisis del uso de pre y post test en los estudiantes

Como vemos la mayoría realizo pruebas del impacto educativo, solamente AS8 hace ambos tipos de pruebas. A continuación describimos todas las pruebas realizadas por los autores de los artículos.

En **AS1** se han realizado las siguientes pruebas:

- Se midieron las puntuaciones de los exámenes de los años antes y después de la implantación de la adaptatividad.
- Se midió el número de sesiones válidas antes de los exámenes, luego de la implantación de la adaptatividad.
- Se midió el número de sesiones por el número de usuarios (la mayoría 1 sesión).
- Se midió el número de sesiones por el número de días antes del examen (la mayoría en los tres últimos días).
- Se comparó los promedios de los estudiantes antes y después de la adaptatividad en diferentes años, se mejora el 8.6% ( $\pm 9.8\%$  con una confianza del 95%).
- Se midió las puntuaciones de los exámenes de una asignatura anual en dos periodos, uno de los periodos antes de implementar la adaptatividad y otro luego de la implementación de la misma.
- Compararon los resultados de un pseudo-grupo de control (sin adaptatividad voluntariamente en ambos test) con un pseudo-grupo experimental (con adaptatividad voluntariamente en el segundo test), fue voluntario pues no se podía dar menos o más oportunidades a los estudiantes. Se ve que ambos grupos tuvieron resultados similares en el primer test pero el grupo experimental tuvo una puntuación significativamente mejor en el segundo test.
- Se realizó una comparación en pares (2 test) para ver la mejora de los estudiantes del grupo de control y del grupo experimental en los dos test (en el grupo experimental la mejora es positiva y estadísticamente significativa y en el grupo de control es positiva pero no significativa). La mejora del grupo experimental es del 27.6% ( $\pm 15.3\%$ ) con una confianza estándar del 95%. El rendimiento

del grupo de control decreció, pero en una cantidad insignificante (0.71%).

- También se comparo el número de sesiones por las calificaciones obtenidas en los exámenes, hay una pequeña correlación lineal casi insignificante.

Las pruebas en **AS2** fueron las siguientes:

- Ajustes de la dificultad de los materiales de los cursos por medio de votación, gradualmente se estabiliza el nivel de los materiales con más votos.

- Adaptación de la capacidad de los aprendices (estudiantes), gradualmente se estabiliza su nivel con el uso del sistema.

- Se midió la relación entre la dificultad de los materiales educativos visitados con la capacidad de los estudiantes, la dificultad tiende a caer mientras mayor es la capacidad.

- Se midió la relación entre la dificultad de los materiales educativos recomendados con la capacidad de los estudiantes, la dificultad se mantiene a la par de la capacidad (están fuertemente correlacionadas).

En **AS3** las pruebas fueron las siguientes:

- De pre y post test, se eligió a 60 estudiantes de dos clases, se los dividió en dos grupos de 30 alumnos cada uno: A y B.

- El grupo A recibió formación y evaluación on-line clásica (nada de adaptatividad) y el grupo B que recibió una guía de aprendizaje con sugerencias de aprendizaje y tareas vistas relevantes después de cada prueba realizada.

- En el pre-test el grupo A (83.067) fue bastante mejor que el grupo B(79.067).

- En el post-test el grupo B(82.149) fue mejor que el grupo A(73.38), recibiendo una importante mejora.

Se puede decir que el nuevo sistema es útil, pero hay otras características a parte de la adaptatividad de guía de conceptos: sugerencias de aprendizaje y tareas vistas relevantes después de cada prueba realizada.

Las pruebas en **AS4** fueron las siguientes:

- En un curso de Introducción a Java con 80 estudiantes de primer año de informática, todos principiantes en java, se los ha distribuido aleatoriamente en tres grupos A (27, utilizaron un sistema totalmente adaptativo: color y links), B (27, con el sistema parcialmente adaptativo: links) , y C (26, con el sistema nada adaptativo). Es decir se probó 3 versiones del sistema: uno adaptativo y con notación de colores, otro adaptativo sin color, y otro no adaptativo.

- Se hizo un pre test para inicializar el modelo del usuario, y los valores pueden ser completamente aprendido o continuar como completamente desconocido.

- Luego, otro corto pre-test para antes de asignar a los grupos A, B, C. Se vio que no había diferencias significativas de conocimiento en los tres grupos aleatorios.

- Finalmente un post-test después de una hora trabajando con el sistema
- Se midió los resultados de los post-test y las rutas de navegación de los contenidos. Se esperaba que los grupos A y B, tengan un mejor rendimiento, sin embargo y para sorpresa de los investigadores los tres grupos tuvieron un rendimiento muy similar.
- Luego se miró en los logs de los sistemas, y se dieron cuenta de que la mayoría de los estudiantes no utilizó las características adaptativas (55), entonces se hizo una comparación de los estudiantes que usaron las características adaptativas y los que no, y se vio que en media los estudiantes que utilizaron las características adaptativas (25) obtuvieron más dos puntos que los que no utilizaron.
- Se evaluó el nivel de mejora del promedio de los estudiantes en un curso de java, en el examen final se vio que el promedio de los estudiantes subió una media del 26%.
- Sobre la diferenciación de la adaptación gráfica mediante colores se ve que no tiene una influencia significativa.
- Sobre el grado de satisfacción y usabilidad del sistema los estudiantes se mostraron complacidos y vieron como una buena alternativa de aprendizaje.

En **AS5** las pruebas fueron las siguientes:

- Se hicieron un pre-test y un post-test con 57 estudiantes del lenguaje C, para ver la variación de los puntajes. Pre-test para obtener el nivel inicial del aprendiz en el sistema y el post-test de conocimiento en base al rendimiento del estudiante en el sistema.
- El puntaje del 86% de los estudiantes aumentó, donde un 49% aumento 20 puntos, y 3 estudiantes aumentaron 40 puntos.
- La media de las puntuaciones del post-test es casi 20 puntos mayor que la media del pre-test. Media pre-test: 28.84, Media post-test: 44.84.

Las pruebas en **AS6** fueron las siguientes:

- Se seleccionó a 30 estudiantes con background homogéneo para ver la relación entre el tipo de personalidad del estudiante y la estructura preferida del contenido de aprendizaje. Los estudiantes realizaron el test MBTI (ampliamente usado en el campo de la educación) para identificar su tipo de personalidad, revelando que 9 fueron no cooperativos, 12 cooperativos y 9 pro activos. Todos los participantes fueron estudiantes de grado (pre-grado), edad entre 18-25, enrolados en el curso de ciencias de la computación.
- Se ha comparado el enfoque tradicional de e-Learning (sin adaptatividad) con el uso del sistema. En el enfoque tradicional de e-Learning: Los estudiantes pro-activos leen más rápido y obtienen mejores resultados, los estudiantes cooperativos gastan un tiempo intermedio pero tienen los peores resultados, en cambio los estudiantes no cooperativos gastan mucho más tiempo pero obteniendo un rendimiento intermedio. En el sistema propuesto: los estudiantes pro-activos son mejores en tiempo y en puntaje que los estudiantes cooperativos y no cooperativos, y los estudiantes cooperativos son mejores en tiempo y en puntaje que los estudiantes no cooperativos. Lo que significa que el sistema es mejor para los estudiantes pro-activos y cooperativos que tienden a tener un aprendizaje holístico (una visión global). También nos dicen que los estudiantes tendrán un mejor rendimiento si los materiales educativos están bien emparejados con su tipo de personalidad en el proceso de aprendizaje.

En **AS7** se realizaron pruebas de caja negra y de caja blanca para ver la correcta funcionalidad del software. La primera es para ver la correcta funcionalidad del software y la segunda para corregir errores de codificación, luego de estas y las respectivas correcciones el sistema quedó funcionando correctamente.

Las pruebas en **AS8** fueron dos: una simple para ver si el sistema no fallaba y otra completa con estudiantes de verdad.

- En la prueba simulada, se analizaron los buenos y los malos estudiantes. A los buenos estudiantes se les daba un problema cada vez más difícil, aumentando de a poco el reto, a los estudiantes malos que cometen muchos errores, se les proporcionaba retroalimentación de sus errores y no se les daba el mismo problema dos veces seguidas, igual como lo hacen los tutores humanos, y se vio que el sistema respondió. Esta prueba se hizo simulando el comportamiento que se cree tendría un alumno real.

- En la prueba real, se utilizaron tres clases de niños entre 9 y 10 años, la clase A sin tutor (grupo de control), la clase B con la primera versión del sistema (elección randómica del contenido/preguntas y selección del mensaje de error) y la clase C con el sistema adaptativo. Los grupos B y C realizaron sesiones de 45 minutos durante toda la duración de las clases. Se trabajo por pares (parejas) de estudiantes.

- Se vio que los estudiantes del grupo B obtuvieron las mejores puntuaciones, los del grupo C tuvieron más errores recurrentes, luego se comprobó con los profesores que esto se debe a que el grupo C era de los peores estudiantes, por lo tanto en vez de elegir los grupos por clases una mejor elección era hacerlo randómicamente. El grupo B también tardó más en leer los contenidos y realizó más intentos de resolver los problemas presentados, pidieron más explicaciones, lo único que el número de intentos en los problemas que pudieron resolver fue menor que el grupo C, se cree que esto se debe al correcto feedback.

Esta es la comparación de los grupos adaptativos B y C:

	<b>Grupo-B</b>	<b>Grupo-C</b>
Número de Pares	16	14
Promedio de interacción de tiempo por pares en minutos	80.9	115
Promedio de intentos	109.7	167.3
Promedio de problemas resueltos por par	29	22
Promedio de número de intentos por par	34	30
Promedio de intentos por problema resuelto	5.8	5.5
Promedio de explicación pedida por par	10.3	18

- Además se hicieron pre y post test con problemas parecidos a los del sistema pero con papel y lápiz. En el pre test los promedios medios de los grupos A, B y C, son: 55%, 58% y 51% respectivamente. En el post test los promedios medios de los grupos A, B y C, son: 48%, 63% y 61% respectivamente.

Vemos que el grupo A sin uso del sistema en vez de mejorar ha empeorado, el grupo B con un sistema sin adaptatividad continúa siendo el mejor, aumentando 5%, el grupo C con el sistema adaptativo ahora es el segundo pero ha aumentado más en promedio (10%). El caso del grupo A se puede explicar en que no están muy entrenados con este tipo de problemas, a diferencia de los grupos B y C, los el grupo B son muy buenos estudiantes y siguen siendo los mejores, pero gracias al sistema adaptativo el grupo C a mejorado mucho su anterior rendimiento.

En **AS9** se podría decir que no se realizaron pruebas, simplemente se dice que colgaron el sistema en internet, que les gustó a los estudiantes, pero no aporta mayores detalles.

Las pruebas en **AS10** fueron así: Se tomaron 4000 muestras de estudiantes.

- Primer se realiza un pre-test donde se clasifica a los estudiantes entre cualificados (A) y con déficit formativo (B).

- Luego se realiza un post-test, donde se ve como los estudiantes con el uso del sistema parten desde (B) hasta llegar a (A), mejorando su rendimiento académico.

En **AS11** las pruebas fueron realizadas en dos etapas, con niños de pre-escolar de seis años:

- En la primera etapa se seleccionó dos grupos experimentales 1(n=21) y 2(n=20) de estudiantes (uno con material educativo para PC estático y el otro dinámico), y el grupo de control(n=30) que no recibió este soporte, los dos grupos experimentales mejoraron su rendimiento casi de igual forma, y un poco más que el grupo de control. Además en esta etapa se comprobó la mejora en el rendimiento de los malos estudiantes, estudiantes promedio y los buenos estudiantes, los que más mejoraron fueron los estudiantes promedio, seguidos pero de lejos por los estudiantes malos, y los que menos mejoraron fueron los buenos estudiantes.

- En la segunda etapa se desarrolló un juego adaptativo para PDAs, y sólo se tuvo un grupo experimental 3 (n=17), en esta etapa solo se comprobó la mejora en el aprendizaje de los estudiantes con bajas habilidades y los estudiantes promedios (no habían estudiantes sobresalientes), como resultado se vio que los que más mejoraron fueron los estudiantes con bajas habilidades, aunque también cometieron mayor cantidad de errores.

- En la primera etapa eran dos juegos ligeramente diferentes para PCs, la segunda etapa eran para PDAs, le midió la facilidad de Uso, pues se comprobó que es más fácil utilizar una PDA con pantalla táctil que un PC con mouse.

Falta distinguir cuando se comete fallos por no saber y cuando por cansancio.

Las pruebas en **AS12** fueron sobre la comparación del tiempo de ejecución y el número de reglas descubiertas, entre la utilización del algoritmo Apriori y el algoritmo Evolutivo. El primero siempre fue más rápido y descubrió más reglas, eso es bueno, porque significa que el algoritmo Evolutivo es más selectivo.

#### **4.1.4.2.3. Opinión de los estudiantes**

La opinión de los estudiantes, nos es útil para ver las falencias y fortalezas de los SHAs, es esencial para temas como la usabilidad del software y es una guía en ambiente real de los programas diseñados e implementados desde el punto de vista del desarrollador o el profesor. Primeramente haremos una tabla resumen de que artículos toman y cuáles no en cuanto la opinión de los estudiantes (Parcialmente significará que simplemente menciona algo de ello pero sin aportar mayores datos), luego explicaremos un poco más de las pruebas realizadas en los diferentes artículos.

Vemos en la siguiente tabla, que sólo 3 artículos han tomando en cuenta la opinión de sus estudiantes, 2 artículos simplemente los mencionan y la mayoría (7) ni siquiera hablan de esto.

Código	Sí Tomados en Cuenta	No Tomados en Cuenta	Parcialmente
AS1			X
AS2	X		
AS3		X	
AS4	X		
AS5	X		
AS6		X	
AS7		X	
AS8		X	
AS9			X
AS10		X	
AS11		X	
AS12		X	
Total	3	7	2

Tabla 13. Análisis de la opinión sobre el sistema de los estudiantes

Este es el análisis de la opinión de los estudiantes en los artículos que la tienen:

**En AS1**, Sólo dice que la retroalimentación (feedback) de los estudiantes fue positiva.

**En AS2**, la satisfacción y opinión de los estudiantes se ha medido de dos formas:

1. En base a las respuestas del sistema:

- ¿Usted entiende este material? (0 es no y 1 es sí).

Según el promedio de las respuestas, los aprendices entienden un 0.825 de los materiales presentados (muy cerca a uno, que nos dice que la recomendación es buena).

Según el promedio de cada material, en promedio los materiales son entendidos en un 0.837, que también es un promedio muy alto.

- ¿Usted que piensa acerca de la dificultad del material del curso recomendado? (0: muy fácil, 1: fácil, 2: moderado, 3: difícil, 4: muy difícil).

Desde el punto de vista de los estudiantes el promedio es de 1.815, y desde el punto de vista de los materiales 1.573, que está más cerca a dos, lo que significa que los materiales son moderadamente difíciles.

2. En base a un cuestionario posterior al aprendizaje, de cuatro preguntas medidos en una escala de satisfacción de cinco puntos: muy satisfactorio/muy adecuado, satisfactorio/adecuado, neutral/moderado, insatisfactorio/inadecuado, y muy insatisfactorio/muy inadecuado.

- (1) Qué crees de los cinco cursos más recomendados por nuestro sistema son apropiados?
- (2) Qué crees de dar un orden de ranking más bajo a los materiales del curso inapropiados?
- (3) Los servicios de personalización de nuestro sistema cumplieron tus requerimientos?
- (4) El proceso de enseñanza/aprendizaje proveído por nuestro sistema cumplió tus requerimientos?

La mayoría de las respuestas (aproximadamente el 85%) se situó entre los niveles satisfactorio/adecuado y neutral/moderado, en las tres primeras preguntas la mayoría se situó en el nivel satisfactorio/adecuado/ y en la cuarta neutral/moderado.

**En AS4**, la satisfacción y opinión de los estudiantes se midió así: eran 80 estudiantes de primer año de informática, todos principiantes en java, se los ha distribuido aleatoriamente en tres grupos A (27, totalmente adaptativo: color y links), B (27, parcialmente adaptativo: links) , y C (26, nada adaptativo).

Primero se les dio cuestionarios para dar la opinión subjetiva sobre el sistema. Las preguntas eran puntuadas en una escala del 1 al 5. Finalmente los resultados dados por los estudiantes son los siguientes:

Sobre la facilidad de uso, los usuarios de los tres grupos la consideraron bastante fácil de usar.

La mayoría de los estudiantes disfrutaban utilizando el sistema, un poco menos para el grupo C.

A la gran mayoría de los estudiantes de los grupos A (96%) y B(92%) le gustaría usar el sistema en el futuro, un poco menor a los del grupo C(65%).

El sistema tiene una buena usabilidad, lo que significa que está bien diseñado.

La mayoría quiere utilizar el sistema y tomar test para ver su rendimiento.

El uso de color está muy bien visto, les gusta a los estudiantes, aunque no se ve que influya realmente según los resultados del post-test.

El uso de los links de guías/referencia fue realmente bajo.

**En AS5**, la satisfacción y opinión de los estudiantes se midió de la siguiente forma: Se utilizó con los 57 estudiantes un cuestionario de ocho preguntas con la siguiente escala: 1. Fuertemente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Inseguro, 4. De acuerdo, 5. Fuertemente de acuerdo. Las medias de las respuestas de los estudiantes fueron las siguientes:

1. Yo siento que el diseño instruccional del sistema realmente me ayuda en el estudio (3,87).
2. El sistema provee ficheros de procesamiento del aprendizaje ayudando mi progreso de aprendizaje y mejorando mi eficiencia de aprendizaje (3,69).
3. El sistema provee materiales instruccionales y tests adaptativos de acuerdo a mi velocidad y capacidad de aprendizaje (3,76).
4. El sistema provee materiales y test personalizados según mis debilidades de aprendizaje (3,87).
5. Yo leo muchos contenidos de los cursos a fondo o difíciles en el sistema (2,48).
6. El sistema provee los mejores atajos de aprendizaje y es útil para captar nuevo aprendizaje (3,65).
7. El sistema recuerda las retroalimentaciones puestas lo cual reduce el posible tiempo gastado en discusiones (3,83).
8. Después de completar el aprendizaje del curso, puedo estudiar más acerca del lenguaje de programación (4).

Este estudio arroja los siguientes resultados:

1. El sistema puede proveer materiales de enseñanza de acuerdo al nivel del estudiante.
2. El sistema puede crear cursos individuales para el estudiante de acuerdo con analizar las causas de la ineficiencia del aprendizaje, así los estudiantes tendrán más conocimiento desde el sistema y el sistema ayudará al estudio de los estudiantes.
3. De la pregunta 1 a la 3, la mayoría de los estudiantes están de acuerdo que el sistema les puede ayudar a aprender el lenguaje C y a obtener cada vez más conocimiento de programación cada vez que el estudiante utilice el sistema.

4. De la pregunta 4 a la 8, la mayoría de los estudiantes piensan que el curso adaptativo y curso personalizado son buenos para el aprendizaje y satisfacer los requerimientos del estudiante.

**Finalmente en AS9**, sólo indica que los estudiantes creyeron que se adaptaba mejor a sus preguntas que otros sistemas. Se dice que colgaron el sistema en internet y este les gustó a los estudiantes, pero no aporta mayores detalles.

#### **4.1.5. Conclusión y discusión final de la revisión**

En este estudio hemos encontrado poca documentación en técnicas adaptativas en el ámbito de m-Learning, pero hemos analizado las técnicas adaptativas utilizadas en e-Learning y los sistemas de m-Learning para realizar nuestra investigación.

El principal uso de las técnicas adaptativas vienen a ser sistemas expertos, esto tiene como positivo que son más fáciles de implementar y como negativo que tienen una menor base teórica. Luego sistemas computacionalmente más robustos como las redes neuronales o los sistemas multiagentes son prácticamente inviables en el ámbito del m-Learning. La lógica difusa y las redes bayesianas necesitan de un gran conjunto de datos de entrenamiento previo.

Sobre los parámetros de adaptatividad utilizados vemos que los esenciales son el nivel del estudiante, la interacción que el estudiante tiene con el sistema, y los diferentes valores que se les da a cada ítem educativo en el sistema.

Los principales usos que se han dado a los SHA son de evaluación de conocimientos y la presentación de conceptos.

Por otro lado vemos que las técnicas más referidas en la literatura de SHA son: IRT, lógica difusa, redes bayesianas y sistemas expertos, respectivamente, hay poca referencia sobre redes neuronales o sistemas multiagentes.

Además se ha visto que se ha hecho algunas evaluaciones del impacto educativo de los SHA a través de pre y post test en los estudiantes lo cual es muy significativo porque indica si el esfuerzo de la implementación de estos sistemas tiene utilidad práctica en materia docente, también podemos afirmar que se ha tomado poco en cuenta la opinión de los estudiantes sobre el uso de los SHA y sus sugerencias.

En síntesis se podría decir que los estudios basados en sistemas expertos, lógica difusa, redes bayesianas e IRT pueden ser reproducibles en el móvil, en cambio multiagentes y redes neuronales y las otras técnicas necesitarían más potencia computacional. Además vemos que la lógica difusa y las redes bayesianas necesitan un gran conjunto de datos de entrenamiento inicial y que los sistemas expertos pueden ser de poca base teórica, con lo cual concluimos que la mejor implementación de un SHA en el ámbito del m-Learning sea por IRT.

## **4.2. Descripción de la solución implementada**

### **Resumen**

En el presente apartado describiremos la implementación de la técnica adaptativa de la Teoría de Respuesta al Ítem (IRT) en un ambiente de m-Learning (Educamovil [94] y [95] de Telefónica I+D). Esta implementación tiene como principal objetivo mejorar la adaptatividad de Educamovil tanto en la presentación de contenido educativo como la adaptación a diferentes pantallas de teléfonos móviles.

Primeramente explicaremos la situación actual del proyecto Educamovil, su funcionamiento y sus necesidades planteadas. Luego explicaremos la propuesta de implementación de la técnica adaptativa IRT en este ambiente de m-Learning. Finalmente describiremos las pruebas realizadas con nuestra implementación y presentaremos las conclusiones parciales de este planteamiento.

#### 4.2.1. Contexto actual de Educamovil

Educamovil [94] y [95] es un proyecto de software desarrollado por Telefónica I + D en J2ME [89] y [90]. Educamovil ha sido probado previamente en una escuelita de bajos recursos de Lima Perú para ver su impacto educativo y la satisfacción en usuarios reales [94].

Este proyecto tiene dos partes principales, una parte servidor para PC que se encarga de la creación de contenido y la distribución de los mismos a diferentes móviles, y otra parte cliente, que es un programa móvil J2ME que se encarga de presentar al usuario los ítems educativos y evaluar la interacción del usuario con el sistema, en un ambiente de juego, además existe una parte común a ambas aplicaciones que permite la definición de elementos comunes como: lecciones, excepciones, preguntas, etc. Como vemos en el siguiente diagrama de componentes, la parte cliente del móvil y la parte servidor del ordenador, se comunican mediante Bluetooth.

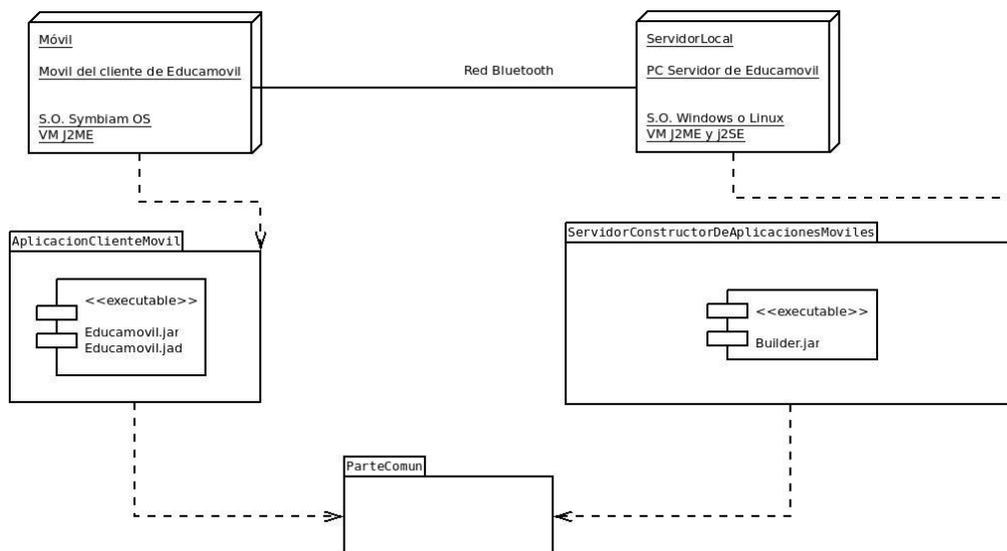


Figura 1. Diagrama de Componentes de Educamovil

Estas dos partes están compuestas por muchos campos necesarios para la interacción, explicaremos brevemente como sería la relación de los mismos y la describiremos en un diagrama de entidad-relación.

En primer lugar diremos que un servidor puede interactuar con múltiples clientes, en cambio un cliente sólo puede interactuar con un servidor, el cual fue quien creó a esta aplicación cliente.

La aplicación servidor presenta los siguientes “campos lógicos” (no se corresponden plenamente con la implementación física) que describen su comportamiento: la MacServidor, que nos dice la dirección Bluetooth del ordenador donde corre la aplicación servidor; la MarcaDeTiempo, que indica la fecha y hora en la cual se ha creado una aplicación cliente para ser distribuida a diferentes móviles; el SistemaOperativoServidor, que nos indica en que sistema operativo corre nuestro servidor; y finalmente el VectorLeccionesXNivel, el cual es un vector en donde están todos los ítems educativos clasificados por nivel.

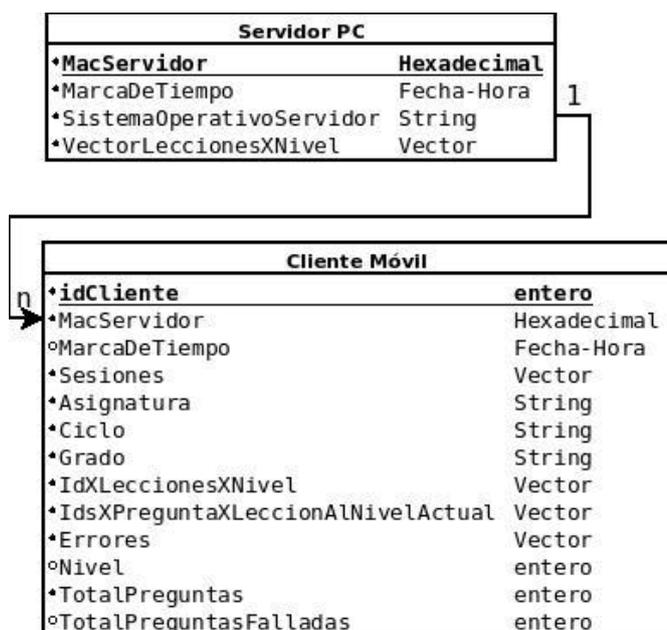


Figura 2. Diagrama E-R “lógico” entre el cliente y el servidor

Como indicamos anteriormente un servidor puede tener muchos clientes, y un cliente un solo servidor, que se comunican mediante Bluetooth, esto vemos en el siguiente diagrama de red, donde vemos la interacción de los teléfonos móviles clientes con el ordenador servidor a través de Bluetooth:

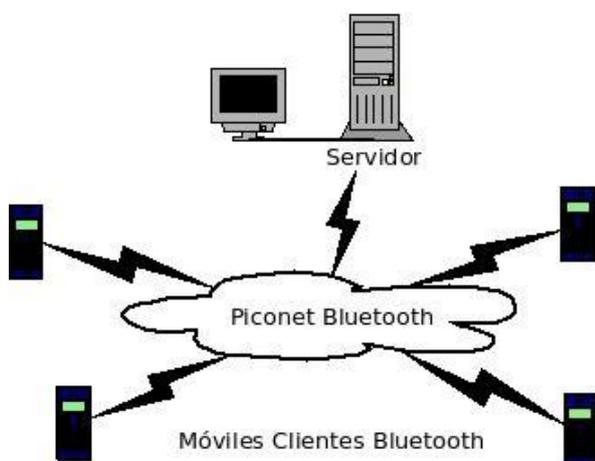


Figura 3. Diagrama de Red de Educamovil

Indicaremos que la comunicación mediante Bluetooth en Educamovil es manual, es decir no es algo que esté dentro del proyecto Educamovil, para enviar a los móviles la aplicación generada por el servidor, hay que buscarla en la PC y enviarla por Bluetooth como se enviaría cualquier fichero, lo mismo cuando queremos mandar los resultados de la interacción del usuario con la aplicación cliente ya instalada en el móvil, hay que buscar su modelo de usuario y enviarlo como se enviaría cualquier fichero de música al ordenador servidor.

#### 4.2.1.1. Funcionalidad de Educamovil

Como hemos dicho el proyecto Educamovil consta de dos partes: la parte cliente y la parte servidor. En este apartado describiremos el funcionamiento inicial de cada parte del proyecto Educamovil, empezando por la parte servidor y luego la parte cliente.

## - La parte servidor

Esta parte está instalada en el ordenador desde donde el profesor construirá las lecciones y preguntas para luego distribuirlas a sus alumnos, y consta de tres partes principales: el constructor de lecciones, el seguimiento de alumnos, y el repartidor de lecciones.

**a) Constructor de lecciones:** En esta parte el profesor se encarga de construir las lecciones y preguntas para sus alumnos.

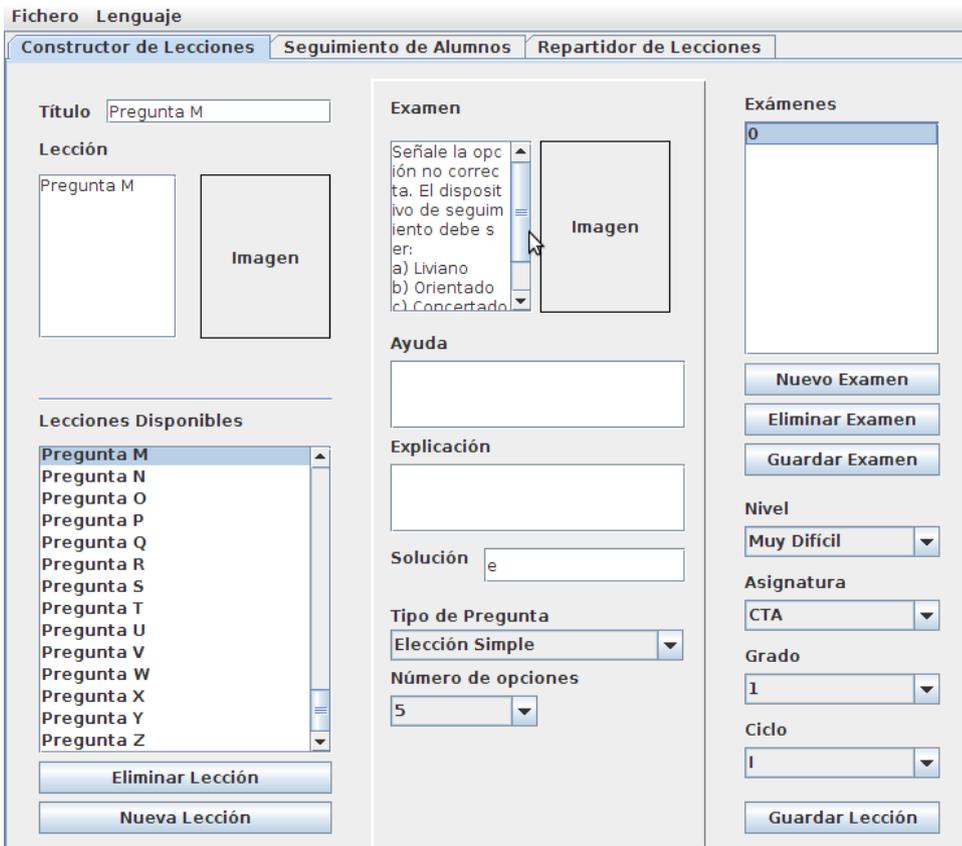


Figura 4. Constructor de lecciones

Como vemos en la figura en la parte izquierda se crean las lecciones y en la parte derecha sus preguntas o exámenes.

**b) Seguimiento de Alumnos:** En esta parte vemos la interacción del alumno con el sistema.

Por ejemplo vemos en la imagen 5 los datos del alumno, su usuario y nivel, además seleccionándolo vemos como ha interactuado detalladamente con el sistema, que secuencia de preguntas se le han presentado, su calificación en cada pregunta, el tiempo de respuesta, y si ha pedido alguna ayuda o explicación al sistema.

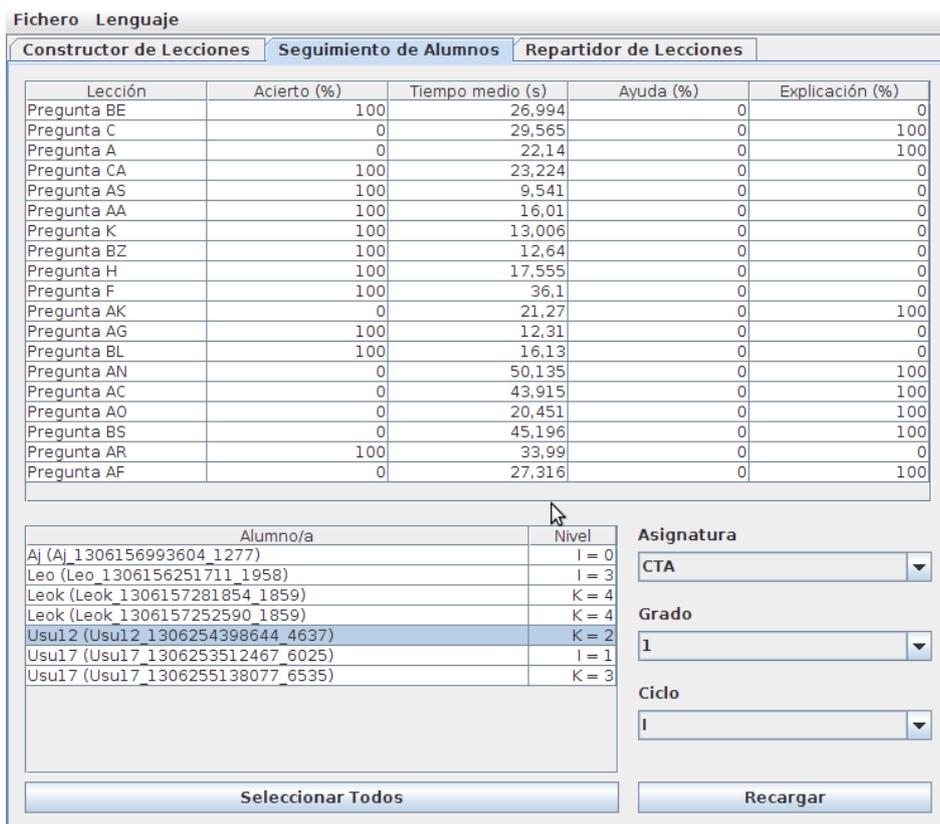


Figura 5. Seguimiento de alumnos

c) **Repartidor de lecciones:** En esta parte el profesor selecciona las preguntas/lecciones para construir la aplicación cliente.

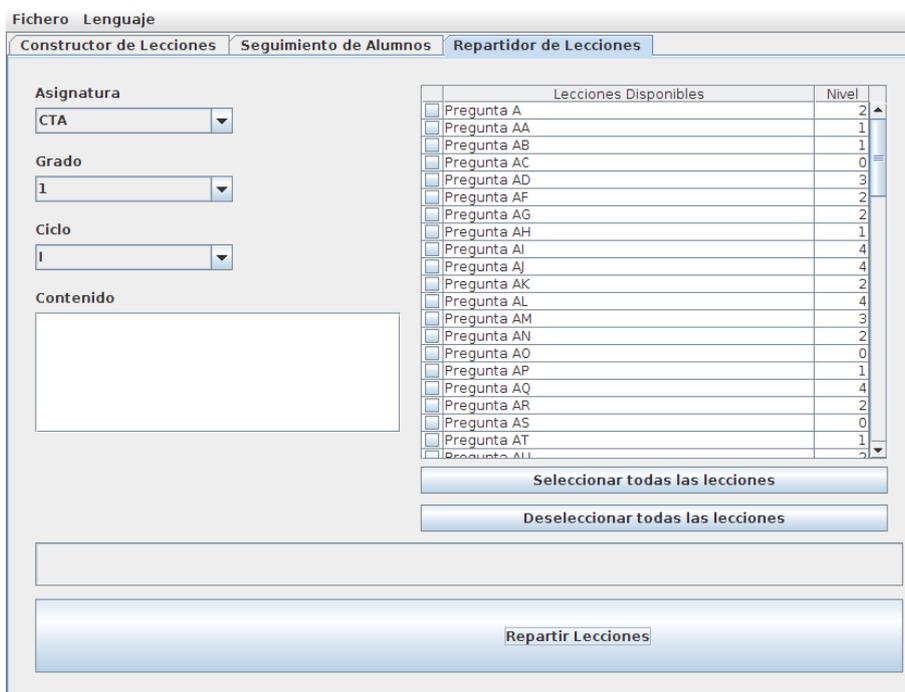


Figura 6. Repartidor de lecciones

Luego al pulsar “Repartir Lecciones” genera la aplicación cliente que será enviada a los móviles de los estudiantes manualmente mediante Bluetooth.

**d) Módulos de la parte servidor:** Aquí se hará un pequeño esbozo de los módulos de los que consta la parte servidor.

- Configuración y Diccionario, con todos los datos fijos de pantalla, juegos, carpetas, rutas, sistemas operativos, etc., ya sean de tipo cadena o numérico.
- Constructor, es la interfaz de usuario ya explicada.
- Proceso de repartir el juego, genera nuevos datos, los compila y forma una nueva aplicación cliente.
- Gestión de la interfaz, interacción entre la interfaz y los demás módulos.
- Parseador, transforma los datos introducidos en datos java para la compilación.
- Información estadística, muestra el resumen de la interacción del usuario con el sistema.
- Escritor de ficheros, utilidades de generación de código java, compilación y generación y modificación de ficheros .jad o .jar.

### - La parte cliente

Esta es una aplicación generada por el servidor y distribuida a los teléfonos móviles de los estudiantes, la cual debe ser instalada, detallaremos las partes más esenciales de la misma.

**a) Pantalla de login:** es donde el estudiante pone un usuario para luego ser identificado en el sistema servidor.

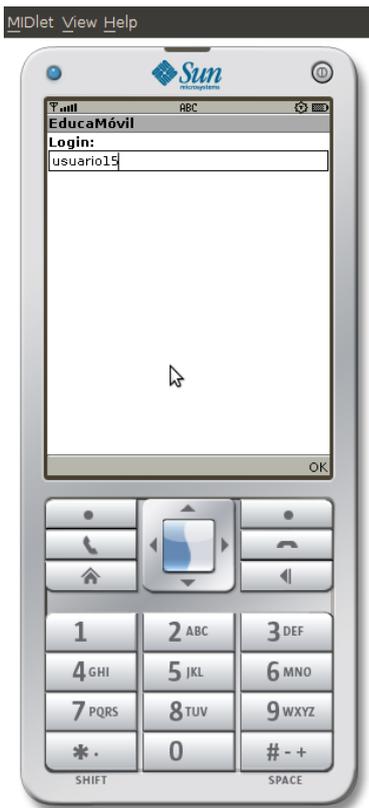


Figura 7. Pantalla de login



Figura 8. Menú Inicial del juego Snake

**b) Menú inicial juego Snake:** inicialmente se le presenta al usuario un menú que puede seleccionar si quiere jugar, ver los puntajes mayores o las instrucciones, para ver la parte educativa el usuario debe jugar.

c) **Presentación del juego:** en esta parte vemos como es el juego de la viborita, al comer cierto tipo de comida se presentará una lección y pregunta educativa al estudiante.

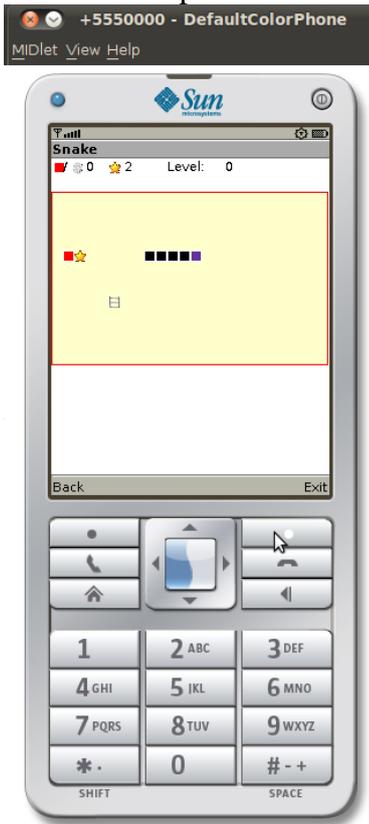


Figura 9. Presentación del juego

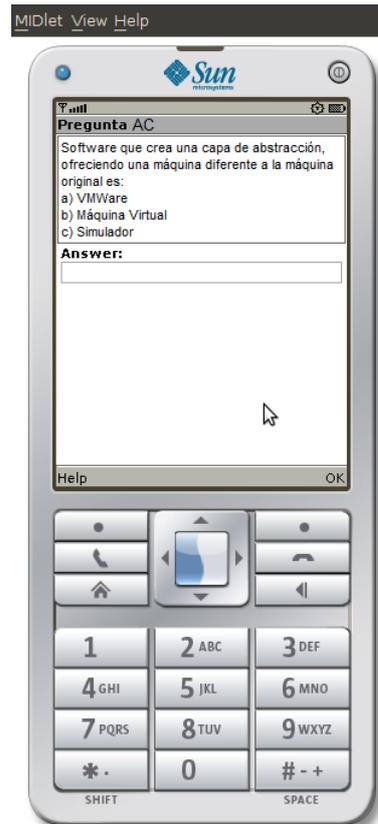


Figura 10. Presentación del contenido educativo

d) **Presentación de contenido educativo:** Se le puede dar una pequeña explicación al usuario, lo que se llama lección; también alguna ayuda y lo más importante para evaluar sus conocimientos y la generación de las rutas de aprendizaje del usuario: las preguntas, tal como vemos en la figura 10. Una vez que el usuario acaba de interactuar con el sistema, ya sea por elección propia o porque se ha acabado el contenido educativo, se generará un modelo de usuario en una carpeta del móvil que podrá ser enviada por Bluetooth al ordenador del servidor, para que el profesor pueda ver los resultados educativos de sus estudiantes con el sistema.

e) **Módulos de la parte cliente:** Aquí se hará un pequeño esbozo de los módulos de los que consta la parte cliente.

- Constructor de modelos, consta los datos de conexión y las lecciones.
- Lecciones, todas las lecciones (y sus respectivas preguntas y ayudas) en formato java.
- Configuración, detalla las constantes del entorno de la aplicación.
- Interfaz, pantalla principal del juego.
- Educativo, formularios de explicación, pregunta, lección y retroalimentación
- Formateo, formateo de textos e imágenes de la aplicación.
- Juego, configuración del juego.
- Entrada y salida, transformador criptográfico para J2ME y J2SE de los objetos educativos.
- Modelo de adaptación, descripción del modelo de Ketamo [63].
- Cargador de contenido educativo, organizador de la secuencia de lecciones.
- Ambiente del juego, controla la secuencia del juego.
- Historia, de los puntajes y fechas de las diferentes jugadas.

## - La parte común

Como dijimos estas dos partes para interactuar necesitan de una parte común que hace posible el entendimiento entre ellas, esta parte no es gráfica y cuenta con los siguientes módulos:

- Común, transformador de formatos.
- Contenido educativo, la definición de las lecciones, preguntas, textos, imágenes, etc., en formato de objetos java.
- Modo, puede ser como sesión de juegos, sesión de lecciones, sesión de preguntas, etc.
- Usuario, define las variables necesarias para la definición de las características que se quieren ver de nuestro usuario, así como las necesarias para el funcionamiento del modelo adaptativo.

### 4.2.1.2. Adaptatividad Actual

Actualmente Educamovil presenta los contenidos educativos siguiendo parte de la lógica de adaptatividad desarrollada por H. Ketamo [63], tal como se ve en los siguientes diagramas de flujo (DF):

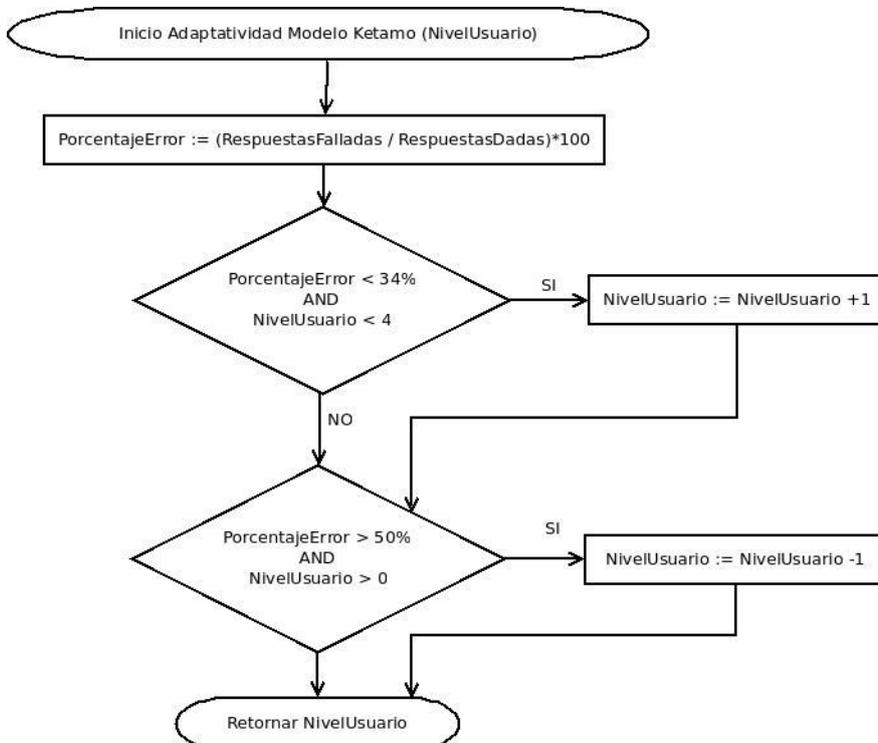


Figura 11. DF de la adaptatividad según H. Ketamo

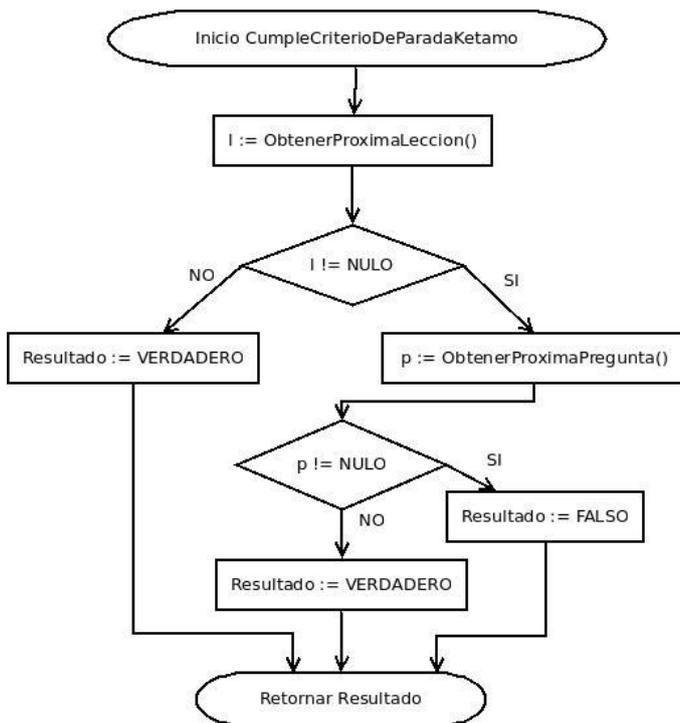


Figura 12. DF del criterio de parada según H. Ketamo

En el primer diagrama vemos que se utiliza el porcentaje de error como criterio para producir la adaptación, en realidad H. Ketamo [63] utiliza también el tiempo de respuesta, pero en la implementación inicial de Educamovil este parámetro no es contemplado.

Vemos que sí el porcentaje de error es menor que el 34% entonces se sube de nivel, si esto es posible; por otro lado, si este porcentaje es mayor que el 50% se baja de nivel, si esto es posible.

Por otro lado, vemos que como criterio de parada es la existencia de más lecciones y preguntas, esto quiere decir que el programa busca la próxima lección y pregunta (en base al nivel del usuario calculado por la adaptatividad) y si no encuentra, recién para el juego, a no ser que el usuario o el profesor se canse antes.

### 4.2.1.3. Pruebas realizadas

Se han realizado pruebas con Linux Ubuntu en la parte servidor y con un teléfono Nokia 6120 Navigator en la parte cliente, tal como vemos en la siguiente imagen:



Figura 13. Teléfono Nokia 6120 Navigator

De hecho la implementación inicial de Educamovil ha sido según las medidas de este teléfono, y todas las pruebas han sido realizada con un teléfono Nokia 6120 Navigator. La aplicación servidor de momento funciona en Linux Ubuntu solamente.

#### Problemas de adaptatividad actual en Educamovil

En base a lo descrito anteriormente, podemos ver las siguientes necesidades actuales de Educamovil que necesitarán alguna solución:

Primeramente esta implementación tiene problemas de adaptatividad débil calculando la ruta de aprendizaje, esto viene por ser un sistema experto que no cuenta con una gran base teórica, la definición de los porcentajes para la adaptatividad es muy subjetiva, además considera pocos parámetros para la adaptatividad. Por otro lado, su criterio de parada es mejorable, pues si el usuario no para la interacción y el sistema ha sido cargado con miles de contenidos educativos, puede tardarse mucho hasta calcular su nivel educativo, sería bueno que con un número definido de interacciones se pudiese calcular sin necesidad de presentar todos los ítems educativos.

Por otro lado tenemos un problema de adaptatividad de hardware, los diferentes móviles con Symbian OS tienen tamaños de pantallas diferentes que hace que muchas veces no funcionan en un teléfono específico, en el simulador siempre se ve bien pero no así en su uso real con otro teléfono que no sea un Nokia 6120 Navigator. Por otro lado la aplicación sólo funciona para Linux Ubuntu, sería bueno que sea adaptativo a más teléfonos y a más sistemas operativos.

También tenemos dos problemas de adaptabilidad. El primero es del juego, es decir como sólo hay un juego (el Snake) puede producir aburrimiento en los estudiantes, sería bueno tener otra opción adaptable (es decir elegible) para que el usuario configure su interacción con el sistema según el juego que más le guste. Por último tenemos otro problema de adaptabilidad en la red, actualmente el profesor y el alumno tiene que buscar los ficheros necesarios y hacer la comunicación Bluetooth de forma manual, sería bueno que tuvieran la opción de enviar los ficheros directamente desde la aplicación.

#### **4.2.2. Nueva solución propuesta para Educamovil**

Nosotros planteamos solucionar los problemas encontrados, tanto de adaptatividad como de adaptabilidad de la siguiente forma.

Para enfrentarnos al problema de la adaptatividad lógica en el cálculo de la ruta de aprendizaje y del criterio de parada utilizaremos la técnica adaptativa de la IRT, con el modelo logístico de tres parámetros ya explicada en el estudio de las alternativas, esta técnica nos ayuda a un mejor cálculo de la ruta de aprendizaje con sus fuertes bases estadísticas y también nos posibilita tener un mejor criterio de parada en base a la función de información y/o su varianza, que nos indican cuando se ha consultado lo suficiente al estudiante sin la necesidad de utilizar todos los ítems educativos o que el mismo tenga que cortar la interacción con el sistema.

Luego para enfrentarnos a los problemas de adaptatividad del hardware, haremos pequeñas modificaciones para que el programa servidor pueda también funcionar el Windows y cambiaremos el código del juego para que sea adaptativo al tamaño de la pantalla de diferentes teléfonos móviles.

Finalmente para enfrentarnos a los dos problemas de adaptabilidad haremos lo siguiente: por un lado conseguiremos otro juego más para que el usuario pueda jugar con el juego que más le apetezca, por otro lado utilizaremos una librería de código java para integrar las comunicaciones Bluetooth al proyecto Educamovil. Con esto el usuario podrá elegir el juego que prefiera y podrá comunicarse lo necesario por Bluetooth sin necesidad de salir de los programas cliente o servidor.

A continuación describiremos todo este proceso. Primeramente describiremos la técnica adaptativa de la IRT, presentando tanto sus algoritmos adaptativos, el modelo de usuario propuesto para la funcionalidad, y el modelo de dominio para los contenidos educativos. Luego explicaremos brevemente la solución para la adaptatividad a diferentes dimensiones de pantalla y sistema operativo. Por otro lado explicaremos la solución a los problemas de adaptabilidad, tanto de diferentes juegos como la posibilidad de comunicación Bluetooth en la misma aplicación. Finalmente explicaremos algunas pruebas realizadas con esta nueva implementación.

### 4.2.2.1. Descripción de nuestra implementación de la IRT

En este apartado describiremos nuestra implementación de la IRT en Educamovil. Primeramente describiremos el conjunto de algoritmos de nuestro motor de adaptación que viene a ser el núcleo del sistema, luego describiremos el modelo de usuario el cual contiene los datos del estudiante necesarios para la adaptación, a continuación describiremos el modelo de dominio del sistema que contiene todos los datos necesarios de los ítems educativos, finalmente indicaremos las modificaciones del software realizadas en el proyecto existente para lograr la funcionalidad deseada.

#### 4.2.2.1.1. Adaptive engine (Motor de adaptación)

El motor de adaptación es una técnica de IA y/o procesamiento estadístico que es el núcleo de nuestra adaptatividad a través de la IRT en nuestro sistema, está conformado por un conjunto de algoritmos que agruparemos en funcionalidades para una descripción más entendible de su implementación.

**a) Funcionalidad de inicialización del modelo adaptativo**, esta parte se encarga de inicializar los datos necesarios para el correcto funcionamiento de la IRT.

Primeramente vemos que se obtiene todas las lecciones, también el número de conceptos, el número de lecciones, inicializamos a vacíos las matrices con los datos de las probabilidades correctas e incorrectas de las diferentes preguntas en los diferentes niveles, ponemos todas las lecciones en disponibles (no presentadas al alumno), ponemos un umbral de parada para el criterio de parada, inicializamos las curvas características de los ítems (CCIs), inicializamos el modelo de usuario y obtenemos las probabilidades correctas e incorrectas iniciales de las preguntas, tal como vemos en la siguiente figura:

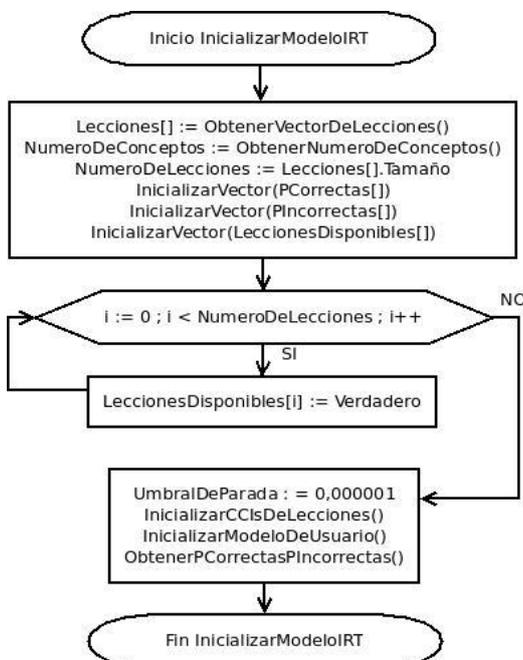


Figura 14. Inicialización del modelo de la IRT

Para inicializar las CCIs de las lecciones lo que hay que hacer es recorrer los todos los ítems en los diferentes niveles (cada ítem tiene una probabilidad distinta de estar en cada uno de los niveles identificados). También obtenemos los tres parámetros del modelo logístico de la IRT para cada ítem en cada nivel y lo guardamos en la matriz de las ICCs, el parámetro  $a$  es aproximadamente 0,5

más el cociente entre el nivel del ítem y los niveles existentes, el parámetro b es el nivel de la lección, el parámetro c para las preguntas de múltiple opción es el cociente entre 1 y el número de opciones del ítem y para las preguntas de una sola respuesta está estático a 0,001. Una vez calculados estos tres parámetros se rellena la matriz de la ICCs de los ítems en los diferentes niveles.

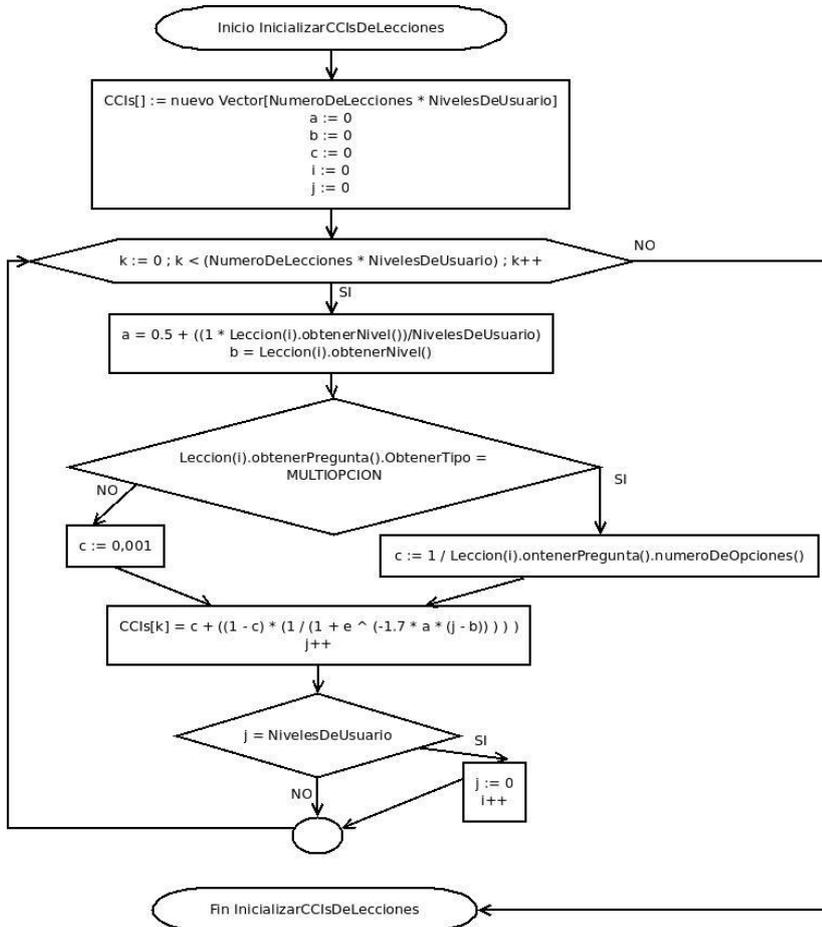


Figura 15. Inicializar CCIs de las lecciones

Para inicializar el modelo de usuario simplemente decimos que el usuario tiene la misma probabilidad de estar en cada uno de los diferentes niveles.

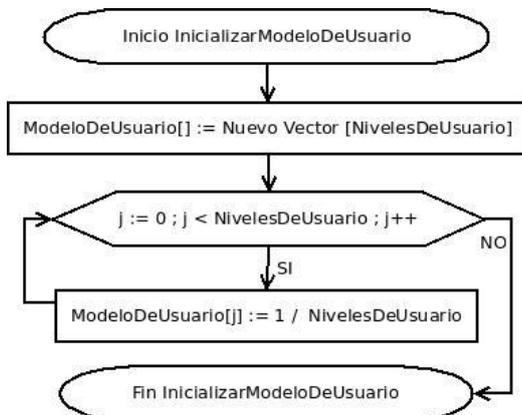


Figura 16. Inicialización del modelo de usuario

Finalmente para obtener las probabilidades de que los ítems sean correctos o incorrectos, es en base a las CCIs calculadas anteriormente. Para las probabilidades correctas basta con multiplicar el dato del ítem en la CCIs por el modelo de usuario en ese nivel. Para las probabilidades incorrectas se

utiliza el complemento de la CCI de los ítems multiplicado por el modelo de usuario en ese nivel, tal como vemos en la siguiente figura:

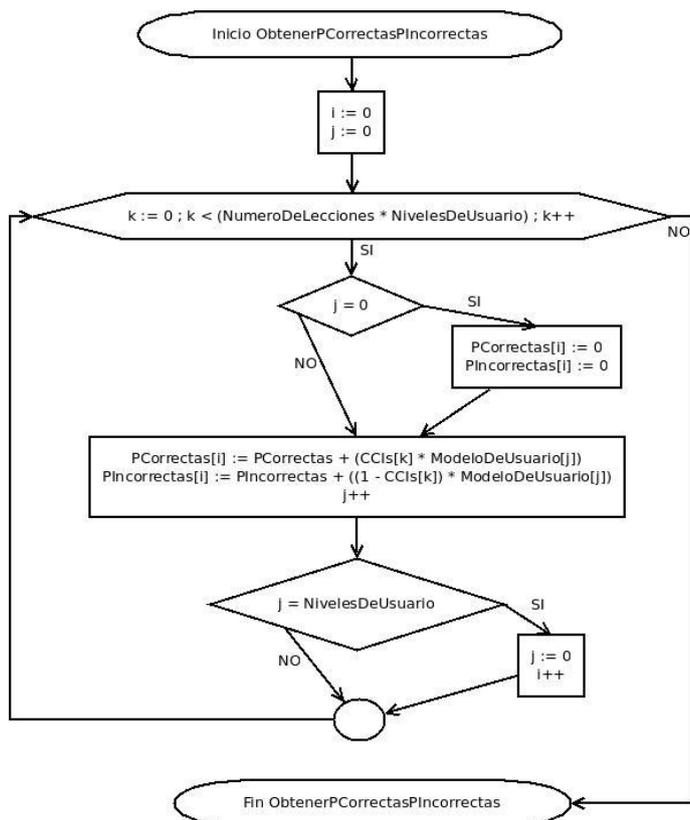


Figura 17. Obtener probabilidades correctas e incorrectas

En el modelo de Ketamo al inicializarse el nivel del estudiante era un número que tenía al inicio el valor de 0, los ítems tenían un nivel de dificultad constante puesta por el profesor.

**b) Funcionalidad de obtención del mejor concepto a evaluar**, si bien esta funcionalidad no se utiliza en Educamovil, está pensada para cuando los ítems (lecciones y/o preguntas) están agrupados en diferentes conceptos, entonces se trata de obtener el concepto con la máxima varianza de los conceptos que están todavía disponibles para evaluar. Esto se hace por que los conceptos (o ítems) con mayor varianza tienen menos información, pues su medida de variabilidad es mayor, lo que significa que el concepto todavía no se encuentra lo suficientemente evaluado.

Como vemos primeramente se recorren todos los conceptos y se selecciona el de mayor varianza de los conceptos habilitados. Para ver si un concepto está habilitado se recorren todas las lecciones del concepto y si está por lo menos alguna disponible, entonces el concepto está habilitado. Se obtiene la varianza del concepto en base a los datos del modelo de usuario que contiene los datos del usuario en los diferentes niveles en los diferentes conceptos, el concepto en el que tenga más varianza el usuario es el concepto que presenta menor información y por tanto tiene que ser todavía más evaluado. Todo esto descrito lo vemos en los siguientes diagramas:

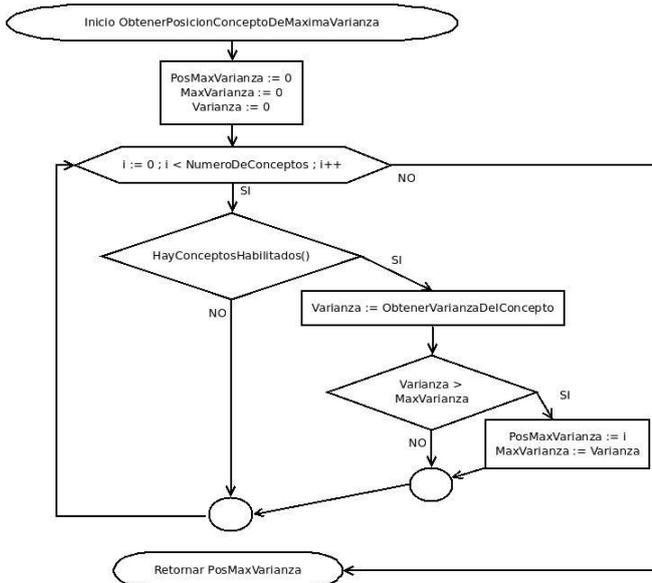


Figura 18. Obtener Posición de concepto con máxima varianza

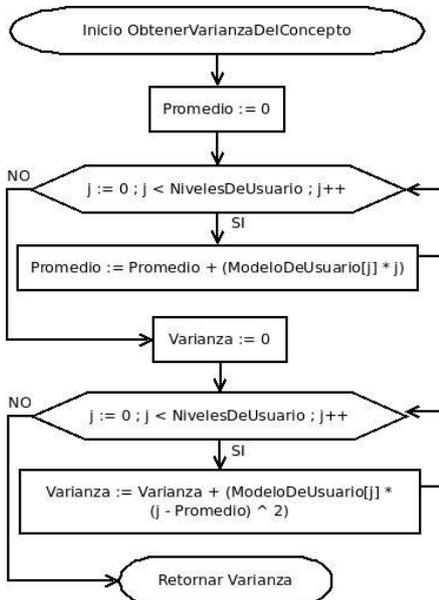


Figura 19. Obtener las varianzas de los conceptos

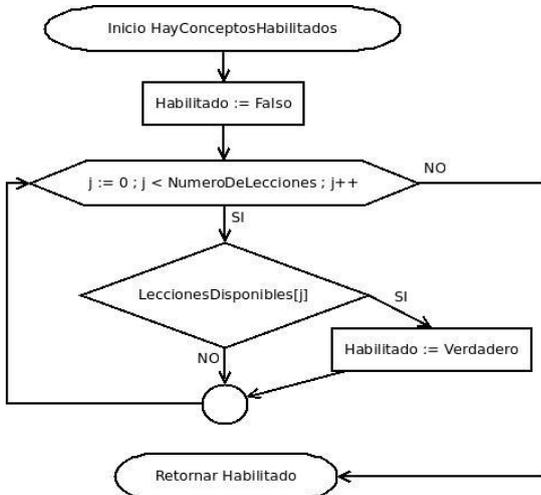


Figura 20. Obtener conceptos habilitados

En el modelo Ketamo y en Educamovil en general no existe el concepto de concepto, por lo cual anteriormente esta funcionalidad no ha sido implementada, y actualmente no tiene uso.

**c) Funcionalidad de obtención del próximo ítem a evaluar**, esta funcionalidad trata de obtener la posición del próximo ítem a presentar o evaluar al estudiante. El índice o posición de este ítem será el ítem disponible que tenga la mínima varianza esperada (es decir futura), se considera tanto si respondiera correctamente como incorrectamente. Esta funcionalidad se ejecuta siempre y cuando no se cumpla con el criterio de parada, de lo contrario devolverá -1 indicando que ya no hay ítems necesarios a evaluar. Para el cálculo de la varianza esperada (que es la multiplicación de la varianza que tendría el ítem si se respondiera correctamente por la varianza que tendría si se respondiera mal), se basa en la obtención de las probabilidades “normalizadas” correctas e incorrectas para las CCI's y en base a estas y los promedios de las preguntas en las matrices CCI's normalizadas tanto para las probabilidades de responder correcta e incorrectamente obtenemos las futuras varianzas que tendrían tanto si se respondiera correctamente como si se respondiera incorrectamente.

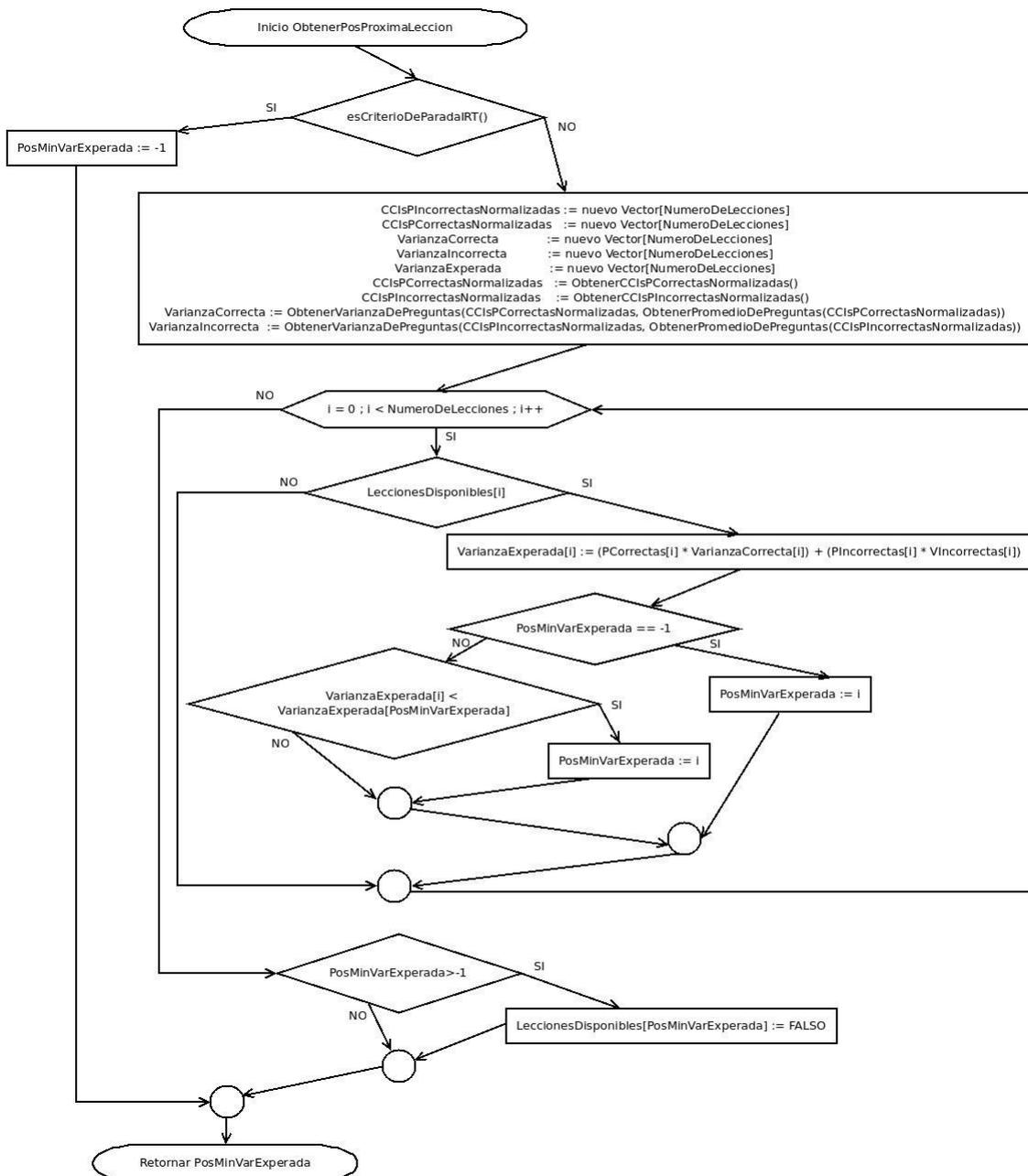


Figura 21. Posición de la mínima varianza esperada

Para obtener las CCIs normalizadas correctas se multiplica la ICCs por el respectivo modelo de usuario y se divide entre la probabilidad de responder correctamente, para las CCIs normalizadas incorrectas se multiplica el complemento de la ICCs por el modelo de usuario y se divide entre la probabilidad de responder incorrectamente, tal como vemos en los siguientes diagramas:

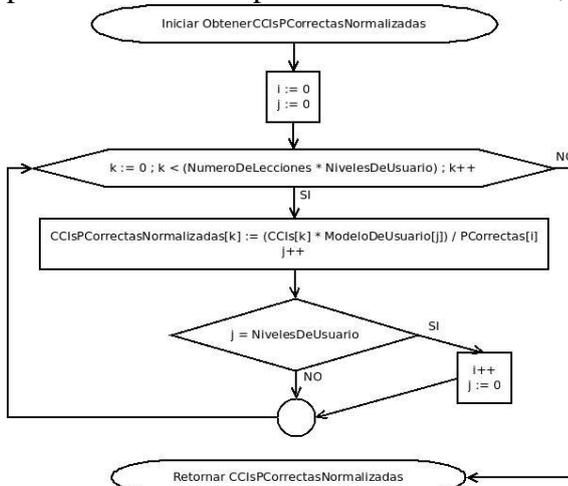


Figura 22. CCIs correctas normalizadas

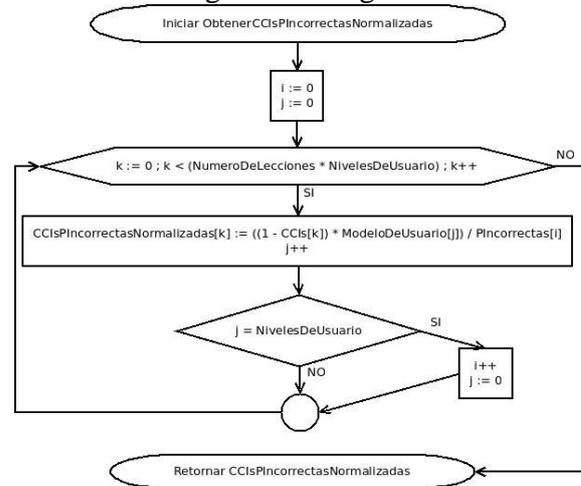


Figura 23. CCIs incorrectas normalizadas

Para obtener la varianza vemos que es un sumatorio basado en la multiplicación de las respectiva matriz normalizada de ICCs (tanto correctas e incorrectas) por la diferencia elevada al cuadrado entre los diferentes niveles por la media del ítem respectivo.

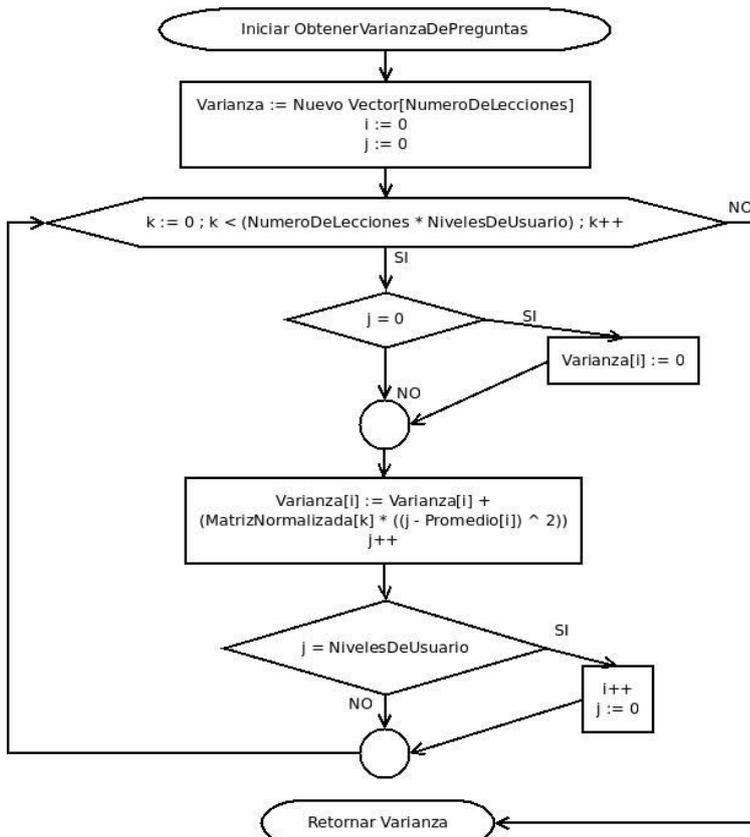


Figura 24. Obtener las varianzas de los ítems

Para obtener las medias de las lecciones, las recorreremos en los diferentes niveles multiplicando la matriz normalizada por el respectivo nivel, tal como vemos en el siguiente diagrama:

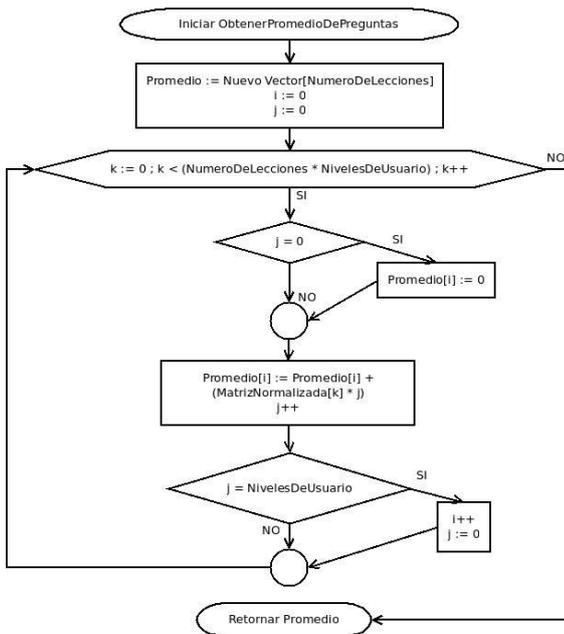


Figura 25. Obtener los promedios de los ítems

En el modelo de Ketamo lo que se hacía para buscar el próximo ítem a evaluar era una vez actualizado el nivel de usuario (o no), buscar la primera lección habilitada de todas las que tienen el mismo nivel que el usuario.

**d) Funcionalidad de actualización del modelo de usuario**, el modelo de usuario es un vector que tiene las probabilidades de que el usuario esté en cada nivel. Esta funcionalidad nos ayuda a modificar esta probabilidad luego de una interacción (respuesta a un ítem) del usuario con el sistema.

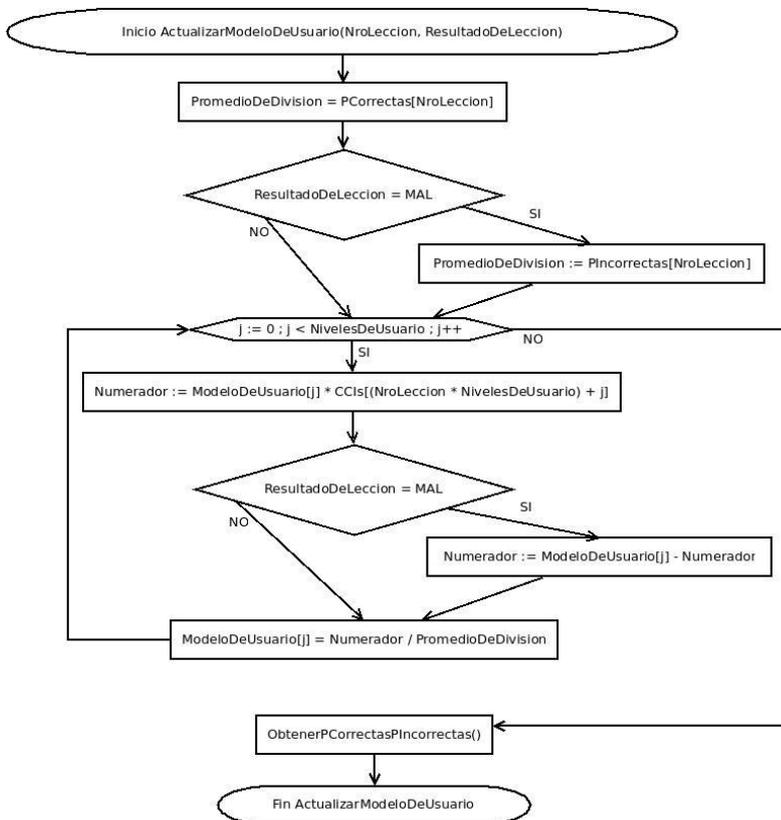


Figura 26. Actualizar modelo de usuario

Si es que el usuario a respondido correctamente el dato del modelo de usuario en un determinado nivel será igual al cociente entre la multiplicación de su valor anterior por la CCI respectiva al ítem y nivel evaluados, todo esto dividido entre la probabilidad de responder correctamente al ítem respectivo. En caso de que el usuario responda mal el nuevo dato del modelo de usuario en un determinado nivel será igual al cociente entre la multiplicación de su valor anterior por el complemento de la CCI respectiva al ítem y nivel evaluados, todo esto dividido entre la probabilidad de responder incorrectamente al ítem respectivo, tal como vemos en la figura anterior.

Ahora bien, de nada serviría actualizar el modelo de usuario sin poder obtener el nuevo nivel del estudiante, esto se hace recorriendo todo el vector de probabilidades que forma el modelo de usuario y quedándose con la posición que tenga la probabilidad más alta, tal como vemos en la siguiente figura:

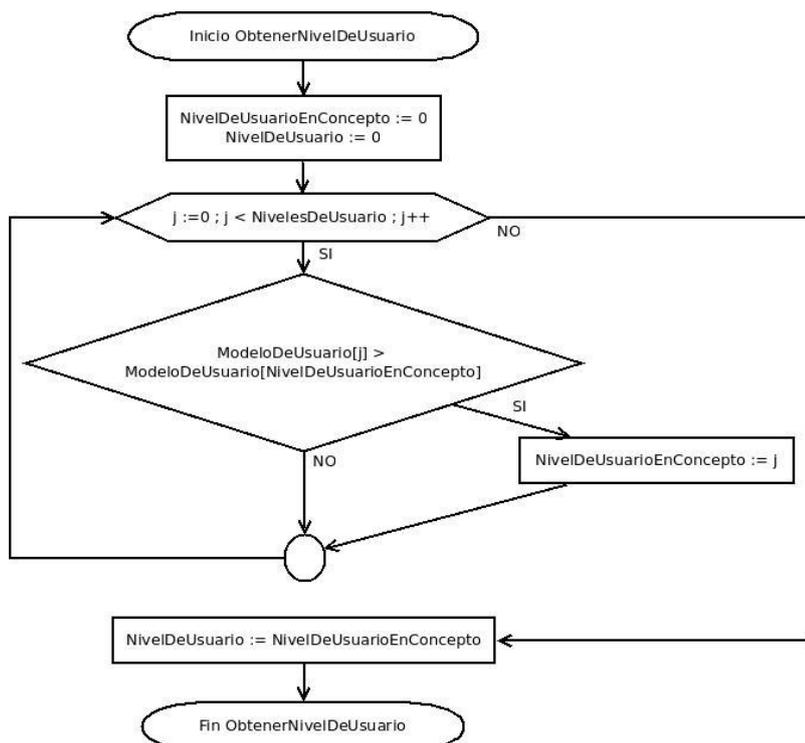


Figura 27. Obtener nuevo nivel de usuario

e) **Funcionalidad de obtención del criterio de parada**, funcionalidad que dice cuando se debe dejar de interactuar con el sistema, cuando ya está lo suficientemente calibrado el nivel del usuario. El criterio de parada puede ser el mismo que en el modelo de Ketamo, es decir buscar hasta que no haya más ítems que evaluar, o el propio criterio de la IRT tal como vemos en el diagrama 28.

El criterio de parada de la IRT consiste en calcular la varianza del modelo de usuario que contiene todas las probabilidades de que nuestro usuario esté en algún determinado nivel, cuando esta varianza es menor al umbral de parada, IRT nos dice que ya está correctamente calculado el nivel del usuario y no hace falta más interacciones con el sistema, ahorrándonos en la mayoría de los casos tiempo, obteniendo el nivel del usuario con pocos ítems, tal como vemos en el diagrama 29.

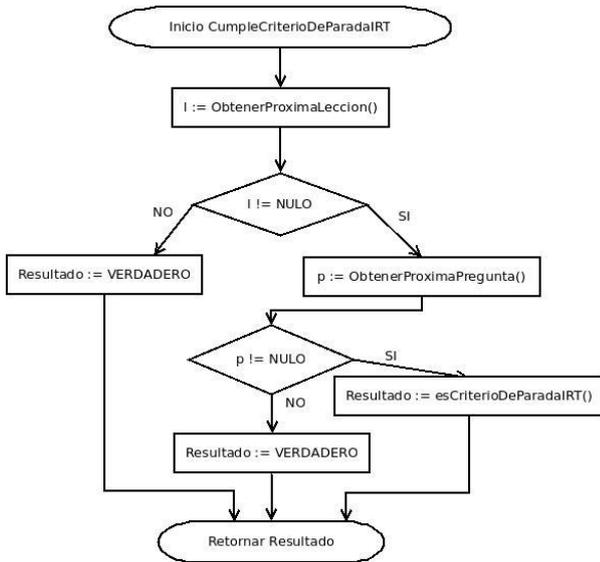


Figura 28. Cumplir criterio de parada IRT

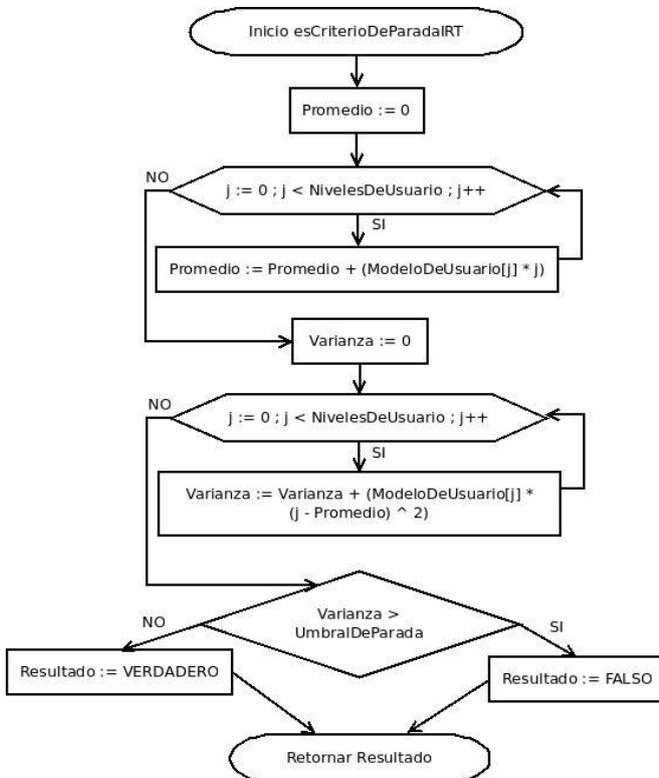


Figura 29. Criterio de parada propio y exclusivo de IRT

### 4.2.2.1.2. Modelo de usuario

El modelo de usuario es la parte del SHA que contiene los datos del usuario necesario para llevar a cabo la adaptación.

Primeramente mostraremos las modificaciones entre el modelo de ER anterior (Ketamo) y el necesario para la implementación de la IRT:

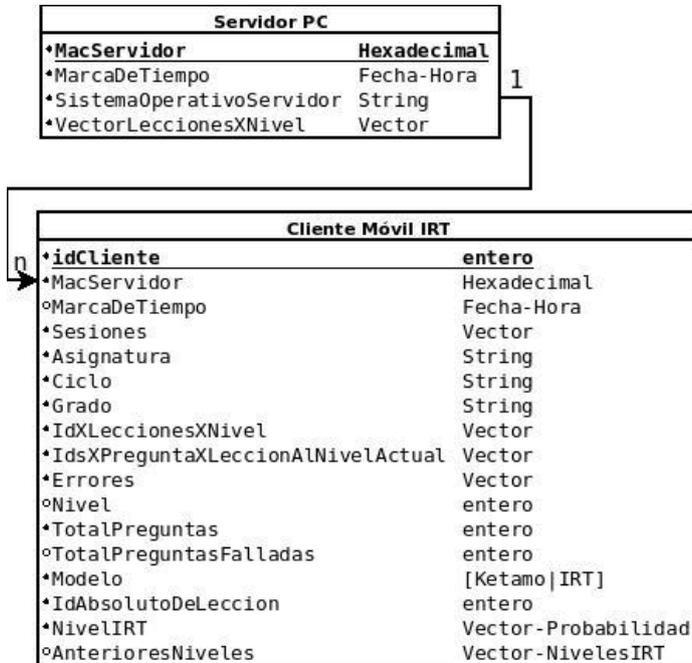


Figura 30. Diagrama Entidad-Relación “lógico” entre el cliente y el servidor para el modelo IRT

Como vemos se tiene los siguientes nuevos datos: el tipo de modelo, pues ahora se podrá elegir si crear la aplicación cliente con el modelo adaptativo de Ketamo o IRT; el idAbsolutoDeLeccion, que nos indica la posición absoluta de la lección a evaluar; el NivelIRT, que no es nada más y nada menos que un vector de probabilidad de estar en los diferentes niveles, en otras palabras nuestro modelo de usuario; y AnterioresNiveles, que es un vector de vectores que contiene todos los estados anteriores del NivelIRT.

Dicho esto vemos que nuestro NivelIRT es nuestro modelo de usuario el cual es simplemente un vector con probabilidades en el cual la posición es el nivel del usuario, y el dato es la probabilidad de que el usuario tenga ese nivel, tal como vemos en la siguiente tabla:

Nivel (Posición)	0	1	2	3	4
Probabilidad (Dato)	0,1	0,2	<b>0,3</b>	0,2	0,2

Tabla 14. Modelo de usuario en IRT

En base a los datos de la figura podríamos decir que el nivel del usuario es 2, en una escala del 0 al 4, ya que esta posición tiene la probabilidad más alta (0,3).

### 4.2.2.1.3. Modelo de dominio

El modelo de dominio describe los datos relevantes a los ítems (preguntas, lecciones, contenido educativo en general). En la implementación de Educamovil tal como vemos en la figura 4 el contenido educativo es un conjunto de ítems que se llaman lecciones, y cada lección puede tener muchas preguntas, llamadas exámenes.

Los ítems o lecciones presentan los siguientes datos:

- a) Título, es el título de la lección que se presentará al usuario
- b) Contenido de la lección, es el contenido educativo que debe aprender el estudiante.
- c) Nivel, es un número del 0 al 4 que nos indica la dificultad de la lección y sus preguntas, mientras más alto es el nivel más difícil es el ítem, nos sirve para el cálculo de los parámetros a y b del modelo adaptativo.
- d) Asignatura, nos dice a que asignatura pertenece la lección, no se utiliza para la adaptatividad.
- e) Grado, nos dice a que grado académico pertenece la lección, tampoco se utiliza para la adaptatividad.
- f) Ciclo, nos dice a que ciclo educativo pertenece la lección, tampoco se utiliza para la adaptatividad.

Las preguntas o exámenes por su parte necesitan además de los siguientes datos:

- a) Enunciado, es el planteamiento de la pregunta en sí.
- b) Ayuda, está pensado para una pequeña ayuda al usuario para responder a la pregunta, no utilizada en nuestras pruebas.
- c) Explicación, está pensado para dar una mejor explicación al usuario para responder a la pregunta, no utilizada en nuestras pruebas.
- d) Solución, es la solución correcta a la pregunta, se la presenta al usuario después de fallar en su respuesta.
- e) Tipo de pregunta, puede ser una pregunta de una respuesta o de elección simple, nos sirve para el cálculo del parámetro c del modelo adaptativo.
- f) Número de opciones, este dato es útil para las preguntas de elección simple, nos sirve para calcular el parámetro c del modelo adaptativo.

#### 4.2.2.2. Descripción de las soluciones secundarias

Son las soluciones implementadas que no tienen que ver directamente con la implementación del nuevo modelo adaptativo en base a la IRT.

**a) Solución para la adaptatividad del hardware:** Son la adaptividad de la pantalla y del sistema operativo. Para adaptar el sistema a cualquier pantalla de móvil con Symbian OS se ha modificado la forma en que se pintaba el juego, anteriormente las dimensiones de los objetos gráficos eran estáticas (fijas) a un determinado número de píxeles, lo que producía que si el móvil tenía menos píxeles que los necesarios se viera mal la imagen y si tenía más la imagen parecía muy pequeña para el móvil. Para solucionar esto se buscó primeramente un juego de Snake más sencillo y luego se modificó para que los objetos no tengan una dimensión en píxeles fija sino que estas dimensiones se calculen de forma dinámica en base al ancho y alto de la pantalla, tal como vemos a continuación:

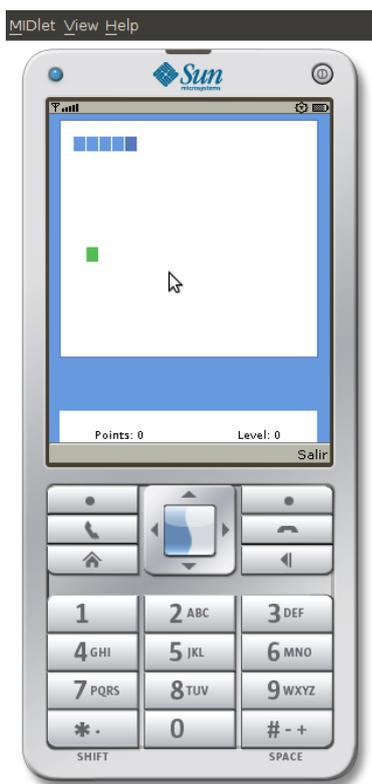


Figura 31. Juego de Snake adaptativo a cualquier pantalla

Luego para que el software sea adaptativo a cualquier sistema operativo y pueda ejecutarse en Windows o Linux, se modificó mediante código java las rutas de ejecución de los programas, las rutas absolutas y relativas de los diferentes objetos y componentes necesarios para la ejecución de la parte servidora de Educamovil, también se pudo comprobar mediante código java en que sistema operativo se estaba ejecutando nuestra aplicación lo cual nos sirve para lanzar uno u otro comando java, según nuestra aplicación sea en Windows o Linux. En la siguiente figura vemos a la aplicación servidor corriendo en un ordenador con Windows 7:

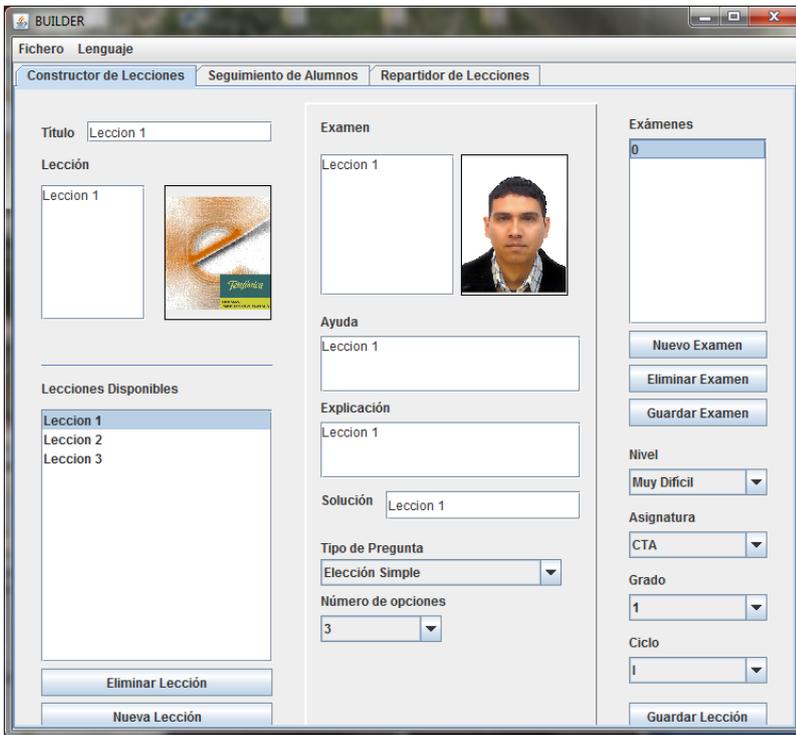


Figura 32. Parte servidor de Educamovil corriendo en Windows 7

b) **Solución de los problemas de adaptabilidad:** estos problemas eran la elección del juego y la conectividad por Bluetooth dentro de las aplicaciones de Educamovil.

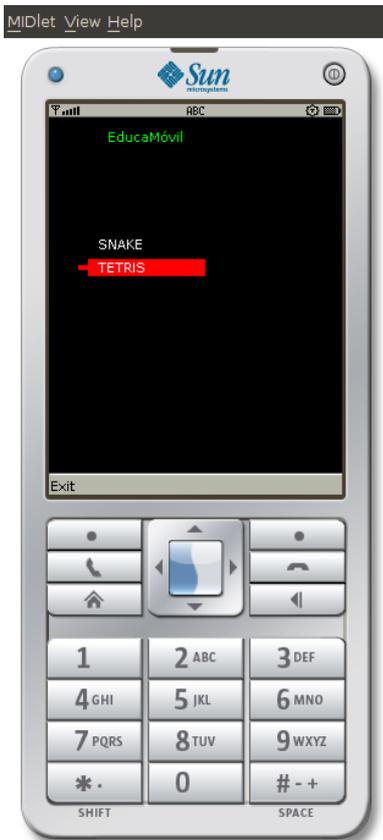


Figura 33. Menú de elección de juego

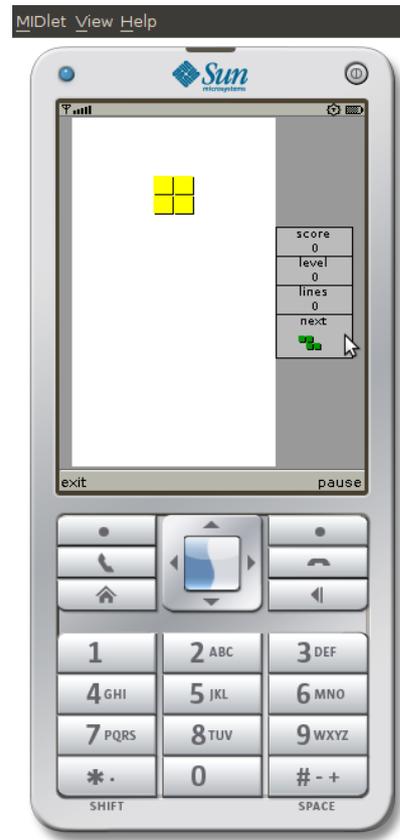


Figura 34. Juego de Tetris

Primeramente para la elección del juego se buscó un juego que cumpla con la adaptatividad a diferentes pantallas de teléfonos, se consiguió integrar el juego de Tetris. En la figura 34. vemos que ahora el usuario tiene la capacidad de elegir entre los juegos de Snake y Tetris, y en la figura 35. vemos el juego de Tetris en acción. Luego para conseguir conectividad Bluetooth dentro de las aplicaciones cliente y servidor del proyecto Educamovil se utilizó el API JSR – 82 para J2ME.

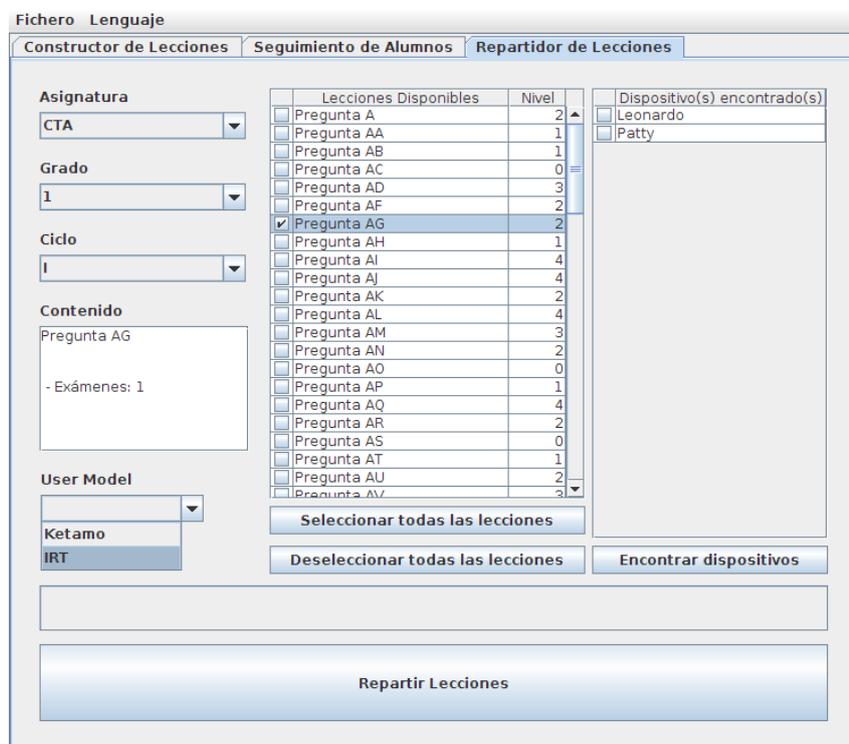


Figura 35. Repartidor de lecciones de la aplicación servidor implementando IRT y conectividad Bluetooth

En la parte del cliente ahora se envía el modelo de usuario al ordenador donde corre el servidor por Bluetooth, la implementación del API JSR – 82 es directa para la aplicación cliente pues esta está desarrollada en J2ME. Por otro lado para que funcione la comunicación por Bluetooth en la parte servidor ha sido necesario la importación de las librerías del proyecto BlueCove [96], el cual es una implementación del API JSR – 82 para J2SE que es en el tipo de sub-lenguaje java que está desarrollada la aplicación servidor. Como vemos en la parte derecha de la figura 36 ahora existe la posibilidad de “Encontrar dispositivos” que arriba a la izquierda nos llena una lista en la cual podemos elegir los dispositivos Bluetooth a los que mandar la aplicación cliente generada. Por otro lado en la parte izquierda medio-abajo se ve que podemos elegir el modelo adaptativo entre la IRT y el modelo de Ketamo. Finalmente ahora el botón de “Repartir Lecciones” no sólo generará y compilara la aplicación cliente sino que se la enviará a los dispositivos Bluetooth seleccionados.

#### 4.2.2.3. Modificaciones del software

Para las nuevas funcionalidades deseadas se han hecho modificaciones a las diferentes partes del proyecto, anteriormente ya hemos visto y descrito algunas de ellas, ahora mostraremos modificaciones en los módulos implementados en el proyecto Educamovil.

**a) Módulos añadidos al servidor,** en esta segunda versión se ha añadido lo siguiente:

- Herramienta de envío por Bluetooth, sirve para enviar por Bluetooth mediante la aplicación servidor las aplicaciones clientes generadas, se utiliza la librería BlueCove.

**b) Módulos añadidos al cliente,** en esta segunda versión se ha añadido lo siguiente:

- Enviado por Bluetooth, sirve para enviar el modelo de usuario generado después de acabar una partida al ordenador donde corre la aplicación servidor.
- Juegos, se ha modificado el juego de Snake, y se ha añadido el juego del Tetris.
- Modelo IRT, se ha añadido toda la lógica necesaria descrita anteriormente en los algoritmos de IRT para que este tipo de adaptatividad funcione en Educamovil. En la figura 37 vemos como se presenta la primera pregunta según el modelo de adaptatividad de IRT, sobre el mismo conjunto de preguntas vemos que en la figura 10 es otra la pregunta elegida para empezar la ruta de aprendizaje del estudiante.



Figura 36. Primera pregunta presentada con la adaptatividad de la IRT en nuestro segundo conjunto de preguntas

**c) Módulos añadidos a la parte común,** en esta segunda versión se ha añadido lo siguiente:

- Herramientas de envío por Bluetooth, se definen las clases básicas para generar los ficheros necesarios, como para el establecimiento de la conexión Bluetooth, luego reutilizados por las aplicaciones clientes y servidores.
- Usuario, se modifica agregando las variables necesarias para trabajar con el modelo adaptativo de la IRT, agregando todas las variables de su modelo de Usuario.

### 4.2.3. Pruebas Realizadas

Se han realizado pruebas de la utilización de Educamovil, viendo la preferencia de los usuarios sobre el mismo sistema como la utilización de las técnicas adaptativas una vez implementada la IRT. Es decir tratamos de ver detalles en el sistema de su utilización en vivo.

Las pruebas se han realizado en dos etapas: en la primera etapa se probó el sistema con estudiantes y profesores del Máster en Software libre, en la segunda etapa se probó el sistema con antiguos estudiantes del Máster en Redes de Telecomunicación para países en desarrollo, ambos másteres de la Universidad Rey Juan Carlos. En cada uno de los grupos analizados se trabajo con preguntas respectivas a su formación, en el primer grupo sólo se trabajo con adaptatividad Ketamo, y en el segundo se trabajo tanto con adaptatividad Ketamo como IRT.

En ambas pruebas, el sistema servidor se instaló en un ordenador portátil marca Samsung modelo NP-R60Y, con la versión 10.4 de Linux Ubuntu, añadiéndole para la conectividad Bluetooth un adaptador marca Belkin modelo F8T017ng, tal como vemos en la siguiente imagen:



Figura 37. Servidor de Educamovil funcionando con conectividad Bluetooth

En las pruebas se han utilizado las capacidades evaluativas de Educamovil para medir el nivel de los estudiantes, debido a no contar con la posibilidad de realizar muchas pruebas por un periodo amplio no se ha tomado en cuenta la capacidad de enseñanza para medir el impacto educativo en los estudiantes. También se han realizado pruebas para medir la experiencia de usuario (su satisfacción) y su estilo de aprendizaje en las diferentes dimensiones del modelo de Felder y Silverman.

A continuación detallaremos ambas etapas de las pruebas realizadas con Educamovil.

#### 4.2.3.1. Primera etapa: Pruebas realizadas sobre cuestiones de software libre

En la primera etapa, las pruebas se realizaron sobre el temario del Máster en Software Libre de la Universidad Rey Juan Carlos, todo el conjunto de las posibles preguntas presentadas está en el Anexo A. Además de utilizar la PC indicada anteriormente como servidor de Educamovil se ha utilizado para correr la parte cliente un teléfono móvil Nokia 6120 Navigator propiedad de Telefónica I+D similar al que se ve en la figura 38.



Figura 38. Teléfono móvil Nokia 6120 Navigator

Antes de realizar estas pruebas la implementación de la adaptatividad con la IRT había sido acabada y se había probado el funcionamiento correcto con el simulador siguiendo el ejemplo presentado en el artículo [43], desgraciadamente el simulador tiene los mismos recursos que el ordenador (gran cantidad de recursos comparados con un teléfono móvil estándar con Symbian OS), y se había probado con un conjunto de 20 preguntas máximo.

Los dos días antes de la realización de la prueba se procedió a cargar las 90 preguntas facilitadas por el profesor Dr. Gregorio Robles escritas en el Anexo A, y la compilación del juego con las mismas se pudo realizar 3 horas antes de la prueba, cuando se trató de hacer funcionar el juego se vio que era imposible, pues tardaba 20 minutos en interactuar por cada pregunta presentada a los usuarios y sólo se tenía para probar 10 minutos de tiempo por cada usuario, por lo tanto se decidió re-compile el juego sólo con la adaptatividad del modelo de Ketamo para aprovechar la oportunidad brindada por el profesor Dr. Gregorio Robles como primera toma de contacto real del juego con el entorno educativo.

Las pruebas consistían en interactuar 10 minutos con el sistema cliente, tanto jugando como respondiendo a las preguntas presentadas, luego de los diez minutos se hacía cerrar el juego y este inmediatamente enviaba por Bluetooth al servidor el resultado de la interacción de cada usuario con el sistema. En total se ha probado el sistema con 12 usuarios entre estudiantes y profesores del Máster.

A continuación detallaremos los resultados obtenidos tanto analizando el rendimiento obtenido de los usuarios como el resumen de la interacción de las diferentes preguntas presentadas a los usuarios.

Finalmente también analizaremos la experiencia de los usuarios y su opinión del sistema.

### 4.2.3.1.1. Rendimiento de los usuarios

En este apartado analizaremos el rendimiento alcanzado por los usuarios en sus interacciones con el sistema. A cada usuario se ha presentado un conjunto de preguntas a las que se ha enfrentado fallando o acertando algunas de ellas, la interacción completa de los usuarios y su secuencia de respuestas dadas por ellos a las diferentes preguntas presentadas se detalla totalmente en la parte I del Anexo F. A continuación vemos una tabla resumen de las interacciones de los usuarios, donde comparamos el puntaje obtenido por el sistema utilizando la técnica adaptativa del modelo empleado por H. Ketamo con el nivel que obtendría el usuario si sólo sumáramos las respuestas correctas y las dividiéramos por todo el número de respuestas presentadas, es decir el promedio normal que se obtendría al considerar a todas las preguntas del mismo nivel, a esto le hemos llamado “Puntaje Promedio Ketamo”.

Usuario	Puntaje Ketamo	P. Prom. Ketamo
Usuario1	3	2,00
Usuario2	1	2,28
Usuario3	1	2,12
Usuario4	1	2,31
Usuario5	1	1,50
Usuario6	3	2,50
Usuario7	4	2,00
Usuario8	0	1,17
Usuario9	4	3,14
Usuario10	1	1,72
Usuario11	4	2,63
Usuario12	4	2,00
<b>Promedio</b>	<b>2,25</b>	<b>2,11</b>

Tabla 15. Comparativa del rendimiento obtenido por los usuarios

Como vemos en resumen el modelo propuesto por Ketamo tiende ligeramente a subir la nota que tendríamos con el promedio normal. Para mayor claridad, a continuación trasladamos los datos de la tabla a una figura comparativa:

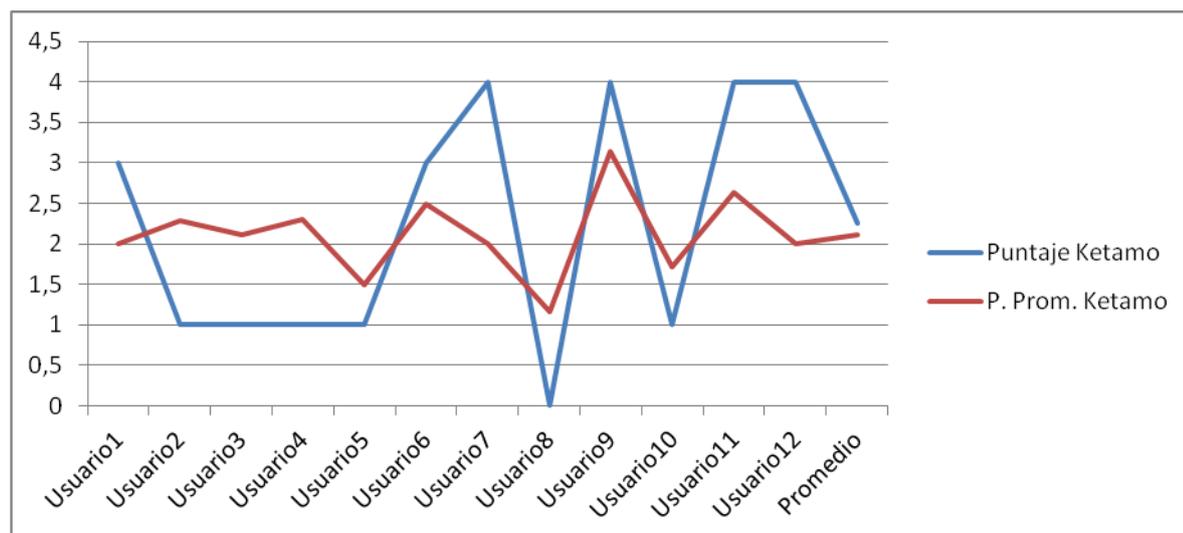


Figura 39. Comparativa del rendimiento obtenido por los usuarios

En la gráfica vemos que no es tanto que Ketamo tienda a subir los promedios de nivel, sino que los promedios bajos los tiende a bajar más, y los promedios altos a subir más, como si los redondeara, además tenemos que considerar que analiza la dificultad de las preguntas para calcular el nivel del usuario.

En el grupo de usuarios analizados tenemos a seis estudiantes y seis profesores, por lo que podríamos hacer la siguiente comparación del rendimiento entre los alumnos y los profesores resumida en las siguientes tablas:

Usuario	Puntaje Ketamo
Usuario1	3
Usuario2	1
Usuario3	1
Usuario4	1
Usuario5	1
Usuario6	3
<b>P. Estudiantes</b>	<b>1,67</b>

Tabla 16. Rendimiento de los estudiantes

Usuario	Puntaje Ketamo
Usuario7	4
Usuario8	0
Usuario9	4
Usuario10	1
Usuario11	4
Usuario12	4
<b>P. Profesores</b>	<b>2,83</b>

Tabla 17. Rendimiento de los profesores

Como vemos en promedio los profesores tienen un nivel más alto que los estudiantes, aunque hay algunos casos con promedios muy bajos que no están muy relacionados con las materias más presentadas por el juego en sus interacciones.

Este nivel presentado nos sirve para diagnosticar que tal estamos de conocimientos en alguna materia en particular, y en caso de estar bajamente preparados estudiarla más para mejorar nuestro nivel de conocimiento, ya sea para enfrentarnos a un trabajo real o académico.

#### 4.2.3.1.2. Preguntas presentadas

En este apartado analizaremos como han sido respondidas las preguntas presentadas a los diferentes usuarios en sus interacciones con el sistema. Comprobando la relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el tiempo medio de respuesta y el promedio de aciertos (aciertos / cantidad) de cada una de las preguntas. Se han llegado a presentar 35 de las 90 preguntas posibles, el detalle de estas interacciones se ve en la parte I del Anexo E, el resumen lo presentamos a continuación:

Pregunta	Idioma	Nivel	Cantidad	Aciertos	Tiempo Medio (s)	Promedio
Pregunta 1	Español	3	7	4	71,94	0,57
Pregunta 2	Español	4	2	2	65,67	1
Pregunta 4	Español	2	2	1	20,69	0,5
Pregunta 5	Español	2	2	2	19,23	1
Pregunta 6	Español	2	2	2	13,12	1
Pregunta 7	Español	1	4	3	32,3	0,75
Pregunta 11	Español	4	6	3	52,98	0,5
Pregunta 12	Español	4	2	0	26,87	0
Pregunta 15	Español	3	1	0	34,47	0
Pregunta 18	Español	2	12	3	64,31	0,25
Pregunta 19	Español	2	9	5	46,89	0,56
Pregunta 21	Español	4	2	0	18,63	0
Pregunta 22	Español	2	6	0	32,44	0
Pregunta 23	Español	2	4	1	70,72	0,25
Pregunta 24	Español	2	3	1	20,85	0,33
Pregunta 25	Español	4	1	1	30,75	1
Pregunta 29	Español	4	1	1	9,73	1
Pregunta 30	Español	5	4	2	13,66	0,5
Pregunta 36	Español	1	12	11	21,17	0,92
Pregunta 42	Español	5	4	4	10,63	1
Pregunta 43	Español	5	4	1	37,32	0,25
Pregunta 49	Español	5	4	2	26,85	0,5
Pregunta 51	Español	2	2	2	6,74	1
Pregunta 52	Español	5	2	0	13,66	0
Pregunta 58	Español	2	2	2	8,75	1
Pregunta 60	Español	1	6	5	20,46	0,83
Pregunta 61	Español	1	6	3	9,87	0,5
Pregunta 62	Español	2	1	0	5,61	0
Pregunta 63	Español	1	6	1	12,82	0,17
Pregunta 64	Español	1	4	4	19,51	1
Pregunta 65	Español	2	1	0	4,48	0
Pregunta 68	Español	2	1	1	6,53	1
Pregunta 73	Inglés	2	1	1	20,71	1
Pregunta 77	Inglés	5	2	0	15,02	0
Pregunta 79	Inglés	2	1	0	18,59	0

Tabla 18. Resumen de las diferentes interacciones por pregunta



Nivel	Tiempo Promedio	Promedio Aciertos
Nivel1	19,36	0,70
Nivel2	23,9778	0,53
Nivel3	53,21	0,29
Nivel4	34,11	0,58
Nivel5	19,52	0,38

Tabla 19. Tabla resumen de relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el tiempo promedio y el promedio de aciertos

De la tabla anterior graficamos la relación entre el tiempo promedio de respuesta a las preguntas con el nivel de dificultad de la misma en el siguiente diagrama:

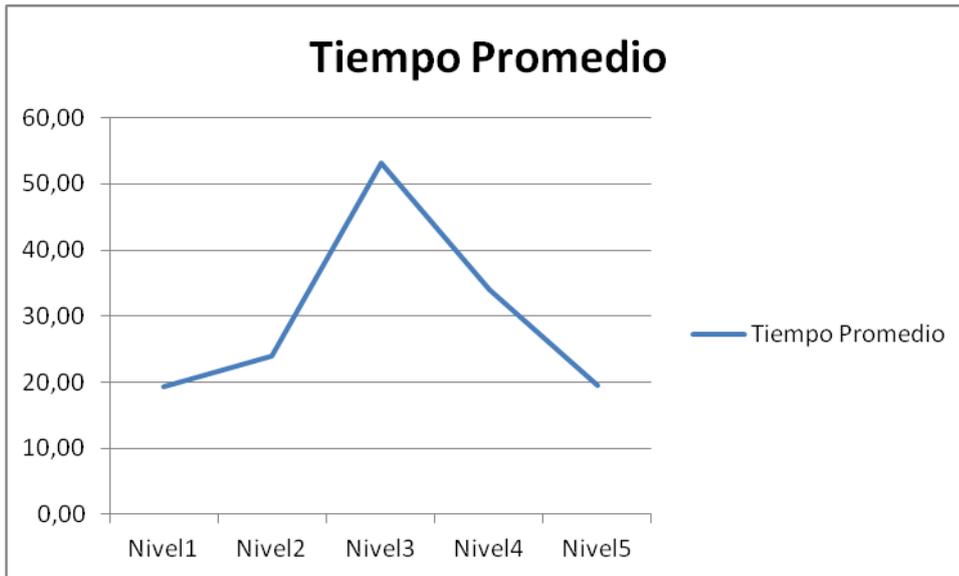


Figura 42. Tiempo promedio de respuesta según la tabla resumen

Como vemos no existe ninguna relación clara entre la dificultad de niveles con el tiempo de respuesta gastado en responder a estas preguntas.

Se podría inicialmente pensar que mientras más difícil son las preguntas, más tiempo se debería gastar en ellas, pero vemos sin embargo que en resumen pareciera que las preguntas en las que se gasta más tiempo para responderlas son las de nivel intermedio, esto podría ser por que las preguntas muy fáciles se responden muy rápido y las preguntas muy difícil se responden muy rápido porque al no tener conocimiento de las mismas, el usuario no le toma mucha importancia a ellas, en cambio las preguntas con un nivel de dificultad intermedio le toma más tiempo pues se concentra más en responderla correctamente.

También de la tabla resumen sacamos la relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el promedio de aciertos de ellas en el siguiente diagrama:

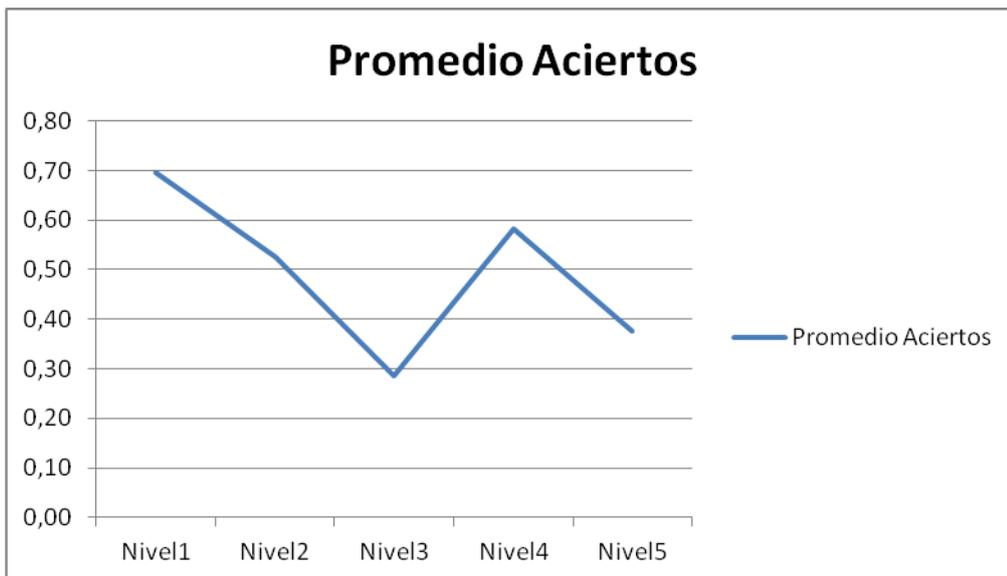


Figura 43. Promedio de aciertos a las preguntas según la tabla resumen

Vemos que más o menos sigue la lógica de que a preguntas más difíciles hay menos aciertos, salvo en el caso del nivel intermedio donde vemos que el promedio de aciertos es el menor de todos, esto aparentemente inexplicable se aclara viendo la figura 43 anterior en donde vemos que los usuarios de este nivel tardan más tiempo en contestar estas preguntas, esto puede ser por dos motivos: o que las preguntas estén mal calibradas o que el usuario al pensar tanto la respuesta a la pregunta tienda a equivocarse en la respuesta después de dudar entre algún par de opciones que les parezca correctas.

Después de hacer este análisis general podemos hacer una pequeña comparativa sobre la interacción de los usuarios con las preguntas por idiomas, de las 35 preguntas presentadas 32 son en español y 3 en inglés (en total eran 68 preguntas en español y 22 en inglés).

En la siguiente tabla resumimos el tiempo promedio y el promedio de aciertos de las preguntas por idioma:

Idioma	Tiempo Promedio	Promedio Aciertos
Español	26,55	0,54
Inglés	18,11	0,33

Tabla 20. Comparativa de las características de las preguntas por idiomas

Como podemos observar las preguntas en español tardan más tiempo en ser respondidas que las preguntas en inglés, esto se explica porque al ser el inglés un idioma foráneo para nuestros usuarios puede no ser tan entendible y hacer que tiendan a pasar más rápido de este tiempo de preguntas, en cambio a las preguntas en español se les dedica más tiempo pues tratan de entenderlas mejor.

En cuanto al promedio de los aciertos vemos que se tiende a responder de mejor manera a las preguntas en español y un poco peor a las preguntas en inglés, esto también puede ser debido a la menor comprensión del idioma por nuestros usuarios.

De los datos de esta tabla podemos obtener las siguientes gráficas, comparando el tiempo promedio de respuestas a las preguntas y el promedio de aciertos de las mismas:

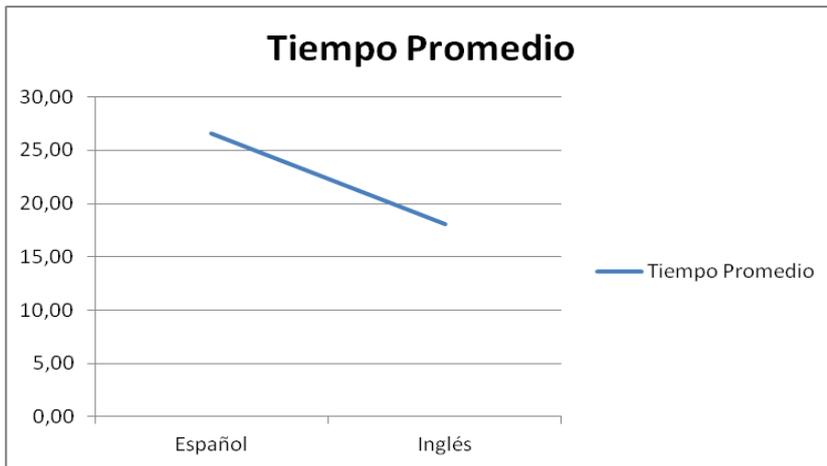


Figura 44. Comparativa del tiempo promedio de respuesta por idiomas

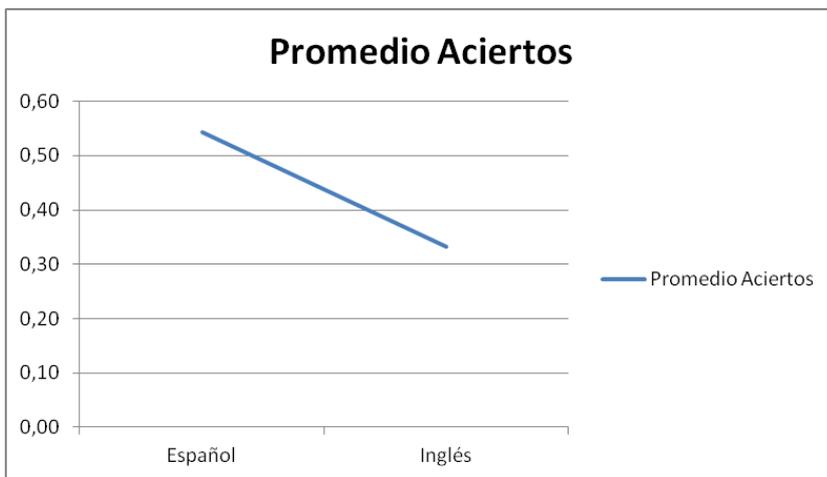


Figura 45. Comparativa del promedio de aciertos por idioma

Como vemos se reafirma que las preguntas en español tardan más tiempo en ser contestadas y tienen un mayor promedio de aciertos que las preguntas realizadas en inglés.

### 4.2.3.1.3. Análisis de la experiencia de usuario

Luego del análisis de la interacción de los usuarios con el sistema, queremos conocer más acerca de su opinión general sobre su experiencia con el programa, para esto utilizamos un test de experiencia de usuario [98].

Este test se colgó de forma traducida en un foro del departamento Gsync para que los usuarios respectivos respondieran las preguntas, desgraciadamente por problemas de tiempo (pues estaban ya acabando el año académico) sólo hubo dos respuestas, por lo cual el análisis es poco valorable.

En la parte I del el Anexo I vemos todas las respuestas de los usuarios al test de experiencia de usuario detallado en el Anexo C. De estos datos sacamos simplemente las características principales agrupando las respuestas de las preguntas y viendo sus promedios de respuestas de las mismas en la siguiente tabla:

Característica	Promedio
Reacción General al Juego	5,17
Pantalla	4,75
Terminología y sistemas de información	5,92
Aprendizaje	5,58
Capacidades del Sistema	6,30

(0-9)

Tabla 21. Resumen de las características principales sobre la experiencia de usuario

Las respuestas están en una escala del 0 al 9, donde 0 es totalmente en desacuerdo y 9 totalmente de acuerdo, podemos concluir según lo que vemos en la tabla lo siguiente:

- Los usuarios tienen una aceptable reacción al juego, la mayoría cree que es entretenido y útil.
- Las características de la pantalla son menos valoradas por nuestros usuarios, pues al ser ejecutado en un teléfono móvil de tercera generación resulta dificultosa la interacción con el sistema.
- La terminología y sistemas de información tienen una buena percepción, indicando que se ha utilizado los términos adecuados para la interacción de los usuarios con el sistema.
- El aprendizaje tiene una consideración aceptable, pues los usuarios no consideran que es tan difícil aprender a utilizarlo.
- En cuanto a las capacidades del sistema, los usuarios lo han valorado de la mejor forma pues consideran que el sistema tiene grandes potencialidades de uso para educación con entretenimiento a través de m-Learning.

A parte de estas cuestiones generales analizadas sobre la experiencia de usuario por medio del test, se han hecho preguntas abiertas y opcionales.

En primer lugar se ha pedido que nombre las características negativas del proyecto implementado, y estas han sido las respuestas:

- La lectura de las preguntas en el terminal era muy complicada, el terminal contaba con una pantalla muy pequeña y además el cursor con las teclas hacía que no se supiera muy bien si al tocar el botón, se bajaba una única línea en el texto, o si el texto en la pantalla cambiaba por completo.

- Las preguntas eran tan largas que la tarea de lectura, junto con el tamaño de pantalla, hacia la comprensión lectora realmente difícil.

En segundo lugar se ha pedido que nombre los aspectos positivos, y estas han sido las respuestas:

- Es una manera original de combinar e integrar preguntas tipo test educativas con un juego clásico para ocio.

Finalmente se hicieron estas preguntas a nuestros usuarios:

- ¿Le gustaría volver a jugar el juego?
- ¿Considera que el juego puede ayudar al aprendizaje del temario?
- ¿Considera que el juego puede ayudar a la preparación de exámenes?

Todos los usuarios respondieron afirmativa a estas preguntas.

#### **4.2.3.1.4. Conclusiones sobre las pruebas realizadas sobre cuestiones de software libre**

En esta parte resaltaremos los detalles más importantes de esta primera etapa de pruebas realizadas con Educamovil. Primeramente mencionaremos las conclusiones generales de estas pruebas, luego mencionaremos los problemas encontrados y finalmente propondremos posibles soluciones a estos problemas.

##### **a) Conclusiones generales**

Como conclusiones generales podemos mencionar las siguientes:

- El modelo adaptativo de Ketamo tiende a redondear los puntajes de los estudiantes.
- El tiempo de lectura y respuesta a las preguntas no tiene relación con el nivel de dificultad de las mismas.
- El promedio de aciertos tiende a ser mayor si el nivel de dificultad de las preguntas es menor y viceversa.
- Un tiempo de lectura bajo puede ser consecuencia de dificultad en el entendimiento de las preguntas.
- Un tiempo de lectura alto puede llevar a confusiones a la hora de responder a alguna pregunta.

##### **b) Problemas**

Los principales problemas encontrados son los siguientes:

- Baja capacidad en el sistema para poder ejecutar correctamente un modelo adaptativo más pesado como es la IRT.
- Poca resolución de pantalla a la hora de la lectura de las preguntas, sobre todo para preguntas demasiado largas.
- Pocos usuarios han expresado su opinión acerca del proyecto.

##### **c) Posibles soluciones**

- Una primera solución para ambos problemas podría ser utilizar un teléfono móvil de mayor capacidad y resolución, sin embargo significaría más gasto económico.
- Para poder ejecutar más ligeramente la implementación de IRT se podría cambiar la estructura matricial de su información a una forma de vector (matriz unidimensional), la IRT conlleva muchos cálculos sobre matrices, y en programación una matriz se puede volver un vector y conseguir los resultados deseados, pues el sub-lenguaje J2ME trabaja mejor con vectores que con matrices.
- Para solucionar los inconvenientes de la pantalla se podría hacer que las preguntas tenga menor dimensión.
- Se debe encontrar una mejor manera de que los estudiantes quieran rellenar los test de la experiencia de usuario.

#### 4.2.3.2. Segunda etapa: Pruebas realizadas sobre cuestiones de redes de telecomunicación para países en desarrollo

En la segunda etapa, las pruebas se realizaron sobre el temario del Máster en Redes de Telecomunicación para países en desarrollo de la Universidad Rey Juan Carlos, todo el conjunto de preguntas posibles está descrito en el Anexo B. Se ha utilizado como servidor la misma PC indicada anteriormente y como dispositivos para la aplicación cliente un teléfono Nokia 2680 y otro teléfono Sony Ericsson z750, vemos la interacción de los mismos en la figura 38 y ejemplos de los teléfonos en la figura 46.



Figura 46. Teléfono Nokia 2680 y Teléfono Sony Ericsson z750

En este punto ya se había cambiado la lógica de la implementación de la IRT utilizando vectores en vez de matrices para que consuma menos memoria y se había probado en ambiente controlado su funcionamiento con unas 100 preguntas.

Las preguntas posibles han sido confeccionadas en base al temario del Máster oficial en Redes de telecomunicación para países en desarrollo, eligiendo a 7 preguntas por cada una de las 12 asignaturas del Máster, haciendo un total de 84 preguntas, de diferentes niveles, igual que las anteriores preguntas desde el nivel 1 las más fáciles al nivel 5 las más difíciles.

Las pruebas consistían en interactuar 10 minutos con el sistema cliente, tanto jugando como respondiendo a las preguntas presentadas, luego de los diez minutos se hacía cerrar el juego y este inmediatamente enviaba por Bluetooth al servidor el resultado de la interacción de cada usuario con el sistema. En total se ha probado el sistema con 18 usuarios estudiantes del Máster, tanto varones como mujeres. Cada usuario ha tenido dos interacciones con el sistema, una utilizando como modelo adaptativo el propuesto por H. Ketamo y la otra utilizando la IRT, para hacer comparaciones entre ambas estimaciones. Ambas interacciones han tenido una separación temporal de más o menos una semana.

A continuación detallaremos los resultados obtenidos tanto analizando el rendimiento obtenido de los usuarios como el resumen de la interacción de las diferentes preguntas presentadas a los usuarios. En ambos casos detallaremos tanto la interacción de los usuarios utilizando el modelo de Ketamo como utilizando el modelo de la IRT.

Finalmente también analizaremos la relación entre el rendimiento de los usuarios según los diferentes estilos de aprendizaje, así como la experiencia de los usuarios y su opinión del sistema.

#### 4.2.3.2.1. Rendimiento de los usuarios

En este apartado analizaremos el rendimiento alcanzado por nuestros usuarios en sus interacciones con el sistema. Cada usuario se ha enfrentado a un conjunto de preguntas, acertando o fallándolas, la interacción total de nuestros usuarios está detallada en la parte II del Anexo F.

A continuación presentamos una tabla resumen donde presentamos a cada usuario con su puntaje obtenido con el sistema utilizando tanto la adaptatividad de Ketamo como la de la IRT, además también ponemos el puntaje promedio que podría tener cada usuario en ambos casos si simplemente se dividiera el número de aciertos entre la cantidad total de las preguntas presentadas.

Usuario	Puntaje Ketamo	P. Prom. Ketamo	Puntaje IRT	P. Prom. IRT
Usu1	4	2,23	2	3,07
Usu2	1	2,63	3	3,36
Usu3	4	3,03	2	3,25
Usu4	4	2,96	3	3,32
Usu5	4	4	2	3
Usu6	4	3,5	1	2
Usu7	1	2,83	0	1,81
Usu8	4	3,67	3	3,79
Usu9	3	2,42	1	2,83
Usu10	4	2	0	2
Usu11	4	332,96	0	2,42
Usu12	4	2,5	3	3,17
Usu13	0	2	2	3,5
Usu14	4	3,35	3	3,73
Usu15	4	2,28	1	2,63
Usu16	2	2,39	0	2,63
Usu17	3	2,26	1	2,68
Usu18	4	3,79	3	3,67
<b>Promedio</b>	<b>3,22</b>	<b>2,82</b>	<b>1,67</b>	<b>2,94</b>

Tabla 22. Resumen del rendimiento de los usuarios tanto con las técnicas adaptativas de Ketamo y de la IRT

En la tabla anterior vemos como utilizando el modelo de Ketamo el sistema tiende a asignar un puntaje mayor que el que tendríamos si no consideráramos los diferentes niveles de dificultad de las preguntas, igual que en la etapa anterior de pruebas. En cambio vemos que con el uso de la IRT, el sistema tiende a asignar un nivel menor al usuario que el que le asignaríamos al considerar a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad.

A continuación presentamos una serie de gráficos en los que compararemos tanto los modelos adaptativos como la puntuación dada por el sistema con la que obtendríamos si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad.

En el gráfico siguiente primeramente vemos que el puntaje dado por el sistema utilizando el modelo de Ketamo tiende a ser superior al que obtendríamos si consideráramos a todas las preguntas del mismo nivel y por ende sólo dividiéramos el número de aciertos entre la cantidad total de preguntas presentadas, este resultado es exactamente el mismo que el que nos dio en la anterior etapa de las pruebas haciendo esta comparativa.

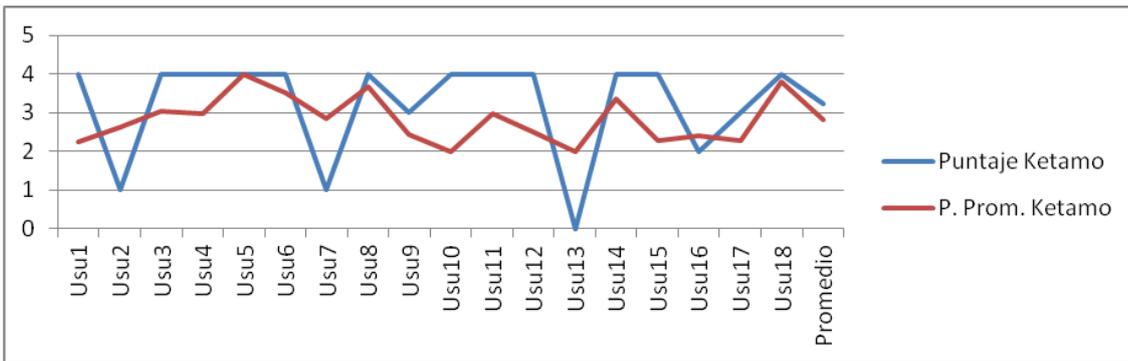


Figura 47. Comparativa entre el puntaje obtenido con el modelo de Ketamo con el que obtendríamos si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad

En el siguiente gráfico vemos que pasa exactamente lo contrario cuando se considera como técnica adaptativa la IRT, es decir que el sistema tiende a asignar un nivel menor que el que nosotros le daríamos al usuario al solamente dividir los aciertos por el total de preguntas. Esto nos indica que esta técnica es más restrictiva y exigente a la hora de determinar los niveles de los usuarios.

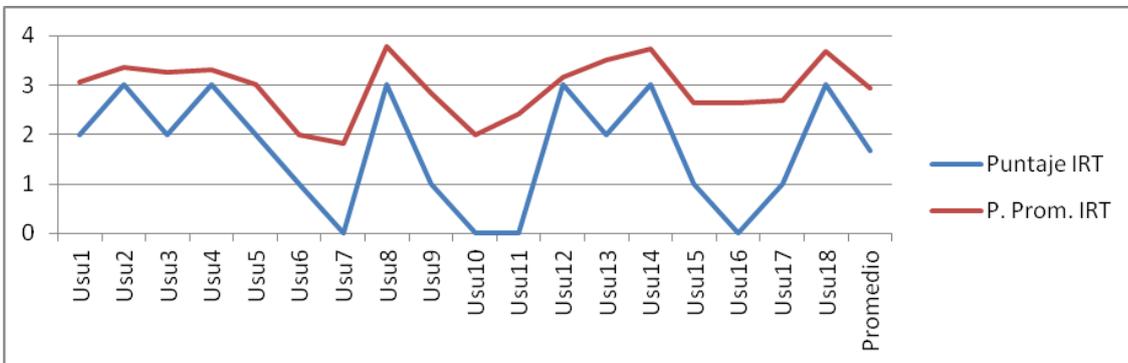


Figura 48. Comparativa entre el puntaje obtenido con el modelo de la IRT con el que obtendríamos si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad

Tal como hemos visto anteriormente, en el siguiente gráfico vemos como el sistema tiende a asignar un nivel superior a los usuarios utilizando el modelo adaptativo de Ketamo y un nivel inferior si utilizamos la IRT, salvo las excepciones del usuario 2 y el usuario 13.

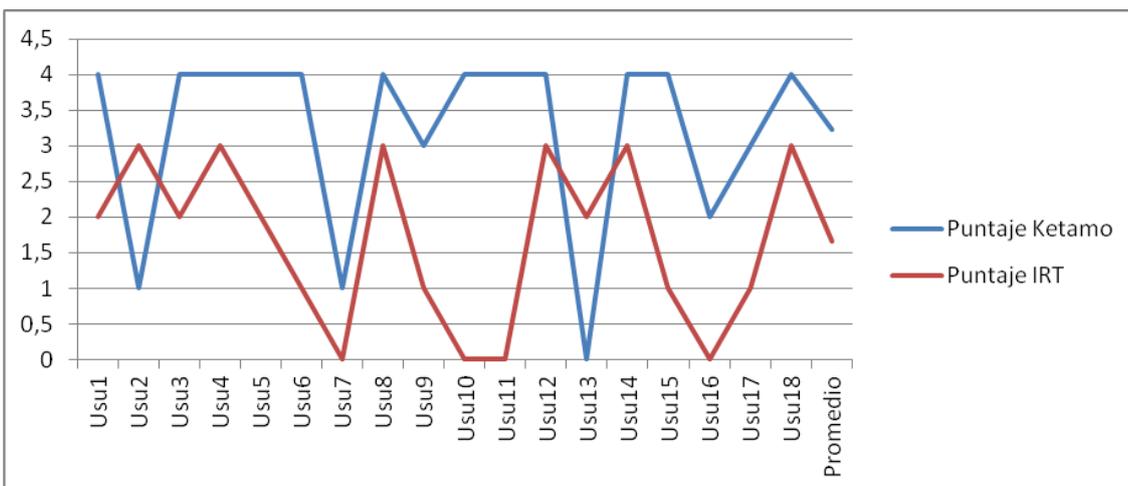


Figura 49. Comparativa entre el puntaje obtenido con el modelo de la IRT con el obtenido con el modelo de Ketamo

En el siguiente gráfico hacemos una comparación de los puntajes de nivel que obtendríamos de nuestros usuarios al solamente dividir el número de aciertos entre la cantidad total de preguntas presentadas a los usuarios, vemos que haciendo este tipo de cálculo las preguntas están mucho más relacionadas utilizando ambas técnicas, pues al fin y al cabo son los mismos usuarios, es decir la diferencia es menor y en síntesis el rendimiento de nuestros usuarios es similar.

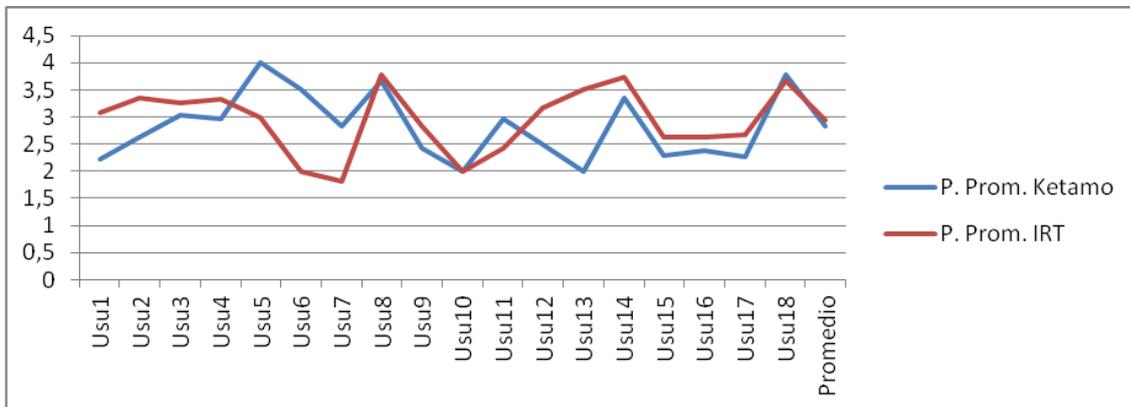


Figura 500. Comparativa entre el puntaje que se obtendría con el modelo de la IRT con el que obtendríamos con el modelo de Ketamo, si consideráramos a todas las preguntas con el mismo nivel de dificultad

Como tenemos usuarios de ambos sexos, podemos realizar una comparación del rendimiento de las mujeres y de los varones, en nuestros usuarios tenemos a 10 hombres y 8 mujeres. Primeramente los compararemos utilizando el modelo adaptativo de Ketamo y luego el de la IRT.

#### 4.2.3.2.1.1. Rendimiento de los usuarios utilizando adaptatividad de Ketamo

En el siguiente par de tablas vemos el nivel promedio calculado con el sistema utilizando el modelo adaptativo de Ketamo, tanto para hombres como para mujeres:

Usuario	Puntaje Ketamo
Usu2	1
Usu3	4
Usu6	4
Usu7	1
Usu11	4
Usu13	0
Usu14	4
Usu17	3
<b>Promedio</b>	<b>2,63</b>

Tabla 23. Rendimiento de las mujeres con el modelo de Ketamo

Usuario	Puntaje Ketamo
Usu1	4
Usu4	4
Usu5	4
Usu8	4
Usu9	3
Usu10	4
Usu12	4
Usu15	4
Usu16	2
Usu18	4
<b>Promedio</b>	<b>3,70</b>

Tabla 24. Rendimiento de los varones con el modelo de Ketamo

Vemos que el sistema calcula en promedio un nivel superior en los varones de aproximadamente 1 punto, en una escala del 0 al 4, lo cual es una diferencia un poco significativa.

#### 4.2.3.2.1.2. Rendimiento de los usuarios utilizando la adaptatividad de la IRT

En el siguiente par de tablas vemos el rendimiento de nuestros usuarios mujeres y varones utilizando el modelo adaptativo de la IRT:

Usuario	Puntaje IRT
Usu2	3
Usu3	2
Usu6	1
Usu7	0
Usu11	0
Usu13	2
Usu14	3
Usu17	1
<b>Promedio</b>	<b>1,50</b>

Tabla 25. Rendimiento de las mujeres con el modelo de la IRT

Usuario	Puntaje IRT
Usu1	2
Usu4	3
Usu5	2
Usu8	3
Usu9	1
Usu10	0
Usu12	3
Usu15	1
Usu16	0
Usu18	3
<b>Promedio</b>	<b>1,80</b>

Tabla 26. Rendimiento de los varones con el modelo de la IRT

Vemos que si bien ahora también los varones tienen un puntaje mayor, la diferencia en el promedio calculado entre varones y mujeres es menor.

En primer lugar los promedios son más bajos pues la técnica adaptativa de la IRT es más restrictiva y exigente a la hora de asignar niveles a nuestros usuarios.

En segundo lugar creemos que esta segunda comparación es más acertada, pues nuestros usuarios son de perfiles muy parecidos en cuanto a formación en la materia evaluada, tanto los hombres como las mujeres, sin embargo la técnica de Ketamo tiende a actuar redondeando sus cálculos, por tanto tiende a acrecentar las pequeñas diferencias obtenidas.

#### 4.2.3.2.2. Preguntas presentadas

En este apartado analizaremos como han sido respondidas las preguntas presentadas a los diferentes usuarios en sus interacciones con el sistema. Compararemos si hay alguna relación entre el nivel de dificultad de las preguntas con el tiempo medio de respuesta y el promedio de aciertos (aciertos / cantidad) de cada una de las preguntas. El detalle de estas interacciones de ve en la parte II del Anexo E, a continuación detallaremos como las preguntas han sido presentadas tanto utilizando el modelo adaptativo de Ketamo como el modelo de la IRT.

##### 4.2.3.2.2.1. Preguntas presentadas utilizando la adaptatividad de Ketamo

En esta primera parte haremos un análisis de las preguntas presentadas utilizando la adaptatividad de Ketamo. Primero trataremos de encontrar una relación entre el nivel de las preguntas presentadas con el tiempo medio de respuesta y el promedio de aciertos a las mismas, luego trataremos de encontrar una relación de estos dos parámetros clasificando a las preguntas presentadas por asignaturas.

En las diferentes interacciones de los usuarios con el sistema se han llegado a presentar 49 de las 84 preguntas posibles de nuestro Anexo B. Resumimos las características principales de las preguntas presentadas en la siguiente tabla:

Pregunta	Asignatura	Nivel	Cantidad	Aciertos	Tiempo Medio (s)	Promedio
Pregunta A	I	3	16	7	23,57	0,44
Pregunta B	I	2	1	1	35,64	1,00
Pregunta C	I	1	3	1	21,33	0,33
Pregunta F	I	1	2	2	35,1	1
Pregunta H	II	1	2	2	38,07	1
Pregunta K	II	1	2	2	32,93	1
Pregunta AA	IV	2	17	12	19,23	0,71
Pregunta AB	IV	2	6	5	19,19	0,83
Pregunta BF	IX	4	2	2	14,38	1,00
Pregunta BH	IX	2	1	1	20,03	1,00
Pregunta BI	IX	4	2	1	17,56	0,50
Pregunta BJ	IX	5	5	2	38,90	0,40
Pregunta BK	IX	5	3	0	17,12	0,00
Pregunta BL	IX	1	3	3	20,92	1,00
Pregunta AC	V	1	18	14	29,31	0,78
Pregunta AD	V	4	15	13	26,1	0,87
Pregunta AF	V	3	4	3	19,82	0,75
Pregunta AG	V	3	2	2	26,49	1,00
Pregunta AH	V	2	1	1	13,35	1,00
Pregunta AI	V	5	14	6	17,64	0,43
Pregunta AJ	V	5	13	4	13,71	0,31
Pregunta AK	VI	3	1	0	21,27	0,00
Pregunta AL	VI	5	13	7	16,49	0,54
Pregunta AM	VI	4	4	2	17,88	0,5
Pregunta AN	VI	3	1	0	50,14	0,00
Pregunta AO	VI	1	4	2	16,53	0,50
Pregunta AP	VI	2	1	0	12,86	0,00
Pregunta AQ	VI	5	10	9	20,10	0,90
Pregunta AR	VII	3	1	1	33,99	1,00
Pregunta AS	VII	1	4	4	20,58	1,00

Pregunta	Asignatura	Nivel	Cantidad	Aciertos	Tiempo Medio (s)	Promedio
Pregunta AT	VII	2	1	1	16,82	1,00
Pregunta AV	VII	4	3	3	19,34	1,00
Pregunta AW	VII	5	10	7	16,52	0,70
Pregunta AX	VII	5	10	8	16,40	0,80
Pregunta AY	VIII	5	8	6	20,66	0,75
Pregunta BA	VIII	5	7	3	17,68	0,43
Pregunta BB	VIII	2	1	1	16,76	1,00
Pregunta BD	VIII	4	2	1	21,75	0,50
Pregunta BE	VIII	1	3	1	21,54	0,33
Pregunta BM	X	4	2	2	26,08	1,00
Pregunta BO	X	5	2	2	19,96	1,00
Pregunta BQ	X	5	2	1	15,74	0,50
Pregunta BR	X	4	2	0	13,88	0,00
Pregunta BS	X	1	3	1	41,47	0,33
Pregunta BW	XI	4	1	1	9,33	1,00
Pregunta BY	XI	5	1	0	24,94	0,00
Pregunta BZ	XI	1	3	3	15,50	1,00
Pregunta CA	XII	1	2	2	28,17	1,00
Pregunta CC	XII	5	1	0	17,56	0,00

Tabla 27. Resumen de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de Ketamo

De la tabla anterior sacamos las siguientes gráficas:

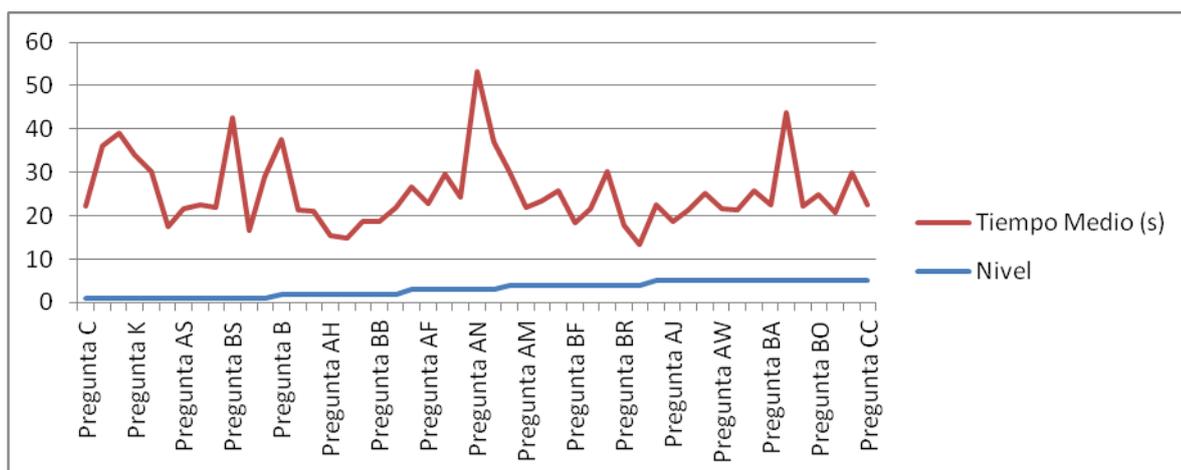


Figura 51. Relación de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de Ketamo entre su tiempo medio de respuesta y su nivel de dificultad

Como vemos en la gráfica anterior no existe una relación clara entre el tiempo medio de respuesta gastado en responder una pregunta con su nivel de dificultad de la misma.

Por otra parte en el gráfico siguiente vemos que existe cierta tendencia a tener menos aciertos cuando el nivel de dificultad de las preguntas crece:

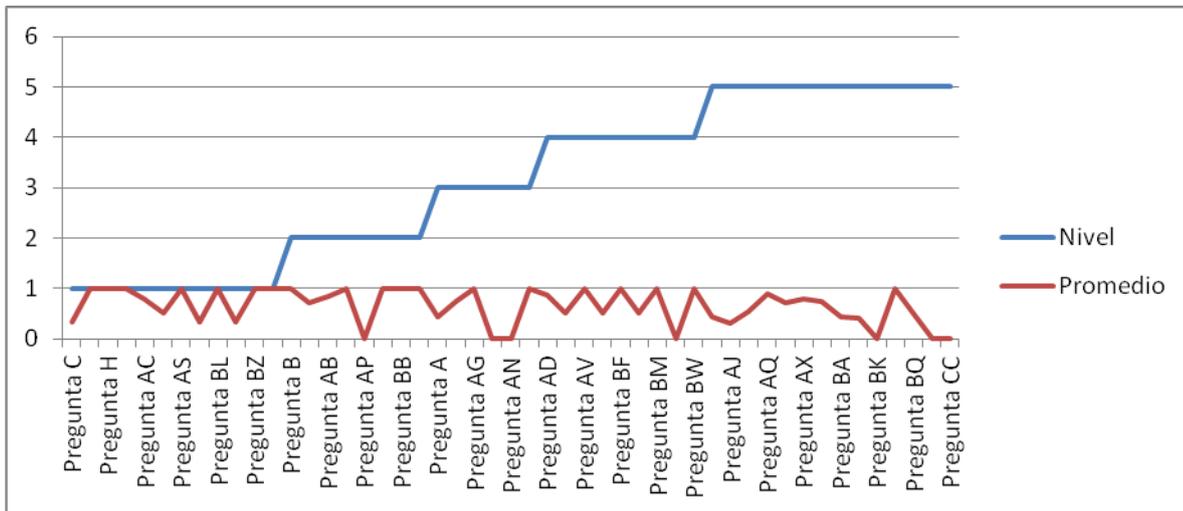


Figura 52. Relación de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de Ketamo entre su promedio de aciertos y su nivel de dificultad

Para ver un poco más claramente estas dos relaciones anteriormente analizadas, haremos un resumen mayor, promediando a todas las preguntas que pertenezcan a un nivel, de este resumen obtendremos la siguiente tabla:

Nivel	Tiempo Promedio	Promedio Aciertos
Nivel 1	26,79	0,77
Nivel 2	19,23	0,82
Nivel 3	29,21	0,53
Nivel 4	18,48	0,71
Nivel 5	19,53	0,48

Tabla 28. Resumen por nivel de las preguntas presentadas utilizando el modelo de Ketamo

En base a esta tabla obtenemos los siguientes dos gráficos:

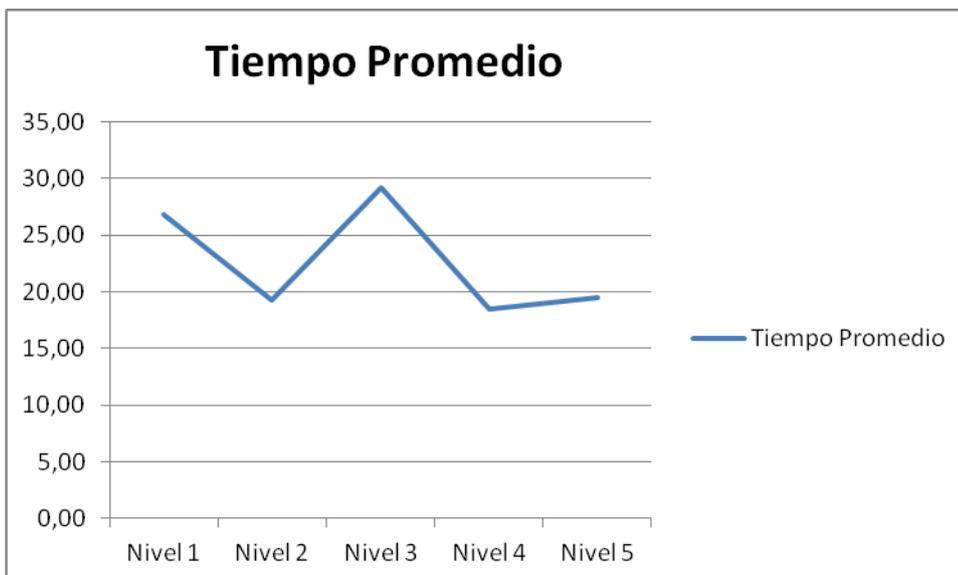


Figura 53. Tiempo promedio gastado en responder una pregunta de un determinado nivel de dificultad

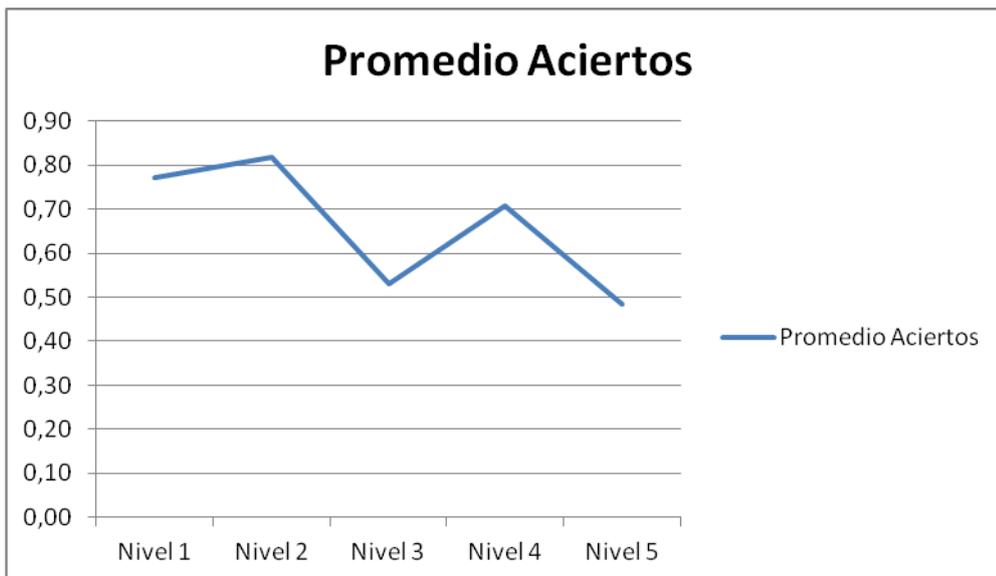


Figura 54. Promedio de aciertos de las preguntas en diferentes niveles de dificultad

Del primer gráfico vemos que no existe una relación clara entre el nivel de dificultad de una determinada pregunta con el tiempo medio gastado en responderla, aunque hay cierta tendencia a gastar más tiempo en las preguntas más fáciles y las de nivel intermedio, esto puede ser por que el usuario quiere asegurar más las preguntas de este nivel y por lo tanto tarda más tiempo en ellas, o que los niveles de las preguntas este mal calibrado.

Por otro lado vemos que hay un mayor promedio de acierto en las preguntas de los dos niveles más fáciles, y un menor promedio de aciertos en las preguntas de los tres niveles más difíciles, esta relación es algo lógico, aunque no va en un orden absoluto se ve claramente la tendencia a acertar más a las preguntas más fáciles y menos a las preguntas más difíciles.

Como hemos dicho anteriormente nuestras preguntas pertenecen a las doce asignaturas del Máster oficial en Redes de Telecomunicación para países en desarrollo, las cuales están codificadas de la siguiente forma:

- I.** Laboratorio de Redes de Ordenadores
- II.** Proyectos de cooperación al desarrollo
- III.** Sistemas de electrificación autónomos en redes de telecomunicación
- IV.** Comunicaciones por satélite de última generación
- V.** Laboratorio de administración de sistemas
- VI.** Metodología de desarrollo de proyectos de investigación aplicada
- VII.** Tendencias de conmutación de voz sobre redes heterogéneas
- VIII.** Técnicas avanzadas de transmisión de voz y datos en HF y VHF
- IX.** Gestión y mantenimiento de redes inalámbricas en zonas aisladas
- X.** Laboratorio de servicios web
- XI.** Diseño e instalación de sistemas de radiocomunicación
- XII.** Redes inalámbricas de banda ancha

En la siguiente tabla resumimos las características principales de las preguntas agrupándolas por las asignaturas a las que pertenecen:

Asignatura	Tiempo Promedio	Promedio Aciertos
I	28,91	0,69
II	35,50	1,00
IV	19,21	0,77
V	20,92	0,73
VI	22,18	0,35
VII	20,61	0,92
VIII	19,68	0,60
IX	21,49	0,65
X	23,43	0,57
XI	16,59	0,67
XII	22,87	0,50

Tabla 29. Resumen de las características de las preguntas por asignaturas

Lo primero que vemos es que el sistema no ha presentado ninguna pregunta de la asignatura Sistemas de electrificación autónomos en redes de telecomunicación, viendo las características de sus preguntas (nivel de dificultad de las mismas) no encontramos nada en especial comparada con cualquier otra asignatura.

Por otro lado de la tabla resumen, en el siguiente gráfico vemos la relación entre las preguntas y el tiempo promedio gastado en responderlas, vemos que las preguntas de la asignatura de Proyectos de cooperación al desarrollo son en las que los usuarios gastan más tiempo en responder, y las preguntas de la asignatura Diseño e instalación de sistemas de radiocomunicación son las que tienen un tiempo de respuesta menor. Esto puede ser porque la primera asignatura es demasiado teórica y con enunciados más largos y la segunda es más práctica y con enunciados más directos.

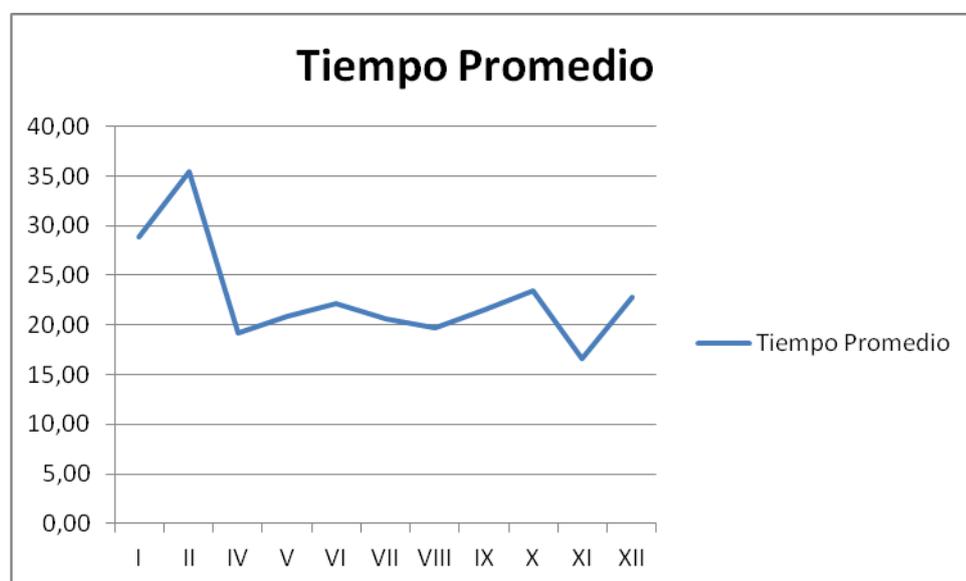


Figura 55. Resumen del tiempo promedio gastado en responder las preguntas por asignatura

En la siguiente gráfica vemos la relación de las asignaturas con el promedio de aciertos que tienen las preguntas de ellas. Vemos que la asignatura Proyectos de cooperación al desarrollo tiene un mejor puntaje de aciertos y la asignatura Metodología de desarrollo de proyectos de investigación aplicada tiene un menor número de aciertos, si bien ambas asignaturas son de carácter teórico, esto puede ser debido a que en el Máster la primera asignatura ha sido evaluada en forma de examen

tradicional, obligando a los estudiantes a aprender mejor los conceptos y además en responder sus preguntas han tardado más tiempo, en cambio la segunda asignatura en el Máster ha sido evaluada de forma práctica, aplicando los conocimientos a trabajos y ejercicios, lo cual hace tender a los usuarios a aprender un poco menos los conceptos teóricos.

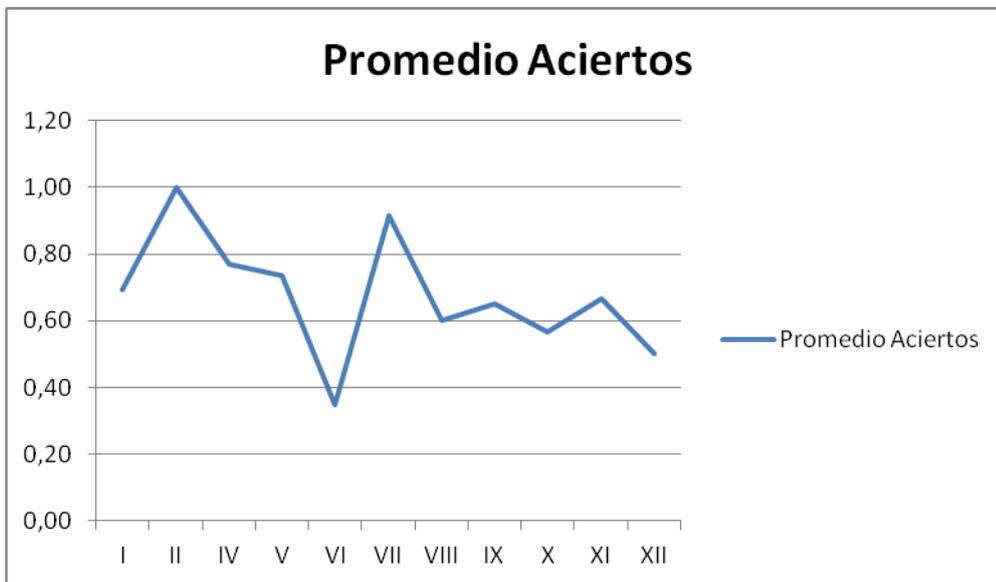


Figura 56. Resumen del promedio de aciertos en las preguntas por asignatura

Este tipo de análisis nos puede ayudar en un futuro a proponer preguntas más adecuadas a nuestros usuarios, ya sea tendiendo a modificar su longitud o su nivel de dificultad o agregando preguntas más informativas para su evaluación.

#### 4.2.3.2.2. Preguntas presentadas utilizando la adaptatividad de la IRT

En esta segunda parte haremos un análisis de las preguntas presentadas utilizando la adaptatividad de la IRT. Primero trataremos de encontrar una relación entre el nivel de las preguntas presentadas con el tiempo medio de respuesta y el promedio de aciertos a las mismas, luego trataremos de encontrar una relación de estos dos parámetros clasificando a las preguntas presentadas por asignaturas.

En las diferentes interacciones de los usuarios con el sistema se han llegado a presentar 35 de las 84 preguntas posibles del Anexo B. Resumimos las características principales de las preguntas presentadas en la siguiente tabla:

Pregunta	Asignatura	Nivel	Cantidad	Aciertos	Tiempo Medio (s)	Promedio
Pregunta A	I	3	12	6	47,17	0,5
Pregunta B	I	2	15	11	24,85	0,73
Pregunta C	I	1	4	2	30,39	0,5
Pregunta F	I	1	2	2	24,62	1
Pregunta G	I	2	9	8	19,64	0,89
Pregunta J	II	3	4	3	43,91	0,75
Pregunta K	II	1	2	2	18,37	1
Pregunta L	II	2	8	6	31,51	0,75
Pregunta N	II	2	7	5	67,78	0,71
Pregunta O	III	2	6	3	48,48	0,5
Pregunta Q	III	1	2	2	14,20	1
Pregunta AC	V	1	5	4	28,64	0,8
Pregunta AF	V	3	9	6	18,64	0,67
Pregunta AG	V	3	8	8	29,53	1
Pregunta AM	VI	4	4	3	28,12	0,75
Pregunta AN	VI	3	7	2	41,09	0,29
Pregunta AO	VI	1	5	0	23,54	0
Pregunta AP	VI	2	18	10	50,74	0,56
Pregunta AR	VII	3	5	4	19,67	0,8
Pregunta AT	VII	2	17	12	37,47	0,71
Pregunta AZ	VIII	3	5	4	21,31	0,8
Pregunta BD	VIII	4	3	2	46,17	0,67
Pregunta BF	IX	4	3	3	17,92	1
Pregunta BG	IX	3	4	1	27,61	0,25
Pregunta BH	IX	2	14	10	27,25	0,71
Pregunta BN	X	3	4	3	19,87	0,75
Pregunta BP	X	2	14	8	22,27	0,57
Pregunta BR	X	4	3	0	28,07	0
Pregunta BT	XI	2	14	11	15,01	0,79
Pregunta BU	XI	2	13	10	14,60	0,77
Pregunta BV	XI	3	18	17	62,91	0,94
Pregunta BW	XI	4	2	1	24,53	0,5
Pregunta BX	XI	4	1	0	21,97	0
Pregunta BZ	XI	1	5	5	13,43	1
Pregunta CA	XII	1	3	3	31,46	1

Tabla 30. Resumen de las preguntas presentadas utilizando la técnica adaptativa de la IRT

De la tabla anterior sacamos las siguientes gráficas comparativas entre el nivel de dificultad de las preguntas con el tiempo medio de respuestas a las mismas y el promedio de aciertos a las mismas:

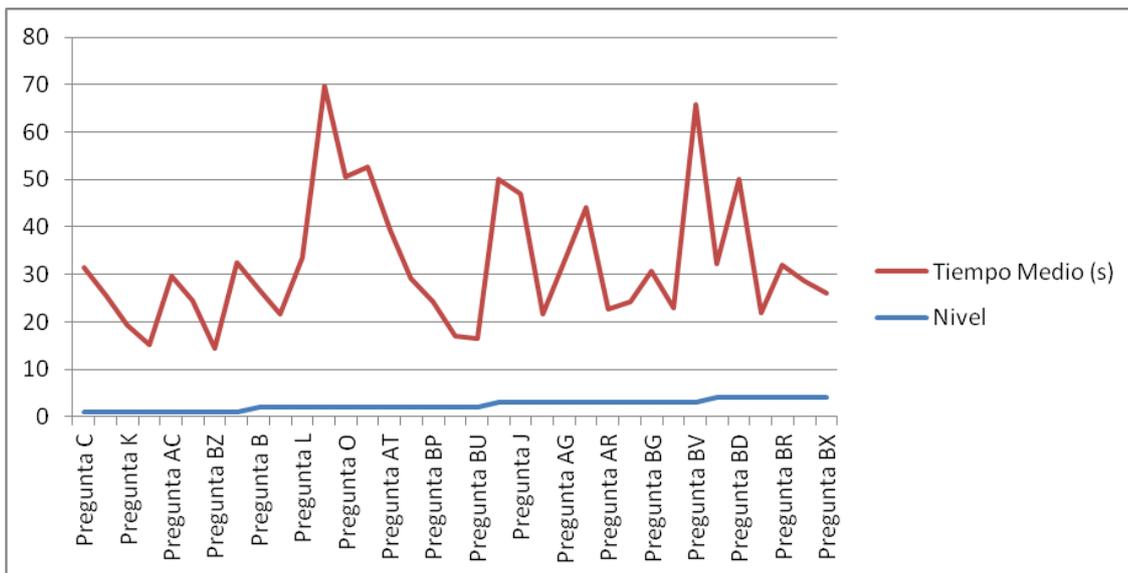


Figura 57. Relación entre la dificultad de las preguntas y el tiempo de respuestas utilizando el modelo de la IRT

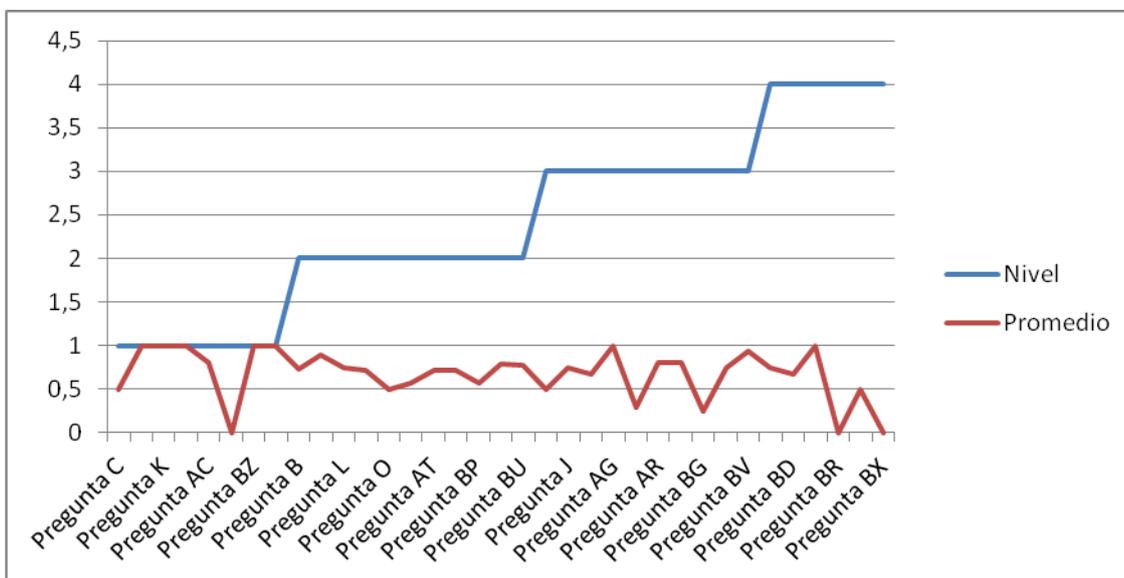


Figura 58. Relación entre la dificultad de las preguntas y el promedio de aciertos en sus respuestas utilizando el modelo de la IRT

De las gráficas anteriores a primera vista podemos ver que no existe ninguna relación clara entre el tiempo medio de las respuestas a las preguntas con su nivel de dificultad, en cambio vemos que pareciera existir cierta tendencia a responder mejor a las preguntas de nivel más bajo y un poco peor a las preguntas de nivel más alto. Ahora bien, para clarificar un poco más estas relaciones, hacemos un pequeño resumen de las preguntas, agrupandolas por nivel, y obtenemos la siguiente tabla que nos resumen la relación de las preguntas por nivel con el tiempo promedio y el promedio de aciertos en sus respuestas:

Nivel	Tiempo Promedio	Promedio Aciertos
Nivel 1	23,08	0,79
Nivel 2	32,69	0,70
Nivel 3	33,17	0,68
Nivel 4	27,80	0,49

Tabla 31. Resumen por nivel de la relación de las preguntas con el tiempo promedio gastado en responderlas y su promedio de aciertos con la IRT

De la tabla anterior sacamos las siguientes gráficas, una con la relación del tiempo gastado en responder y otra con el promedio de aciertos en las respuestas:

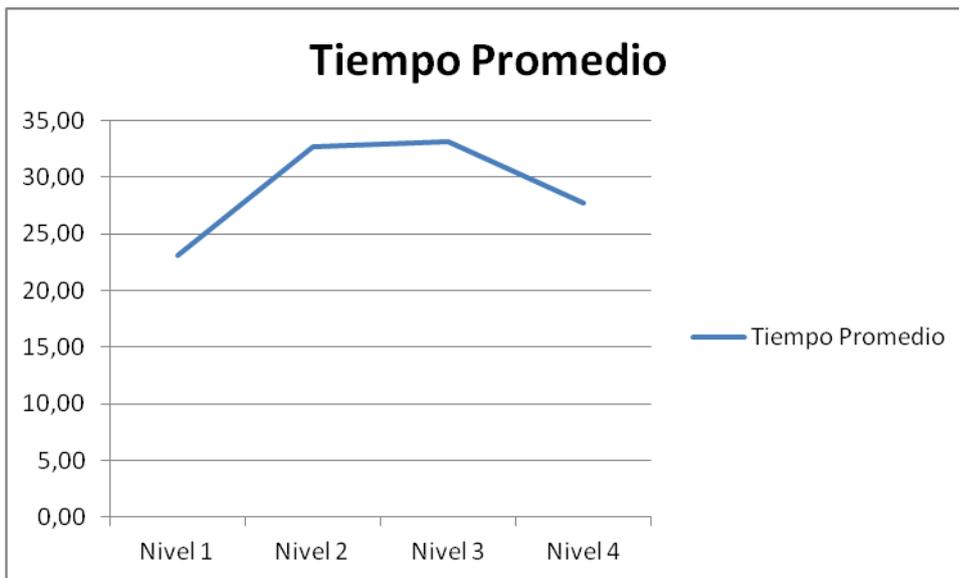


Figura 59. Relación entre el tiempo promedio de respuestas en diferentes niveles utilizando la técnica adaptativa de la IRT

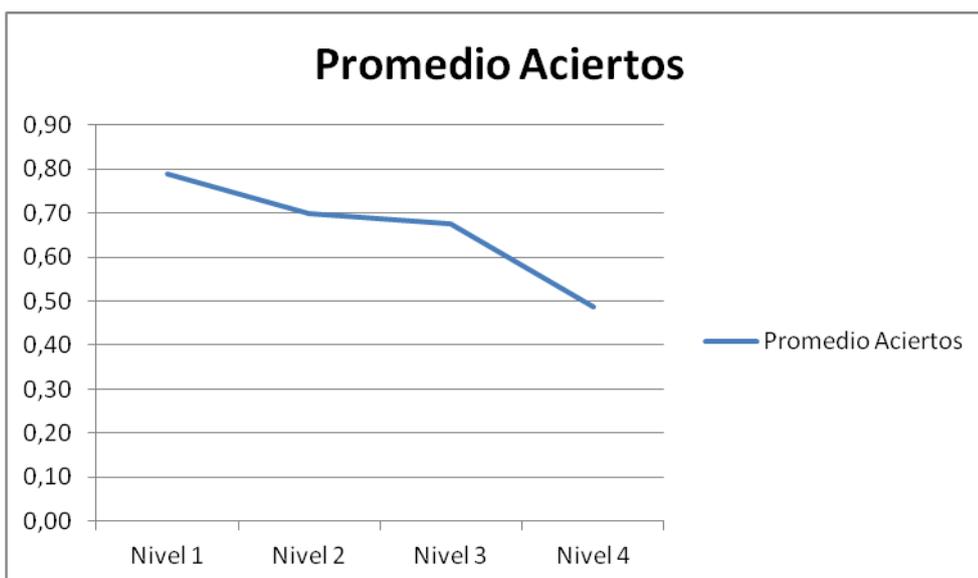


Figura 60. Relación entre el promedio de aciertos en las respuestas en diferentes niveles utilizando la técnica adaptativa de la IRT

De las gráficas anteriores podemos concluir lo siguiente:

Primero, se gasta menos tiempo en responder a las preguntas más fáciles y más tiempo respondiendo las preguntas de nivel medio, esto puede ser por que las preguntas más fáciles son más conocidas por los usuarios, las preguntas de nivel intermedio son también conocidas por ellos pero menos y por lo tanto gastan más tiempo concentrándose en tratar de responderlas correctamente, en cambio en las preguntas difíciles también se gastan un tiempo bajo, pues no tienen ni idea de ellas y pasan de leerlas detalladamente.

Por otro lado, vemos que existe una relación más clara que en ningún otro caso entre el nivel de dificultad de las preguntas con el promedio de aciertos en las mismas, aquí se ve claramente que

mientras más difíciles son las preguntas menos aciertos los usuarios tienen en sus respuestas. Esto nos puede indicar que este método adaptativo hace una mejor clasificación de los usuarios a través de su procesado estadístico, comparandolo con el sistema propuesto por Ketamo. Finalizando el análisis de las preguntas, clasificaremos a las preguntas por asignaturas, y resumiremos sus características de análisis en la siguiente tabla:

Asignatura	Tiempo Promedio	Promedio Aciertos
I	29,33	0,72
II	40,39	0,80
III	31,34	0,75
V	25,60	0,82
VI	35,87	0,40
VII	28,57	0,76
VIII	33,74	0,74
IX	24,26	0,65
X	23,40	0,44
XI	25,41	0,67
XII	31,46	1,00

Tabla 32. Resumen de las características de las preguntas clasificadas por asignaturas utilizando el modelo de la IRT

De la tabla anterior sacamos los siguientes gráficos para una mejor comprensión de nuestro análisis por asignatura:

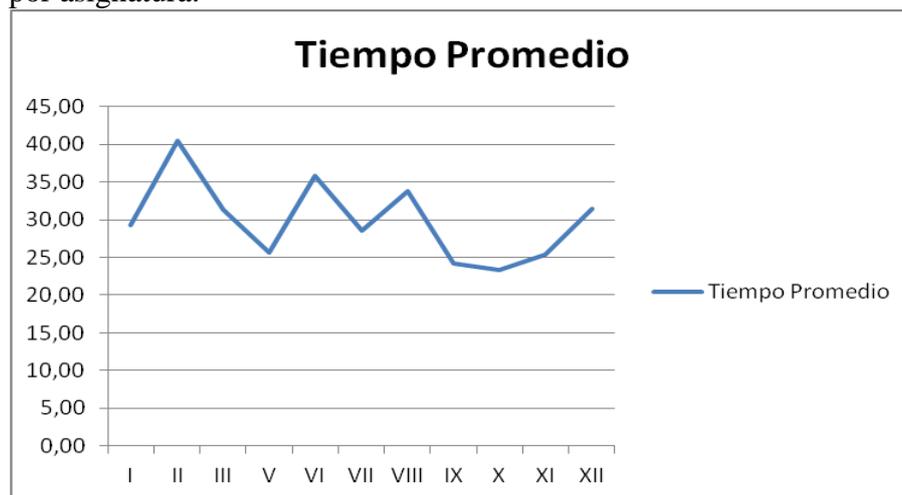


Figura 61. Tiempo de respuesta por asignatura según la IRT

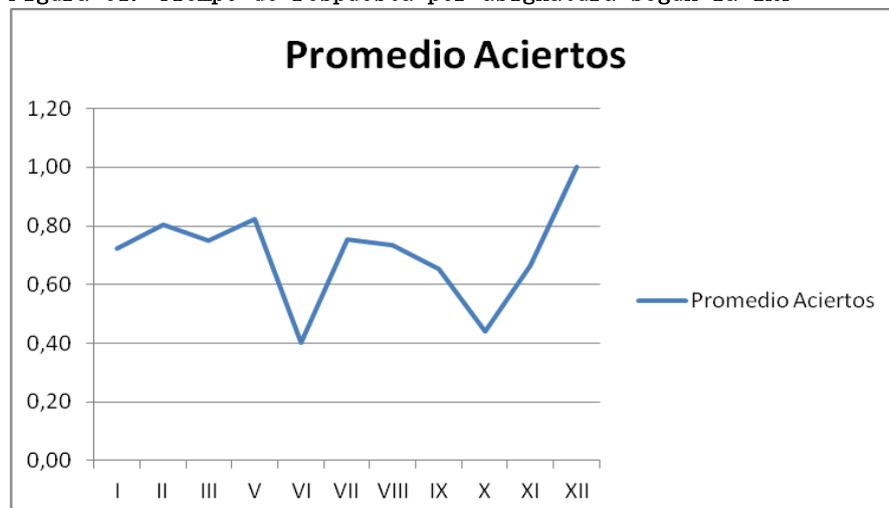


Figura 62. Promedio de aciertos por asignaturas según la IRT

De los gráficos anteriores vemos lo siguiente:

Primero, vemos que no existe ninguna pregunta de la asignatura de Comunicaciones por satélite de última generación, analizándola detalladamente no vemos ninguna característica particular en las preguntas de esta asignatura.

Por otro lado vemos que los usuarios gastan más tiempo contestando a las preguntas de la asignatura de Proyectos de cooperación para el desarrollo, creemos que esto es por la gran base teórica de esta asignatura y la dimensión de sus preguntas, en cambio vemos que entre las asignaturas que se gasta menos tiempo en leer sus preguntas están: Laboratorio de administración de sistemas, Gestión y mantenimiento de redes inalámbricas en zonas aisladas, Laboratorio de servicios web, Diseño e instalación de sistemas de radiocomunicación, todas ellas son de características más prácticas y por lo tanto sus preguntas tienden a ser más directas.

Finalmente viendo la relación del promedio de aciertos, vemos que los usuarios fallan más en las asignaturas de Metodología de desarrollo de proyectos de investigación aplicada y Laboratorio de servicios web, estas dos asignaturas fueron evaluadas gran parte en base a trabajos prácticos lo cual hace que los usuarios tengan una menor base teórica, y sin embargo vemos que la asignatura con mayor promedio de aciertos es Redes inalámbricas de banda ancha, una asignatura bastante difícil dentro del máster, lo que ha obligado a los estudiantes a prestarle más atención a sus conocimientos impartidos para lograr aprenderla, y estos conocimientos pueden verse reflejados a largo plazo.

Estas relaciones no deben considerarse como absolutas, pues depende en gran medida de la cantidad de interacciones que tienen las preguntas con los estudiantes, se tendría que hacer pruebas con 10 veces “más preguntas”, y 10 veces “más usuarios” para llegar a conclusiones más validas de las relaciones entre tiempo gastado y promedio de aciertos por las asignaturas, de hecho IRT necesita de grandes bancos de pruebas hasta tener una calibración más perfecta de sus ítems evaluables.

#### 4.2.3.2.3. Ejemplos de la ruta del aprendizaje calculada para el estudiante

Haremos el ejemplo con el usuario 18, primeramente mostraremos la secuencia del mismo usuario 18 con el modelo de adaptatividad de H. Ketamo:

1) Porcentaje de acierto = 0%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: AC de nivel 1

Respuesta: b correcta

Nivel: 0

2) Porcentaje de acierto = 100%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: AA de nivel 2

Respuesta: a correcta

Nivel: 1

3) Porcentaje de acierto = 100%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: A de nivel 3

Respuesta: c correcta

Nivel: 2

4) Porcentaje de acierto = 100%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: AD de nivel 4

Respuesta: a correcta

Nivel: 3

5) Porcentaje de acierto = 100%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: AI de nivel 5

Respuesta: a correcta

Nivel: 4

6) Porcentaje de acierto = 100%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: AJ de nivel 5

Respuesta: c correcta

Nivel: 4

7) Porcentaje de acierto = 100%

Porcentaje de error = 0%

Pregunta: AL de nivel 5

Respuesta: b incorrecta

Nivel: 4

Final) Porcentaje de acierto = 86%

Porcentaje de error = 14%

Nivel: 4

Finalmente calculamos el nivel académico del usuario y nos da un 4, dentro del rango posible del 0 al 4. Sintetizamos toda la secuencia de estas interacciones en la siguiente tabla:

Nivel	Pregunta	Nivel de pregunta	Respuesta	Acierto	Porcentaje de Acierto	Porcentaje de Error
0	AC	1	B	Sí	0%	0%
1	AA	2	A	Sí	100%	0%
2	A	3	C	Sí	100%	0%
3	AD	4	A	Sí	100%	0%
4	AI	5	A	Sí	100%	0%
4	AJ	5	C	Sí	100%	0%
4	AL	5	B	No	100%	0%
<b>4</b>					86%	14%

Tabla 33. Interacción del usuario 18 con la adaptatividad de Ketamo

Vemos que cumple con la adaptatividad propuesta por H. Ketamo, pues si el porcentaje de error es menor al 34% y el nivel del usuario es menor que 4, entonces se aumenta en uno el nivel, en cambio si tuviéramos un error superior al 50% y con un nivel mayor que cero, se disminuiría el nivel del usuario, este caso no se ha dado en el ejemplo, pero vemos el funcionamiento de esta sencilla adaptatividad propuesta.

Ahora mostramos la secuencia de los parámetros más necesarios para la adaptatividad en la IRT y su cálculo de su nivel:

Nivel de usuario = {**0.20**, 0.20, 0.20, 0.20, 0.20}

Varianza: -2.0

Pregunta: BV de nivel 3

Respuesta: d correcta

Nivel: 0

1) Nivel de usuario = {0.12, 0.15, 0.20, 0.25, **0.28**}

Varianza: -1.82

Pregunta: AP de nivel 2

Respuesta: a correcta

Nivel: 4

2) Nivel de usuario = {0.07, 0.12, 0.20, 0.28, **0.33**}

Varianza: -1.55

Pregunta: A de nivel 3

Respuesta: c correcta

Nivel: 4

3) Nivel de usuario = {0.04, 0.09, 0.17, 0.30, **0.40**}

Varianza -1.28

Pregunta: AF de nivel 3

Respuesta: c correcta

Nivel: 4

4) Nivel de usuario = {0.02, 0.06, 0.15, 0.30, **0.47**}

Varianza -1,04

Pregunta: AG de nivel 3

Respuesta: c correcta

Nivel: 4

5) Nivel de usuario = {0.01, 0.04, 0.12, 0.30, **0.52**}

Varianza: -0,83

Pregunta: AN de nivel 3

Respuesta: b incorrecta

Nivel: 4

Final) Nivel de usuario = {0.03, 0.10, 0.23, **0.34**, 0.30}

Varianza: -0,21

Nivel: 3

Finalmente el sistema nos da un 3 como nivel de nuestro usuario. Sintetizamos todas las interacciones anteriores en la siguiente tabla:

Nivel	Varianza	Pregunta	Nivel de pregunta	Respuesta	Acierto	Probabilidades de nivel
0	2	BV	3	D	Sí	{ <b>0.20</b> , 0.20, 0.20, 0.20, 0.20}
4	1,82	AP	2	A	Sí	{0.12, 0.15, 0.20, 0.25, <b>0.28</b> }
4	1,55	A	3	C	Sí	{0.07, 0.12, 0.20, 0.28, <b>0.33</b> }
4	1,28	AF	3	C	Sí	{0.04, 0.09, 0.17, 0.30, <b>0.40</b> }
4	1,04	AG	3	C	Sí	{0.02, 0.06, 0.15, 0.30, <b>0.47</b> }
4	0,83	AN	3	B	No	{0.01, 0.04, 0.12, 0.30, <b>0.52</b> }
<b>3</b>	0,21					{0.03, 0.10, 0.23, <b>0.34</b> , 0.30}

Tabla 34. Interacción del usuario 18 con la adaptatividad de la IRT

Aquí en la IRT observamos que sigue la lógica del método descrito de la IRT obtener nivel de usuario, que consiste en la posición de máxima probabilidad del vector de probabilidades de nivel de usuario, luego de actualizar el modelo de usuario después de un fallo o un error.

Además vemos que el salto de nivel de usuarios es más rápido que Ketamo al inicio, vemos que si el usuario va respondiendo acertadamente las preguntas, las probabilidades de encontrarse en un nivel alto va creciendo, en cambio si el usuario falla, crecen las probabilidades de encontrarse en un nivel bajo de conocimiento. Vemos que en cada interacción ya sea con un fallo o un acierto la varianza de las probabilidades encontradas en el vector de probabilidades de nivel de usuario va bajando.

IRT es un método más completo y de cálculos más complejos pues considera a todo el banco de preguntas y a todos los niveles posibles del usuario, y no sólo varía puntualmente según el usuario falle o acierte una determinada interacción con el sistema.

#### 4.2.3.2.4. Relación entre el rendimiento y el estilo de aprendizaje

Antes que nada debemos definir que es un estilo de aprendizaje: El término “estilo de aprendizaje” se refiere al hecho de que cada persona utiliza su propio método o estrategias para aprender. Aunque las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales, tendencias que definen un estilo de aprendizaje. La noción de que cada persona aprende de manera distinta a las demás permite buscar las vías más adecuadas para facilitar el aprendizaje, sin embargo hay que tener cuidado de no “etiquetar”, ya que los estilos de aprendizaje, aunque son relativamente estables, pueden cambiar; pueden ser diferentes en situaciones diferentes; son susceptibles de mejorarse; y cuando a los estudiantes se les enseña según su propio estilo de aprendizaje, aprenden con más efectividad [99].

El modelo de Felder y Silverman clasifica los estilos de aprendizaje a partir de cinco dimensiones están relacionadas con las respuestas que se puedan obtener a las siguientes preguntas [100]:

Pregunta	Dimensión del Aprendizaje y Estilos	Descripción de los estilos
¿Qué tipo de información perciben preferentemente los estudiantes?	Dimensión relativa al tipo de información: sensitivos – intuitivos	Básicamente, los estudiantes perciben dos tipos de información: información externa o sensitiva a la vista, al oído o a las sensaciones físicas e información interna o intuitiva a través de memorias, ideas, lecturas, etc.
¿A través de qué modalidad sensorial es más efectivamente percibida la información cognitiva?	Dimensión relativa al tipo de estímulos preferenciales: visuales – verbales	Con respecto a la información externa, los estudiantes básicamente la reciben en formatos visuales mediante cuadros, diagramas, gráficos, demostraciones, etc. o en formatos verbales mediante sonidos, expresión oral y escrita, fórmulas, símbolos, etc.
¿Con qué tipo de organización de la información está más cómodo el estudiante a la hora de trabajar?	Dimensión relativa a la forma de organizar la información: inductivos – deductivos	Los estudiantes se sienten a gusto y entienden mejor la información si está organizada inductivamente donde los hechos y las observaciones se dan y los principios se infieren o deductivamente donde los principios se revelan y las consecuencias y aplicaciones se deducen.
¿Cómo progresa el estudiante en su aprendizaje?	Dimensión relativa a la forma de procesar y comprensión de la información: secuenciales – globales	El progreso de los estudiantes sobre el aprendizaje implica un procedimiento secuencial que necesita progresión lógica de pasos incrementales pequeños o entendimiento global que requiere de una visión integral.
¿Con qué tipo de organización de la información está más cómodo el estudiante a la hora de trabajar?	Dimensión relativa a la forma de trabajar con la información: activos – reflexivos.	La información se puede procesar mediante tareas activas a través compromisos en actividades físicas o discusiones o a través de la reflexión o introspección.

Tabla 35. Las cinco dimensiones del estilo de aprendizaje según Felder y Silverman

A partir de estos planteamientos Richard Felder desarrolla el instrumento ILS (Index of Learning Styles - Inventario de Estilos de aprendizaje), apoyado en los trabajos de Felder y Silverman. El ILS de Felder y Silverman está diseñado a partir de cuatro escalas bipolares relacionadas con las preferencias para los estilos de aprendizaje, que en el ILS son Activo-Reflexivo, Sensorial-Intuitivo, Visual-Verbal y Secuencial-Global [100]. Con base en estas escalas, Felder ha descrito la relación de los estilos de aprendizaje con las preferencias de los estudiantes vinculando los elementos de motivación en el rendimiento escolar.

El instrumento consta de 44 Ítems descritos todos en el Anexo D. En el Anexo G, vemos todas las respuestas a este test, y en el Anexo H vemos el análisis con todos nuestros 18 usuarios en las 4 dimensiones analizables y su comparación también a nivel de género. En la siguiente tabla ponemos un resumen del análisis en las cuatro dimensiones del modelo de Felder y Silverman de todos nuestros usuarios, y relacionándolo con los puntajes de los usuarios en nuestros dos modelos adaptativos utilizados:

Usuario	Puntaje Ketamo	Puntaje IRT	A-R	S-I	Vi-Ve	S-G
Usu1	4	2	<u>-7</u>	1	-1	-1
Usu2	1	3	<u>-7</u>	-1	<u>-5</u>	3
Usu3	4	2	-1	1	-3	3
Usu4	4	3	<u>5</u>	<u>-5</u>	<u>5</u>	-3
Usu5	4	2	3	-1	<u>7</u>	1
Usu6	4	1	-3	<u>-5</u>	<u>-5</u>	-3
Usu7	1	0	-1	3	<u>-9</u>	3
Usu8	4	3	<u>-5</u>	-1	1	<u>7</u>
Usu9	3	1	1	<u>7</u>	<u>-5</u>	1
Usu10	4	0	<b>9</b>	3	3	1
Usu11	4	0	<u>-7</u>	-1	-3	-3
Usu12	4	3	9	-1	3	3
Usu13	0	2	<u>-7</u>	-3	<u>-7</u>	-1
Usu14	4	3	-3	-1	-1	-1
Usu15	4	1	-1	-1	-1	-3
Usu16	2	0	<u>-5</u>	<u>-5</u>	<u>-7</u>	-1
Usu17	3	1	-3	-3	<b>-11</b>	3
Usu18	4	3	<u>-7</u>	-1	<u>-7</u>	1
<b>Promedios</b>			<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>-2,56</b>	<b>0,6</b>

Tabla 36. Relación entre los niveles de usuario obtenidos y los estilos de aprendizaje según el modelo de Felder y Silverman

Estos datos nos dice que si el valor absoluto del puntaje obtenido es 1 a 3, se está muy bien balanceado en ambas dimensiones de la escala; si su puntaje estaría entre 5 a 7, se tiene una preferencia moderada por una dimensión de la escala y le es más fácil aprender en ambientes de aprendizaje que favorezcan esta dimensión; finalmente, si su puntaje está entre 9 a 11, se tiene una fuerte preferencia por una dimensión de la escala, y se tendría grandes dificultades de aprendizaje en un ambiente que no apoye a esta preferencia.

En nuestra tabla hemos abreviado las dimensiones analizadas de la siguiente manera:

- A-R, Activo - Reflexivo.
- S-I, Sensitivo - Intuitivo.
- Vi-Ve, Visual - Verbal.
- S-G, Secuencial - Global.

Los puntajes negativos son para la primera dimensión de cada escala y los positivos para la segunda.

Como vemos en las diferentes escalas:

$$A-R = -2 \quad S-I = -1 \quad Vi-Ve = -2,56 \quad S-G = 0,6$$

Nuestros usuarios están bastante equilibrados, con cierta tendencia a las dimensiones: Activo, Sensitivo, Visual y Secuencial.

Si bien vemos que hay dos usuarios con una gran preferencia por una dimensión de alguna escala, por ejemplo: el usuario 10 está muy orientado a la dimensión reflexiva, significa que tendría problemas a la hora de realizar tareas de gran actividad e interacción y prefiere la introspección y la reflexión; por otro lado vemos que el usuario 17 está muy orientado a la parte visual, significa que necesita de gran manera aprender con gráficos, diagramas o figuras, y que puede tener problemas o falta de interés a la hora de aprender algo de forma verbal.

En las siguientes gráficas vemos este equilibrio latente:

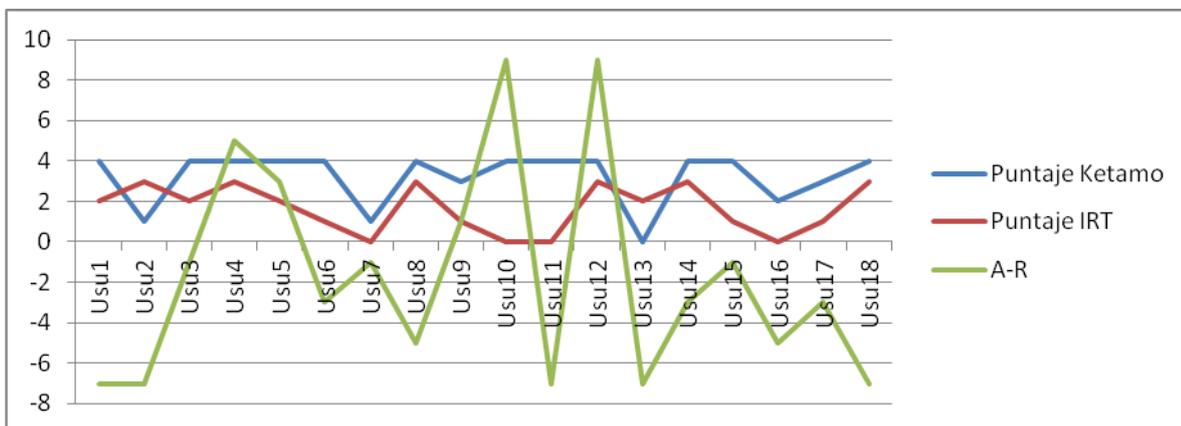


Figura 63. Dimensión Activo - Reflexivo

En la gráfica anterior se ve cierta tendencia a la dimensión activa, es decir nuestros usuarios prefieren la participación activa o las actividades físicas a la introspección o reflexión para su aprendizaje.

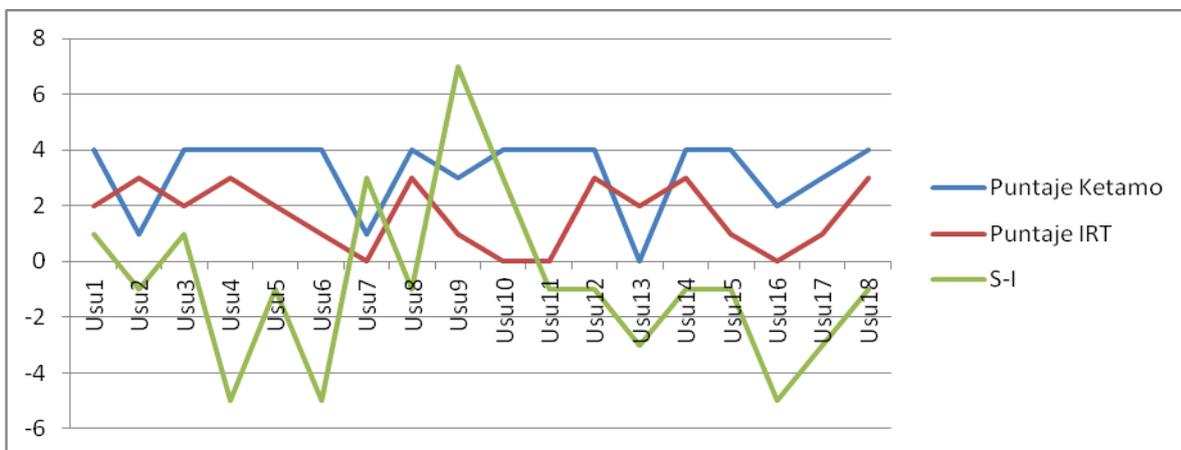


Figura 64. Dimensión Sensitivo - Intuitivo

En la gráfica anterior vemos cierta tendencia al lado sensitivo, es decir nuestros usuarios prefieren recopilar la información a través de sus sentidos que a través de las ideas.

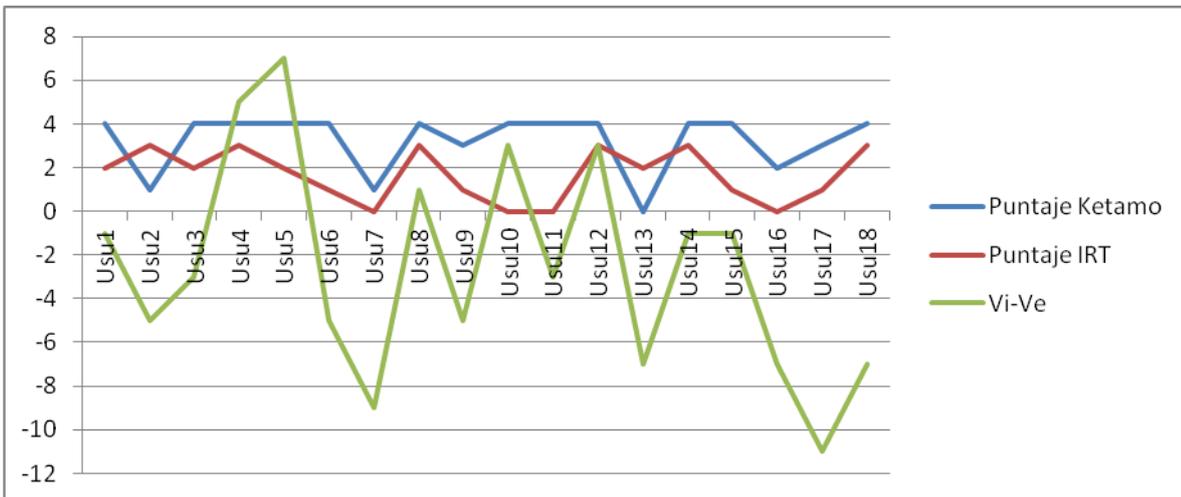


Figura 65. Dimensión Visual - Verbal

En la gráfica anterior vemos que hay preferencia por la dimensión visual, en esta escala se ve la mayor diferencia pero de igual forma que las otras, las dos dimensiones están bastante correlacionadas, que haya preferencia hacia la dimensión visual quiere decir nuestros usuarios prefieren aprender información en forma gráfica como diagramas o dibujos que en forma verbal.

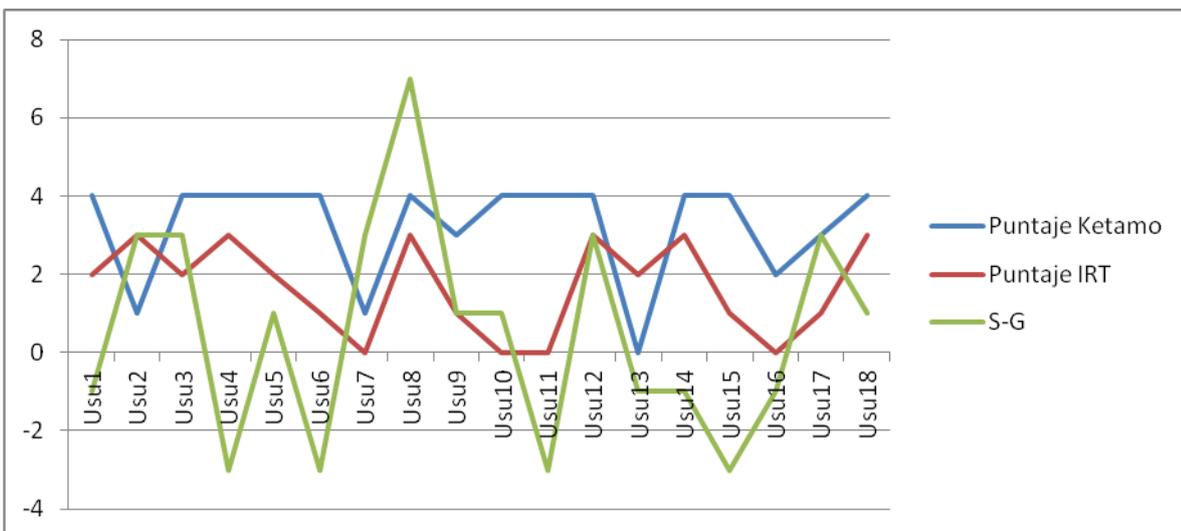


Figura 66. Dimensión Secuencial - Global

Por último en el gráfico anterior, vemos una muy pequeña tendencia a la dimensión global en vez de la secuencias, aunque este es el más equilibrado de todos, esto significaría que nuestros usuarios prefieren aprender más de forma general y luego ir especificando, aunque también hay gran aceptación a aprender las cosas de forma ordenada y correlativa.

#### 4.2.3.2.5. Análisis de la experiencia de usuario

Finalmente queremos conocer más acerca de la opinión general de los usuarios sobre su experiencia con el programa, para esto utilizamos un test de experiencia de usuario [98].

Como el test colgado en versión web fue un fracaso, en esta nueva etapa se imprimió el test traducido en el Anexo C, y se dio copias en papel a cada uno de los 18 usuarios para que las rellenaran y luego las entregaran para hacer nuestro análisis correspondiente.

En la parte II del el Anexo I podemos ver todas las respuestas de los usuarios al test de experiencia de usuario detallado en el Anexo C. De estos datos sacamos simplemente las características principales agrupando las respuestas de las preguntas y viendo sus promedios y modas (valor más repetido) de respuestas de las mismas en las siguientes tablas e imágenes:

Característica	General	Mujeres	Hombres
Reacción General al Juego	6,71	6,42	6,92
Pantalla	6,83	7,16	6,58
Terminología y sistemas de información	6,92	7,20	6,70
Aprendizaje	7,24	7,10	7,37
Capacidades del Sistema	7,06	6,83	7,20

(0-9) (0-9) (0-9)

Tabla 37. Resumen de las características principales sobre la experiencia de usuario en promedio

De la tabla anterior obtenemos el siguiente gráfico:

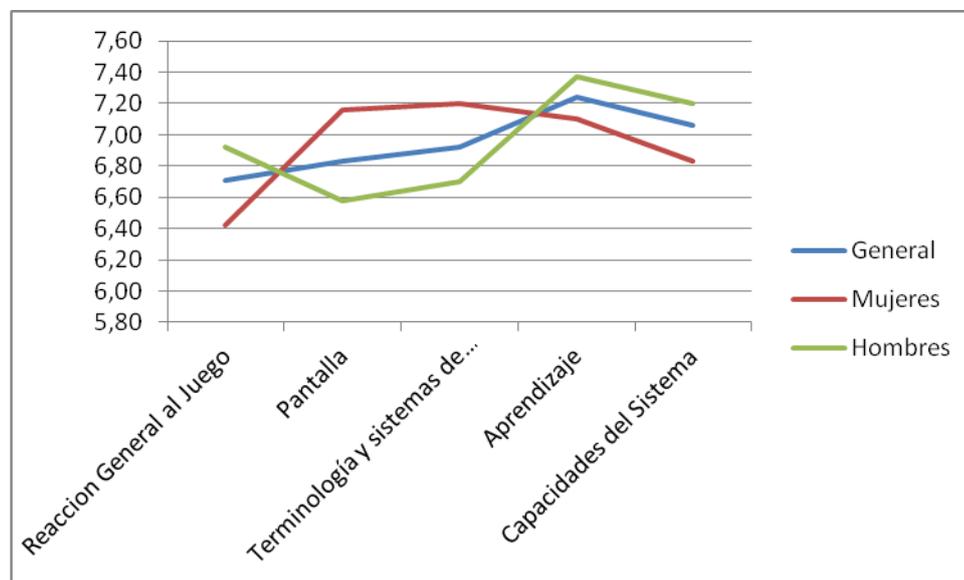


Figura 67. Características principales sobre la experiencia de usuario en promedio

Vemos que los hombres tienen una mejor reacción general al juego, las mujeres están más contentas con la interfaz gráfica de la aplicación, las mujeres también creen que la terminología y los sistemas de información utilizados en el proyecto son más adecuados, los hombres creen más que las mujeres, que es fácil de aprender a utilizar y ven más capacidades generales para el sistema. Aunque estas diferencias no son grandes y lo cual nos hace creer que no son tan significativas.

A continuación, analizamos los valores de la moda obtenidos para las características generales analizadas en el test de experiencia de usuario:

Característica	General	Mujeres	Hombres
Reacción General al Juego	7,00	7,00	6,83
Pantalla	7,00	7,25	7,00
Terminología y sistemas de información	7,00	8,17	6,67
Aprendizaje	8,00	8,17	7,67
Capacidades del Sistema	7,60	7,60	6,60

(0-9) (0-9) (0-9)

Tabla 38. Resumen de las características principales sobre la experiencia de usuario en promedio de la moda

De la tabla anterior obtenemos el siguiente gráfico:

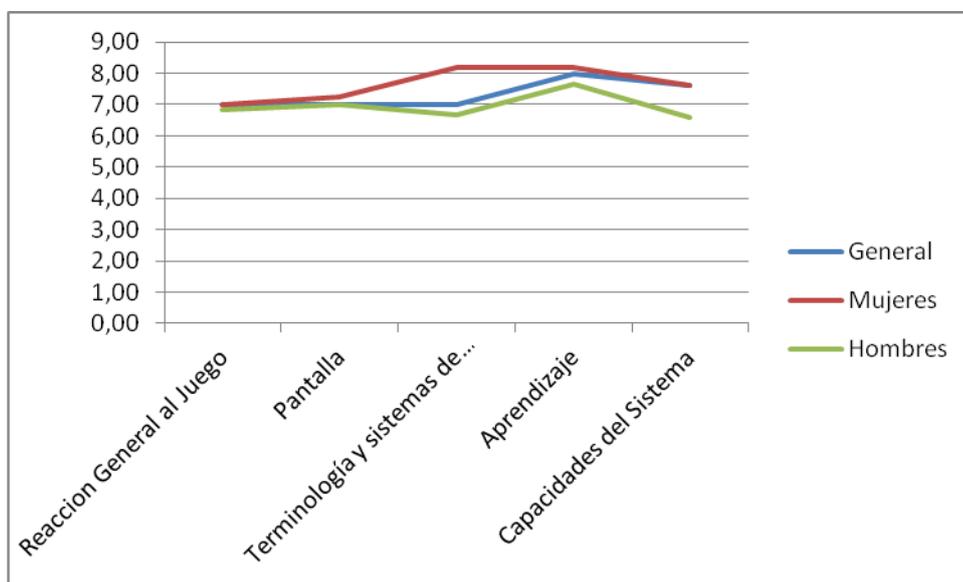


Figura 68. Características principales sobre la experiencia de usuario en promedio de la moda

Ahora vemos que los valores de la moda para las características analizadas son muy similares, es decir los valores más repetidos, lo cual nos confirma que estamos analizando grupos pequeños y similares, las únicas diferencias que vemos es que las mujeres creen más que la terminología utilizada en el sistema es la adecuada y también (de forma contraria al análisis anterior del promedio) también creen más que el sistema tiene buenas capacidades.

Vemos que en general no hay muchas diferencias entre ambos sexos, pues son de una formación similar.

A parte de estas cuestiones generales analizadas sobre la experiencia de usuario por medio del test, se han hecho preguntas abiertas y opcionales.

En primer lugar se ha pedido que nombre las características negativas del proyecto implementado, y estas han sido las respuestas:

- La pantalla es demasiado pequeña para la interacción necesaria.
- La entrada de datos es complicada por el tamaño pequeño del teclado.

- No se puede instalar el programa en teléfonos con sistema operativo Android.
- Para el proceso de enseñanza y aprendizaje no es necesario que el sistema educativo esté embebido dentro de un juego.

En segundo lugar se ha pedido que nombre los aspectos positivos, y estas han sido las respuestas:

- Es una bonita forma de repasar los temarios ya vistos.
- Es muy útil para aprender conceptos antes de una evaluación de forma móvil, en cualquier sitio, en cualquier momento.
- Es una forma original y/o divertida de distraerse y al mismo tiempo aprender conocimientos.

Finalmente se hicieron estas preguntas a nuestros usuarios:

- ¿Le gustaría volver a jugar el juego?
- ¿Considera que el juego puede ayudar al aprendizaje del temario?
- ¿Considera que el juego puede ayudar a la preparación de exámenes?

Todos los usuarios respondieron afirmativa a estas preguntas.

## **5. Conclusiones**

Aquí presentaremos los principales logros alcanzados y discutiremos los posibles trabajos futuros que pueden partir del presente trabajo.

## 5.1. Logros principales alcanzados

Se ha conseguido hacer una comparación de las diferentes técnicas adaptativas, analizando sus aspectos positivos y negativos para una posible implementación de m-Learning, llegando a tener la preferencia para la implementación en nuestro proyecto de la IRT, pues presenta un equilibrio entre fundamentos teóricos y posibilidad de implementación en nuestros teléfonos móviles. La IRT es una técnica que utiliza el procesado estadístico para analizar tanto la ruta de aprendizaje como el nivel académico del estudiante.

Se ha hecho un estudio comparativo de las implementaciones de diferentes técnicas adaptativas como ser: sistemas expertos, lógica difusa, redes bayesianas, redes neuronales y la teoría de respuesta al ítem, se ha analizado su viabilidad y su impacto educativo, también hemos visto su utilización en casos reales de estudios y la opinión que los estudiantes tienen al respecto de estos proyectos. Las diferentes técnicas adaptativas también podrían utilizarse combinadas en un futuro no muy lejano, cuando los dispositivos móviles adquieran más capacidades computacionales.

Se ha hecho una pequeña implementación de la técnica adaptativa de la IRT en el proyecto de m-Learning Educamovil de Telefónica I+D, se ha hecho la mejora de llevar los cálculos y estructuras matriciales a forma de vector para que puedan ser computacionalmente factibles en los teléfonos. Se presenta un caso real de estudio con usuarios de dos orígenes académicos diferentes, comparando nuestra implementación con la implementación adaptativa anterior de Educamovil basada en el modelo propuesto por H. Ketamo [63].

Creemos firmemente que el m-Learning adaptativo puede ayudar al progreso educativo en los países en vías de desarrollo, pues puede servir como refuerzo en casa de estudiantes que no puedan costearse un profesor privado, puede llegar a través del móvil a más lugares que un profesor humano, puede ayudar a los estudiantes trabajadores a repasar lo aprendido en el momento que tengan libre. Además el m-Learning puede minimizar la brecha educativa entre varones y mujeres en algunos sitios donde las mujeres les es prácticamente imposible asistir a clases, ya sea por ayudar en su casa (con los problemas de cualquier trabajador) o por problemas socio-culturales de discriminación (claro que este problema el m-Learning no lo elimina, simplemente trata de esquivarlo).

## 5.2. Posibles Trabajos futuros

El primer trabajo futuro que se podría hacer, es hacer una implementación similar pero de manera abierta, con el fin de que pueda ser más fácilmente repetible e implementable en más lugares y ambientes (sobre todo latinoamericanos), llegando a más estudiantes.

También se debería poder hacer una implementación para teléfonos inteligentes, en nuestro caso de preferencia en Android por cuestiones de libertad de software, pues estos teléfonos tienen mayor capacidad computacional, abriéndonos una amplia gama de posibilidades:

- El sistema podría interactuar vía web, y no simplemente de forma cliente servidor por bluetooth como está ahora, esto facilitaría temas de actualización y comunicación.
- Se podría considerar más datos de los estudiantes, como su rendimiento previo en las clases, y de ser posible hacer una interacción automática entre el historial del estudiante y el sistema, para que este historial le sirva como una entrada al sistema, para su interacción con el estudiante.
- Se podría volver al sistema colaborativo, así la interacción no sería simplemente estudiante y profesor, sino también a través de foros abiertos, chats, y otros sistemas de comunicación vía web, los estudiantes puedan colaborar los unos a los otros.
- Se podría aumentar las capacidades computacionales del sistema, por ejemplo: se podría un historial más global del estudiante, en vez de inicializarlo cada vez que empieza a interactuar con el sistema; también el sistema podría ser más interactivo con el estudiante, mejorando la parte “adaptable” del mismo, podría preguntar la opinión del estudiante sobre el nivel de los ítems y la pertinencia de las mismas, tipo sistema de votación, que mediante sus respuestas ayude a mejorar la adaptatividad del sistema.
- También con una mejor capacidad computacional se podrían probar otras técnicas adaptativas, haciendo que los estudiantes y/o profesores pudieran elegir la que les parezca más conveniente en su proceso de enseñanza y aprendizaje.



## REFERENCIAS

- [1] Sitio web de la RAE; <http://www.rae.es/rae.html>.
- [2] Manuel Sánchez-Montañés, Luis Lago y Ana González; *Métodos Avanzados en Aprendizaje Artificial: Teoría y Aplicaciones a problemas de predicción*; Universidad Autónoma de Madrid.
- [3] P. Castells; *Una mirada al desarrollo, evolución y tendencias de los sistemas inteligentes adaptativos en el ámbito educativo*; 2002.
- [4] Estefanía Martín Barroso; *Creación de entornos adaptativos móviles: recomendación de actividades y generación dinámica de espacios de trabajo basadas en información sobre usuarios, grupos y contextos (tesis doctoral)*; Universidad Autónoma de Madrid; Septiembre 2008.
- [5] Juan M. Santos, Luis Anido, Martín Llamas; *On the Use of e-Learning Standards in Adaptive Learning Systems*; 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03); 2003.
- [6] Brusilovsky, P.; *Adaptive Hypermedia: An Attempt to Analyze and Generalize*; Workshop on Adaptive hypertext and hypermedia at UM'94, Hyannis, USA; 1994.
- [7] Carro, R.M.; *Adaptive Hypermedia in Education: New Considerations and Trends*; 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics; 2002.
- [8] De Bra P., Cristea, A., Smits, D.; *Towards a generic adaptive hypermedia platform: a conversion case study*; *Journal of Digital Information (JoDI), Special Issue on Personalisation of Computing & Services*, Vol. 8, No 3; 2007
- [9] Moo-Chee Lee, Yun-Kung Chung; *Using Object-Orientation to Conceptualize an Adaptive Learning Content Management System Modeling*; *Advanced Computer Control (ICACC), 2010 2nd International Conference*; 2010.
- [10] Daniel Burgos, José Luis Santos y Daniel Fernández Guerrero; *Proyecto Suma de ATOS Origin, Modelo de aprendizaje adaptativo*; 2007.
- [11] Guangbing Yang, Kinshuk K., and Sabine Graf; *A Practical Student Model for a Location-Aware and Context-Sensitive Personalized Adaptive Learning System*; *Technology for Education (T4E), 2010 International Conference*; 2010.
- [12] Lina Tankelevičienė and Robertas Damaševičius; *Towards a Conceptual Model of Learning Context in e-Learning*; *Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*; 2009.
- [13] Mohammad Issack Santally and Alain Senteni; *Adaptation Models for Personalisation in Web-based Learning Environments*; *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, ISSN: 1823-1144, Vol. 2, No. 1, April 2005.
- [14] Peter Brusilovsky; *From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web*; *Magazine Communications of the ACM - The Adaptive Web*, Volume 45 Issue 5, Pages 30 - 33, May 2002.

- [15] Minu M. Das, Manju Bhaskar, and T. Chithralekha; Three Layered Adaptation Model for Context Aware e-Learning; Information and Communication Technologies: International Conference, ICT 2010; Kochi, Kerala, India; September 7-9, 2010.
- [16] Du Chuntao; A Study on Factors of Influencing Faculty Use of Modern Instructional Technology in Higher Education; Information Engineering and Computer Science (ICIECS), 2010 2nd International Conference; 25-26 Dec. 2010.
- [17] Tsvetozar Georgiev, Evgeniya Georgieva, Goran Trajkovski; Transitioning from e-Learning to m-Learning: Present Issues and Future Challenges; Seventh ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD'06); 2006.
- [18] He Min, Fan Xiaoqing; Prospective View on m-Learning via Wireless Handheld Devices and its Application; 2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science; 2010.
- [19] Mauro Faccioni Filho, Lawrence Zordam Klein, Moacyr Franco Neto; m-Learning tools on distance education - Overview and Case Study; IEEE EDUCON Education Engineering 2010 – The Future of Global Learning Engineering Education; Madrid, Spain, April 14-16, 2010.
- [20] Luis Anido-Rifón; Accessibility and Supporting Technologies in m-Learning Standardization; Third International Conference on Systems; 2008.
- [21] Wang Shudong and Michael Higgins; Limitations of Mobile Phone Learning; 2005 IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05); 2005.
- [22] Gregg Orr; A Review of Literature in Mobile Learning: Affordances and Constraints; IEEE Computer Society; 2010.
- [23] Georgeta Marghescu, Teodora Daniela Chicioreanu, Ion Marghescu; An Alternative to the Traditional Methods in Education - m-Learning: a Glance into the Future; EUROCON 2007 The International Conference on “Computer as a Tool” Warsaw; September 9-12, 2007 IEEE.
- [24] Jaime Sánchez, Mauricio Sáenz, Mario Muñoz, Gustavo Ramirez, Samuel Martín; Situación Actual del m-Learning; Cytel, Solite; Febrero 2009.
- [25] Pignani Juan Manuel; Sistemas Expertos (Expert System); Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.
- [26] Sistemas Expertos Ejemplo de Aplicación Orientada a la Medicina.
- [27] Rolando Venegas C.; Lógica Difusa; Seminario: Nuevos paradigmas en inteligencia; Santiago, Chile; 16-19 Diciembre 2003.
- [28] L.A. Zadeh; Fuzzy Sets; Information and Control, 8, pp. 338-353, 1965.
- [29] Javier Montero de Juan; Álgebras Difusas; Universidad Complutense de Madrid.
- [30] César Llamas Bello; Introducción a los Agentes y Sistemas Multiagente; Universidad de Valladolid; 24 de julio de 2000.

- [31] Jennings, Nicholas R., Sycara, Katia, Wooldridge, Michael; A Roadmap of Agent Research and Development; Autonomous Agents and Multi-Agent Systems; Kluwer Academic Publishers, Boston, Manufactured in The Netherlands; 1998.
- [32] Gustavo Alonso Amaya; Ambiente Multi-Agente Robótico para la navegación colaborativa en escenarios estructurados; Universidad Nacional de Colombia; 2010.
- [33] Elena Verdú, Luisa M. Regueras, María Jesús Verdú, Juan Pablo De Castro, María Angeles Pérez; An analysis of the Research on Adaptive Learning: The Next Generation of e-Learning; WSEAS Transactions on information science & applications, Issue 6, Volume 5; June 2008.
- [34] Giovanni Acampora, Matteo Gaeta, Vincenzo Loia, Pierluigi Ritrovato, Saverio Salerno; Optimizing Learning Path Selection through Memetic Algorithms; 2008 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2008); 2008.
- [35] Apple W P Fok, H S Wong and Y S Chen; Hidden Markov Model Based Characterization of Content Access Patterns in an e-Learning Environment; Multimedia and Expo, 2005. ICME 2005. IEEE International Conference; 2005.
- [36] Peng Wang, Shaochun Zhong; Research on Self-adaptive Learning System Based on Memory Model; 2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC); 2010.
- [37] Xiao-Qiang Liu, Min Wu, Jia-Xun Chen; Knowledge Aggregation and Navigation High-Level Petri Nets-Based in e-Learning; First International Conference on Machine Learning and Cybernetics; Beijing, 4-5, November 2002.
- [38] Chih-Ping Chu and Yi-Chun Chang; A Model for Behavioral Patterns in Web-based Learning Environments; 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications; 2008.
- [39] Gwo-Jen Hwang; Gray Forecast Approach for Developing Distance Learning and Diagnostic Systems; IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics - Part C: Applications and reviews, Vol. 37, No. 1, January 2007; 2007.
- [40] Javier Bravo, Estefanía Martín, Alvaro Ortigosa and Rosa M. Carro; Checking the Reliability of GeSES: Method for Detecting Symptoms of Low Performance; Universidad Autónoma de Madrid.
- [41] G.D. Chen, C.K. Chang, C.Y. Wang; Ubiquitous learning website: Scaffold learners by mobile devices with information-aware techniques; Journal Computers & Education; Volume 50 Issue 1, Pages 77-90; January, 2008.
- [42] Te-Yi Chan, Rou-Mei Wang, Bin-Shyan Jong, Yen-Teh Hsia and Tsong-Wuu Lin; Conceptual Graph Based Learning Material Producing Strategy for Cooperative Learning; Session F2F; 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference; October 22 – 25; Saratoga Springs, NY, 2008.
- [43] Eduardo Guzmán, Ricardo Conejo, and José-Luis Pérez-de-la-Cruz; Improving Student Performance Using Self-Assessment Tests; Journal IEEE Intelligent Systems archive, Volume 22 Issue 4, Pages 46-52; July 2007.
- [44] Chih-Ming Chen, Hahn-Ming Lee, Ya-Hui Chen; Computers & Education 44 237–255; 2005.

- [45] Shipin Chen, Jianping Zhang; 2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing; 2008.
- [46] Monjia Balloumi, Mohsen Laâbidi, Mohamed Jemni; 2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; 2010.
- [47] Gwo-Jen Hwang; A conceptual map model for developing intelligent tutoring systems; *Computers & Education* 40 217–235; 2003.
- [48] Alenka Kavcic, Fuzzy User Modeling for Adaptation in Educational Hypermedia; *IEEE Transactions on systems, Man, and cybernetics - Part C: Applications and reviews*, Vol. 34, No. 4; November 2004.
- [49] Chih-Ming Chen, Yi-Yun Chen, and Chao-Yu Liu; Learning Performance Assessment Approach Using Web-Based Learning Portfolios for e-Learning Systems; *IEEE Transactions on systems, Man, and cybernetics - Part C: Applications and reviews*, Vol. 37, No. 6; November 2007.
- [50] Raymond Y.K. Lau, Dawei Song, Yuefeng Li, Terence C.H. Cheung, and Jin-Xing Hao; Toward a Fuzzy Domain Ontology Extraction Method for Adaptive e-Learning; *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, Vol. 21, No. 6; June 2009.
- [51] Norazah Yusof, Nur Ariffin Mohd Zin, Noraniah Mohd Yassin, Paridah Samsuri; Evaluation of Student's Performance and Learning Efficiency based on ANFIS; 2009 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition; 2009 IEEE.
- [52] Yi-Hsing Chang, Tsung-Yi Lu, Rong-Jyue Fang; An Adaptive e-Learning System Based on Intelligent Agents; 6th WSEAS International Conference on Applied Computer Science, Hangzhou, China; April 15-17, 2007.
- [53] Chen Jing, Lu Quan; An Adaptive Personalized e-Learning Model; 2008 IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education; 2008 IEEE.
- [54] Prakash Ranganathan, Juan Li, Kendall Nygard; A Multiagent System using Associate Rule Mining (ARM), a collaborative filtering approach; *Computer Engineering and Technology (ICCET)*, 2010 2nd International Conference; 2010 IEEE.
- [55] Mónica Menacho Jobst; TIGA “Sistema Tutor Inteligente de Gramática Alemana para Estudiantes del Nivel A1” (tesis de grado); Universidad Católica Boliviana San Pablo; Santa Cruz de la Sierra - Bolivia, 2005.
- [56] Michael Mayo and Antonija Mitrovic; Optimising ITS Behaviour with Bayesian Networks and Decision Theory; *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 124-153; 2001.
- [57] Liang Zhang, Yue-ting Zhuang, Zhen-ming Yuan, Guo-hua Zhan; Auto Diagnosing: An Intelligent Assessment System Based on Bayesian Networks; Session T1G, 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference; Milwaukee, WI, October 10 – 13, 2007.
- [58] Zhi Liu, Zhang Wang, Zhaolin Fang; An Agent-Based e-Learning Assessing and Instructing System; 10th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design; 2006.

- [59] Yan-Wen Wu, Zheng-Hong Wu, Jin-Ling Li; Personalized intelligent question answering algorithm in e-Learning; Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guangzhou; 18-21 August 2005.
- [60] Marcello Castellano, Giuseppe Mastronardi, Gianluca Di Giuseppe, Vito Dicensi; Neural Techniques to Improve the Formative Evaluation Procedure in Intelligent Tutoring Systems; CIMSA 2007 - IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications; Ostuni - Italy, 27-29 June 2007.
- [61] Jing Liu, Jun Han, Hui Zhao; Evaluation Model of Learning Effect Based on Adaptive Wavelet Neural Network; 2009 Fifth International Conference on Natural Computation, 2009 IEEE.
- [62] Sue-Fn Huang, Liang-Ying Wei, Jr-Shian Chen, and Ching-Hsue Cheng; RBF-NN Based Fusion Model for e-Learning Achievement Evaluation; Neural Networks, 2008, IJCNN 2008, (IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Joint Conference; 2008.
- [63] Harri Ketamo; mLearning for kindergarten's mathematics teaching; IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'02); 2002 IEEE.
- [64] Rosa Lanzilotti and Teresa Roselli; An Experimental Evaluation of Logiocando, an Intelligent Tutoring Hypermedia System; International Journal of Artificial Intelligence in Education archive, Volume 17 Issue 1, Pages 41-56; January 2007.
- [65] Raquel Rodríguez Hernández, Ana B. Gil González, Francisco J. García Peñalvo, Ricardo López Fernández; SHARP Online: Sistema Hipermedia Adaptativo Aplicado a la Resolución de Problemas Matemáticos; IX Congreso Internacional Interacción, Grupo LoUISE-Universidad de Castilla-La Mancha; Albacete, 9-11 de Junio de 2008.
- [66] Todorka Glushkova; Adaptive model for user knowledge in the e-Learning system; International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing - CompSysTech'08; Gabrovo, Bulgaria, June 12-13, 2008.
- [67] Jason C. Hung, L. J. Lin; Wen-Chih Chang, Timothy K. Shih, Hui-huang Hsu, Han-Bin Chang, Hsuan-Pu Chang, Kuan-Hao Huang; A Cognition Assessment Authoring System for e-Learning; Distributed Computing Systems Workshops, 2004, 24th International Conference; 23-24 March 2004.
- [68] Ioannis Hatzilygeroudis, Christos Giannoulis & Constantinos Koutsojannis; Combining Expert Systems and Adaptive Hypermedia Technologies in a Web Based Educational System; Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05); 2005 IEEE.
- [69] Jia-Jiunn Lo, Hui-Mei Wang, Shiou-Wen Yeh; Effects of confidence scores and remedial instruction on prepositions learning in adaptive hypermedia; Computers & Education 42 45–63, 2004.
- [70] N. Nirmalakhandan; Computerized adaptive tutorials to improve and assess problem-solving skills; Computers & Education 49 1321–1329; 2007.
- [71] Cheoltaek Kim and Ju-Jang Lee; Incremental Learning Framework for Function Approximation via Combining Mixture of Expert Model and Adaptive Resonance Theory; 2007 IEEE, International Conference on Mechatronics and Automation; Harbin, China, August 5 - 8, 2007.

- [72] Bin-Shyan Jong, Te-Yi Chan, Yu-Lung Wu, and Tsong-Wuu Lin; Applying the Adaptive Learning Material Producing Strategy to Group Learning; Edutainment 2006, LNCS 3942, pp. 39–49, 2006, Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2006.
- [73] Carla Limongelli, Filippo Sciarrone, Marco Temperini, and Giulia Vaste; Adaptive Learning with the LS-Plan System: A Field Evaluation; Journal IEEE Transactions on Learning Technologies archive, Volume 2 Issue 3, Pages 203-215; July 2009.
- [74] Qingtang Liu, Zhimei Sun; Research On e-Learning resources organizing strategy; 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design; 2008.
- [75] Cristóbal Romero, Sebastián Ventura, Paul de Bra, Carlos de Castro; Discovering Prediction Rules in AHA! Courses; User Modeling 2003, Proceedings of the 9th international conference on User modeling, Pages 25-34; 2003.
- [76] Constantino Malagón Luque; Clasificadores bayesianos. El algoritmo Naïve Bayes; 14 de mayo de 2003.
- [77] Página web de wikipedia sobre redes bayesianas; [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_bayesiana](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_bayesiana).
- [78] Álvaro Marín Illera; Sistemas Expertos, Redes Bayesianas y sus aplicaciones; Universidad de Deusto, Semana ESIDE, Abril 2005.
- [79] Jorge López Puga, Juan García García, Leticia de la Fuente Sánchez y Emilia Inmaculada de la Fuente Solana; Las redes bayesianas como herramientas de modelado en psicología; Anales de psicología 2007, vol. 23, no 2 (diciembre), 307-316, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia; Murcia, España, 2007.
- [80] Andina Diego, Pham DT. Computational Intelligence for Engineering and Manufacturing. Springer-Verlag New York Inc, 2007 1st ed. Hardcover, 212 pp.
- [81] Página web de Wikipedia sobre redes neuronales; [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_neuronal\\_artificial](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_neuronal_artificial).
- [82] Capítulo 3, Redes neuronales; <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd98/TecInfo/07/capitulo3.html>.
- [83] Ventajas y Desventajas de las redes neuronales; <http://egkafati.bligoo.com/content/view/184582/Redes-neuronales-ventajas-y-desventajas.html>.
- [84] Cortada de Kohan, N.; Sección Metodológica, Teoría de Respuesta al Ítem: Supuestos Básicos; Laboratorio de Evaluación Psicológica y Educativa. Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Córdoba; Córdoba, Argentina, 4 de Septiembre de 2004.
- [85] Francisco J. Abad, Jesús Garrido, Julio Olea y Vicente Ponsoda; Introducción a la Psicometría, Teoría Clásica de los Tests y Teoría de la Respuesta al Ítem; Universidad Autónoma de Madrid, Febrero 2006.
- [86] Página web oficial del proyecto Ubuntu; <http://www.ubuntu-es.org/>.
- [87] Página web de wikipedia sobre Bluetooth; <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.

- [88] Página web de java en español; <http://java.com/es/>.
- [89] Arphean Nih; Tutorial para aplicaciones móviles J2ME con NetBeans y Mobility Pack; <http://arphean.mirrorz.com>.
- [90] Sergio Gálvez Rojas y Lucas Ortega Díaz; Java a tope: J2ME; Universidad de Málaga; 2003.
- [91] Pedro Daniel Borches Juzgado; Java 2 micro edition soporte Bluetooth - Versión 1.0; Universidad Carlos III de Madrid; 20 de Marzo de 2004.
- [92] Alberto Gimeno Briebea; JSR-82: Bluetooth desde Java; 2004.
- [93] Java TM APIs for Bluetooth TM Wireless Technology (JSR 82); Specification Version 1.1.1; Java TM 2 Platform, Micro Edition; Motorola Mobile Devices Software; Austin, Texas; 29 Julio, 2008.
- [94] Vanessa Frias-Martinez and Jesus Virseda; Personalization Of Mobile Learning Tools For Low-Income Populations; Personalization Approaches in Learning Environments Workshop, PALE'11 at UMAP; Girona, Spain, 2011.
- [95] Andreea Molnar and Vanessa Frias-Martinez; EducaMovil: Mobile Educational Games Made Easy; Ed-Media World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications; Lisbon, Portugal, 2011.
- [96] Página web del proyecto BlueCove; <http://bluecove.org/>.
- [97] Barbara A. Soloman, Richard M. Felder; Test de estilos de aprendizaje, Index of Learning Styles Questionnaire; <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>
- [98] Test de experiencia de usuario, Questionnaire for User Interface Satisfaction; Based on: Chin, J.P., Diehl, V.A., Norman, K. L. (1988) Development of an Instrument Measuring User Satisfaction of the Human-Computer Interface. ACM CHI'88 Proceedings, 213-218; <http://oldwww.acm.org/perlman/question.cgi?form=QUIS>.
- [99] Manual de estilos de aprendizaje; Material autoinstruccional para docentes y orientadores educativos; Dirección general de bachillerato de México; Diciembre de 2004.
- [100] Perea Robayo Martha M.; Material de estudio para el Diplomado Virtual en Estilos de Aprendizaje; Universidad del Rosario; Colombia - 2003.
- [101] Página de wikipedia sobre los objetivos del milenio; [http://es.wikipedia.org/wiki/Objetivos\\_de\\_Desarrollo\\_del\\_Milenio](http://es.wikipedia.org/wiki/Objetivos_de_Desarrollo_del_Milenio).
- [102] Página web del WML; <http://www.wapforum.org>.
- [103] Página web del cHTML; <http://www.w3.org/TR/1998/NOTEcompactHTML-9980209>.



## ACRÓNIMOS

**AAA.** Aprendizaje Artificial Automático.

**ACM.** Asociación de Maquinaria Computacional.

**AES.** Estándar de Encriptación Avanzada.

**ANN.** Redes neuronales artificiales.

**API.** Interfaz de programación de aplicaciones.

**AS.** Artículos seleccionados.

**CCI.** Función o curva característica del ítem.

**cHTML.** HTML compacto.

**CLDC.** Configuración de dispositivos de limitada conectividad.

**EM.** Expansión-Maximización.

**ER.** Entidad Relación.

**ES.** Sistemas Expertos.

**FI.** Función de Información.

**GNU.** GNU No es Unix.

**GNU GPL.** Licencia Pública General de GNU.

**GPRS.** Servicio general de paquetes vía radio.

**GPS.** Sistema de posicionamiento global.

**Gsync.** Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación de la Universidad Rey Juan Carlos.

**3G.** Tercera generación.

**2G.** Segunda generación.

**HF.** Frecuencia alta.

**HiFi.** Alta fidelidad.

**HTML.** Lenguaje de marcado de hipertexto.

**I+D.** Investigación y desarrollo.

**IA.** Inteligencia Artificial

**Id.** Identificador.

**ILS.** Inventario de Estilos de aprendizaje.

**IMS.** Instructional Management Systems.

**IMS-LIP.** IMS Learner Information Package.

**IR.** Recuperación de la información.

**IRT.** Teoría de respuesta al ítem.

**Java™.** Marca registrada.

**Jdk.** Conjunto de herramientas de desarrollo para Java.

**JSR.** Requerimiento de especificación de Java.

**KBS.** Sistemas basados en conocimiento.

**LO.** Objetos de aprendizaje.

**LMC.** Sistema de gestión de contenidos.

**LMS.** Sistema Gestor de Aprendizaje.

**LOM.** Learning object metadata.

**m-LMS.** Sistema Gestor de Aprendizaje Móvil.

**MAS.** Sistemas multiagentes.

**MBTI.** El Indicador de Myers-Briggs.

**MIDP.** Perfil de Dispositivo de Información Móvil Java™.

**NCSU.** Universidad del Estado de Carolina del Norte.

**PC.** Computador personal.

**PDA.** Asistente digital personal.

**PVD.** Países en vías de desarrollo.

**QUIS.** Test de experiencia de usuario.

**RAE.** Real Academia Española.

**RF.** Radio Frecuencia.

**RNA.** Redes neuronales artificiales.

**SCORM.** Sharable Content Object Reference Model.

**Se.** Error típico de estimación.

**SHA.** Sistemas de Hipermedia Adaptativa.

**SOAP.** Protocolo de Acceso de Objeto Simple.

**TAIs.** Test adaptativos informatizados.

**TCP/IP.** Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet.

**TCT.** Teoría clásica de los test.

**TI.** Tecnologías de la información.

**TIC.** Tecnologías de la información y la comunicación.

**UPM.** Universidad Politécnica de Madrid.

**VHF.** Frecuencia muy alta.

**WAP.** Protocolo de aplicaciones inalámbricas.

**WHDs.** Dispositivos inalámbricos móviles.

**Wi-Fi.** Fidelidad inalámbrica.

**WML.** Lenguaje de Mercado Inalámbrico.

## GLOSARIO

**Ad hoc.** Es una locución latina que significa literalmente “para esto”. Generalmente se refiere a una solución elaborada específicamente para un problema o fin preciso y, por tanto, no es generalizable ni utilizable para otros propósitos.

**Adaptable.** Sistemas que requieren la participación activa y voluntaria del usuario para elaborar un perfil explícito y por lo general estático.

**Adaptative engine.** Motor de Adaptación, son un conjunto de métodos y técnicas de Adaptación. Es un mecanismo de control de inferencia, que personaliza el proceso de aprendizaje para experiencias de aprendizaje adecuadas.

**Adaptativo.** Sistemas que incorporan algoritmos que monitorean de manera automática el comportamiento de los usuarios en el portal, analizando las acciones de navegación, los tiempos de permanencia en determinadas secciones, las palabras clave introducidas en los formularios de búsqueda, las descargas realizadas, etc. reconfigurando la información e incluso la estructura de la interface en sucesivas visitas.

**Adaptive hypermedia systems.** Sistemas de hipermedia adaptativos, sistema que en función de una serie de variables que responden a diferentes perfiles de usuario adaptan dinámica o estáticamente los contenidos, los elementos multimedia, el mapeado del website e incluso el aspecto de la propia interface. Sistemas que se adaptan al usuario basándose en las suposiciones (heurísticos, inferenciales) o en las preferencias (paramétricos) implícitas o explícitas del mismo. Portales dinámicos en los que los elementos estructurales son independientes de los contenidos y que facilitan la adaptación manual o automática a una tipología de perfiles, preferencias o niveles de accesibilidad. Sistema que elabora para cada usuario un perfil de preferencias, objetivos y conocimientos con el fin de adaptarse dinámicamente a las necesidades de cada usuario.

**Android.** Android es un sistema operativo móvil basado en Linux, que junto con aplicaciones middleware está enfocado para ser utilizado en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, tabletas, Google TV y otros dispositivos.

**BlueCove.** Implementación del API JSR – 82 en J2SE que está desarrollada para proveer comunicación por Bluetooth a ordenadores personales.

**Bluetooth.** Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son: Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, eliminar cables y conectores entre éstos, ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

**Clustering.** Técnica de aprendizaje artificial y automático que consiste en agrupar y/o categorizar los datos en varios sub-conjuntos.

**d-Learning.** El aprendizaje a distancia, se caracteriza por que le da al estudiante una oportunidad de estudiar en un tiempo y lugar dados. Los estudiantes están físicamente separados de los educadores y de las instituciones educativas.

**e-Learning.** El aprendizaje electrónico, que fue primeramente definido como aprendizaje vía Internet, hoy en día cubre la educación vía Internet (on-line) y también el aprendizaje basado en ordenador (off-line).

**Educamovil.** Proyecto de m-Learning desarrollado por el grupo de Data Mining and User Modeling de Telefónica I+D, en J2ME.

**Electronic learning.** Véase e-Learning.

**Embebido.** Interno o empotrado, un sistema embebido o empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Al contrario de lo que ocurre con los ordenadores de propósito general (como por ejemplo una computadora personal o PC) que están diseñados para cubrir un amplio rango de necesidades, los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas.

**Estocástico.** Se denomina estocástico (del latín *stochasticus*, que a su vez procede del griego *στοχαστικός*, “hábil en conjeturar”) a los sistemas cuyo comportamiento es intrínsecamente no determinístico. Un proceso estocástico es aquel cuyo comportamiento es no determinista, en la medida que el subsiguiente estado del sistema está determinado tanto por las acciones predecibles del proceso como por elementos aleatorios.

**Feedback.** Conexión hacia atrás, en la teoría de sistemas, en cibernética en la teoría de control, entre otras disciplinas, la retroalimentación (en inglés *feedback*) es un mecanismo de control de los sistemas dinámicos por el cual una cierta proporción de la señal de salida se redirige a la entrada, y así regula su comportamiento.

**Feedforward.** Conexión hacia adelante, el término *Feed-forward* (o *prealimentación*) describe un tipo de sistema que reacciona a los cambios en su entorno, normalmente para mantener algún estado concreto del sistema. Un sistema que exhibe este tipo de comportamiento responde a las alteraciones de manera predefinida, en contraste con los sistemas retroalimentados.

**Fuzzy logic.** La lógica difusa o borrosa descansa en la idea que en un instante dado, no es posible precisar el valor de una variable *X*, sino tan solo conocer el grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos (conjuntos difusos) en que se ha participado el rango de variación de la variable. El grado de pertenencia se cuantifica mediante la función de pertenencia *f* cuyo resultado es un valor entre 0 y 1 inclusive, en vez de ser 0 o 1 como en la lógica clásica.

**Hiperenlaces.** Los hiperenlaces, también llamados hipervínculos, son parte fundamental de la arquitectura de la World Wide Web, pero el concepto no se limita al HTML o a la Web. Casi cualquier medio electrónico puede emplear alguna forma de hiperenlace. Un enlace cuenta con dos extremos. El enlace. Sin embargo, el término enlace a menudo se utiliza para el ancla origen, mientras que al ancla destino se denomina enlace de destino (*link target*). El enlace de destino más común es un URL, utilizado en la World Wide Web. Puede invocar a un documento, por ejemplo una página web, a otro recurso, o a una posición determinada en una página web.

**Hipermedia.** Hipermedia es el término con el que se designa al conjunto de métodos o procedimientos para escribir, diseñar o componer contenidos que integren soportes tales como: texto, imagen, video, audio, mapas y otros soportes de información emergentes, de tal modo que el resultado obtenido, además tenga la posibilidad de interactuar con los usuarios.

**Hipertexto.** En informática, es el nombre que recibe el texto que en la pantalla de un dispositivo electrónico, permite conducir a otros textos relacionados, pulsando con el ratón o el teclado en

ciertas zonas sensibles y destacadas. La forma más habitual de hipertexto en informática es la de hipervínculos o referencias cruzadas automáticas que van a otros documentos (lexias). Si el usuario selecciona un hipervínculo el programa muestra el documento enlazado. Otra forma de hipertexto es el strechtext que consiste en dos indicadores o aceleradores y una pantalla. El primer indicador permite que lo escrito pueda moverse de arriba hacia abajo en la pantalla. Es importante mencionar que el hipertexto no está limitado a datos textuales, podemos encontrar dibujos del elemento especificado o especializado, sonido o vídeo referido al tema. El programa que se usa para leer los documentos de hipertexto se llama “navegador”, el “browser”, “visualizador” o “cliente” y cuando seguimos un enlace decimos que estamos navegando por la Web. El hipertexto es una de las formas de la hipermedia, enfocada en diseñar, escribir y redactar texto en una media.

**Holístico.** El holismo (del griego ὅλος [holos]; todo, entero, total) es la idea de que todas las propiedades de un sistema dado, (por ejemplo, biológico, químico, social, económico, mental o lingüístico) no pueden ser determinados o explicados por las partes que los componen por sí solas. El sistema como un todo determina cómo se comportan las partes. Como adjetivo, holística significa una concepción basada en la integración total frente a un concepto o situación.

**IEEE Xplore.** IEEE Xplore es una base de datos que permite el acceso a las publicaciones de Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y del Institution of Electrical Engineers (IEE) desde 1988 hasta la actualidad y en algunos caso ofrece contenido seleccionado desde 1952. Contiene las siguientes publicaciones de IEEE e IEE: Journals, transactions, y magazines publicados por IEEE, desde 1988 con algunos contenidos seleccionados desde 1952, Conference proceedings publicadas por IEEE desde 1988, con algunos contenidos seleccionados desde 1953, IEEE Standards, desde 1988.

**In-situ.** En el sitio, es decir en el lugar preciso donde se debe ejecutar o producir algún fenómeno.

**Ítem.** Cada uno de los apartados que componen un cuestionario o un test. En la teoría de respuesta al ítem, es un elemento que ayuda a medir un rasgo en el estudiante, pudiendo ser una lección, una pregunta, etc.

**J2ME.** La plataforma Java Micro Edition (Java ME), o anteriormente Java 2 Micro Edition (J2ME), es una especificación de un subconjunto de la plataforma Java orientada a proveer una colección certificada de APIs de desarrollo de software para dispositivos con recursos restringidos. Está orientado a productos de consumo como PDAs, teléfonos móviles o electrodomésticos.

**J2SE.** Java Platform, Standard Edition o Java SE (conocido anteriormente hasta la versión 5.0 como Plataforma Java 2, Standard Edition o J2SE), es una colección de APIs del lenguaje de programación Java útiles para muchos programas de la Plataforma Java. La Plataforma Java 2, Enterprise Edition incluye todas las clases en el Java SE, además de algunas de las cuales son útiles para programas que se ejecutan en servidores sobre workstations, por lo tanto J2SE es un subconjunto de J2EE.

**jad.** Los archivos JAD son un tipo de archivo necesario para la distribución de MIDlets. El archivo JAD contiene información necesaria para la instalación de los MIDlets contenidos en el archivo JAR. Un archivo puede contener más de un MIDlet. Cuando ocurre esto, hablamos de un MIDlet suite. Podemos editar los parámetros contenidos en el archivo JAD mediante el botón Settings de KToolBar. Aquí podemos editar información del MIDlet como el nombre, la versión o el autor del MIDlet (o de los MIDlets).

**jar.** Un archivo JAR es un archivo comprimido (en formato ZIP) que contiene las clases (.class) que ha generado la compilación de nuestro programa. Además puede contener los recursos necesarios

para el MIDlet como sonidos, gráficos, etc. Finalmente, contiene un archivo con extensión .mf, es lo que se llama un archivo de manifiesto. Este archivo contiene información sobre las clases contenidas en el archivo JAR.

**Java.** Lenguaje de programación orientada a objetos desarrollado por Sun Microsystems.

**Learning style.** Estilo de aprendizaje, este término se refiere al hecho de que cada persona utiliza su propio método o estrategias para aprender. Aunque las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales, tendencias que definen un estilo de aprendizaje.

**Linux Ubuntu.** Ubuntu es una distribución Linux basada en Debian GNU/Linux que proporciona un sistema operativo actualizado y estable para el usuario medio, con un fuerte enfoque en la facilidad de uso e instalación del sistema. Al igual que otras distribuciones se compone de múltiples paquetes de software normalmente distribuidos bajo una licencia libre o de código abierto. Estadísticas web sugieren que el porcentaje de mercado de Ubuntu dentro de las distribuciones Linux es de aproximadamente 50%, y con una tendencia a subir como servidor web.

**Logs.** Registros del sistema, son ficheros que guardan cierta información de las interacciones de los usuarios con el sistema a forma de bitácora.

**m-Learning.** El aprendizaje móvil se caracteriza por el uso de dispositivos móviles (teléfonos móviles, PDAs, teléfonos móviles, computadoras portátiles, tabletas pcs, etc.) para presentar contenido educativo. Dependiendo de la necesidad de conectividad inalámbrica m-learning puede ser on-line o off-line, además puede ser híbrido utilizando la comunicación inalámbrica para cargar el contenido en memoria del dispositivo y luego el estudiante trabaja off-line.

**Matriz.** En programación, una matriz o vector (llamados en inglés arrays) es una zona de almacenamiento continuo, que contiene una serie de elementos del mismo tipo, los elementos de la matriz. Desde el punto de vista lógico una matriz se puede ver como un conjunto de elementos ordenados en fila (o filas y columnas si tuviera dos dimensiones). Si son arreglos unidimensionales se los conoce mayormente como vectores, si son bidimensionales o de más dimensiones, simplemente matrices.

**Maximum Likelihood.** Método de Máxima Verosimilitud. En estadística, la estimación por máxima verosimilitud (conocida también como EMV y, en ocasiones, MLE por sus siglas en inglés) es un método habitual para ajustar un modelo y encontrar sus parámetros.

**Microsoft Windows.** Microsoft Windows es el nombre de una familia de sistemas operativos desarrollados por Microsoft desde 1981, año en que el proyecto se denominaba “Interface Manager”.

**Mobile learning.** Véase m-Learning.

**Modelos Heurísticos.** Modelos heurísticos (del griego euriskein 'hallar, inventar'). Son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado.

**NetBeans.** NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. NetBeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. NetBeans es un proyecto de código abierto de gran éxito con una gran base de usuarios, una comunidad en constante

crecimiento, y con cerca de 100 socios en todo el mundo. Sun Microsystems fundó el proyecto de código abierto NetBeans en junio de 2000 y continúa siendo el patrocinador principal de los proyectos.

**Online learning.** Aprendizaje online, método de enseñanza y aprendizaje que se lleva a cabo a través de internet mayormente vía web. Normalmente el término “learning” hace referencia a una educación formal, como la universitaria.

**Online Training.** Entrenamiento online, método de formación que se lleva a cabo a través de internet mayormente vía web. Normalmente el término “training” hace referencia a una educación informal, como la formación para empleados de una empresa o un área técnica específica.

**Piconet.** Se conoce como pico a una red de dispositivos informáticos que se conectan utilizando Bluetooth. Una piconet puede constar de dos a ocho dispositivos. En una piconet, habrá siempre un “maestro” y los demás serán “esclavos”.

**Pocket SCORM.** Adaptación del estándar SCORM para dispositivos móviles.

**Post-test.** Dentro de los SHA test que se le toma al usuario después de una determinada etapa de interacción con el sistema, normalmente sirve para medir el impacto educativo o mejora de nivel académico gracias al uso del SHA.

**Pre-test.** Dentro de los SHA test que se le toma al usuario para comprobar su nivel previo antes de la interacción con el sistema.

**Scatternet.** Conexión de varias Piconets.

**Symbian OS.** Symbian es un sistema operativo que fue producto de la alianza de varias empresas de telefonía móvil, entre las que se encuentran Nokia, Sony Ericsson, Psion, Samsung, Siemens, Arima, Benq, Fujitsu, Lenovo, LG, Motorola, Mitsubishi Electric, Panasonic, Sharp, etc. Sus orígenes provienen de su antepasado EPOC32, utilizado en PDA's y Handhelds de PSION. El objetivo de Symbian fue crear un sistema operativo para terminales móviles que pudiera competir con el de Palm o el Windows Mobile 6.X de Microsoft y ahora Android de Google Inc., iOS de Apple Inc. y RIM de BlackBerry. En 2003 Motorola vendió el 13% de su participación a Nokia, lo cual hizo que se quedara con el 32,2% de la compañía. Más tarde, sin embargo, después de no tener el éxito esperado con sus terminales “Linux-Like”, volvió al mundo del Symbian comprándole el 50% a Sony Ericsson. El 24 de junio de 2008, Nokia decidió comprar Symbian, adquiriendo el 52% restante de las acciones de la compañía, tras un acuerdo con el resto de socios. El objetivo era establecer la Fundación Symbian y convertir este sistema operativo en una plataforma abierta. Entre 2009 y 2010 Nokia decide transferir el soporte y desarrollo del sistema operativo Symbian a la consultora Accenture, terminando la operación a finales de septiembre de 2011 una vez terminado el desarrollo de la nueva versión Symbian Belle, convirtiéndose en la última versión de Symbian en la que Nokia participó de forma exclusiva. En octubre de 2011 se confirma de forma oficial que Symbian tendrá soporte hasta el año 2016, al no poder seguir soportándolo por no ser un competidor para la nueva versión de Smartphone con sistemas operativos de última generación como Android, iOS o Windows Phone.

**te-Learning.** El aprendizaje mejorado por tecnología (te-Learning) usa herramientas y tecnologías especiales para incrementar la calidad de la educación. Se usa como apoyo a la educación tradicional o a la educación a distancia.

**Test.** Puede referir a: una prueba o ensayo sobre algún tema de interés; una prueba o examen de conocimientos; un test psicológico. Sirve para medir cierto rasgo o habilidad de una persona en un área específica.

**Testers.** Probadores, son los usuarios iniciales de un sistema informático que nos ayudan a determinar el correcto o no funcionamiento del mismo antes de la distribución total del sistema o paso a producción.

**Ubicuo.** El término ubicuo (también existe la forma femenina ubicua) significa en todas partes. Proviene de la forma latina ubīque. En informática se refiere a un sistema accesible desde cualquier sitio.

**Vector.** Véase Matriz.

**w-Learning.** Wireless Learning, el aprendizaje inalámbrico es el método de aprendizaje que se apoya en tecnologías inalámbricas. En la mayoría de los casos es un sub-conjunto de m-Learning.

**Windows CE.** Windows CE (conocido oficialmente como Windows Embedded Compact y anteriormente como Windows Embedded CE, también abreviado como WinCE) es un sistema operativo desarrollado por Microsoft para sistemas embebidos. Windows CE no debe confundirse con Windows Embedded Standard, que es un sistema basado en Windows NT; Windows CE está desarrollado independientemente. La versión actual de Windows Embedded Compact funciona en procesadores Intel x86 y compatibles, además de los tipos MIPS y ARM. Actualmente lo vemos en teléfonos inteligentes, notebook, hasta en pocket pc y gps.

## ANEXOS

### **Anexo A: Preguntas sobre el Máster en Software Libre. Escritas por el Prof. Dr. Gregorio Robles, 2011.**

#### I. En idioma Español

Orden: 1

Nivel: 3

Enunciado: Con el objetivo de producir software libre, la fundación Planea recibe financiación externa. ¿Qué tipo de financiación se encuentra involucrada en este proceso?

- a) Financiación pública
- b) Financiación privada sin ánimo de lucro
- c) Financiación por quien necesita mejoras
- d) Financiación indirecta
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 2

Nivel: 4

Enunciado:Cuál de las siguientes cláusulas está incluida en la definición de open source de la OSI pero no está en la definición de Free Software de la FSF:

- a) Libertad de ejecución programa
- b) Libre redistribución
- c) Integridad del código fuente del autor
- d) Posibilidad de crear trabajos derivados

Respuesta: c

Orden: 3

Nivel: 3

Enunciado: Cuando una empresa permite que sus empleados colaboren a tiempo parcial con un proyecto de software libre, ¿Qué modelo de negocio se está llevando a cabo?

- a) Negocio con financiación externa
- b) Negocio con autofinanciación
- c) Negocio sin financiación directa
- d) Modelo mixto
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 4

Nivel: 2

Enunciado: De acuerdo con la opinión de los desarrolladores de software libre, el propósito de las comunidades es:

- a) Mejorar las oportunidades profesionales de sus miembros
- b) Permitir más libertad en el desarrollo de software
- c) Permitir a los desarrolladores utilizar nuevas formas de cooperación

Respuesta: b

Orden: 5

Nivel: 2

Enunciado: De acuerdo con la opinión de los desarrolladores de software libre. ¿Cuáles son las dos áreas de preferencia para desarrollar aplicaciones?

- a) Redes
- b) Audio
- c) Servicios Web
- d) Juegos

Respuesta: a y c

Orden: 6

Nivel: 2

Enunciado: El tiempo dedicado al desarrollo de software libre en un alto porcentaje hace parte de:

- a) El tiempo libre del desarrollador
- b) El tiempo del desarrollador como actividad profesional

Respuesta: a

Orden: 7

Nivel: 1

Enunciado: El gobierno de los EE.UU asigno 1 millón de dólares a NYU para desarrollar el compilador de Ada. ¿Qué tipo de negocio con financiación externa se realizo?

- a) Financiación indirecta
- b) Financiación por quien necesita mejoras
- c) Financiación privada sin ánimo de lucro
- d) Financiación pública
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: d

Orden: 8

Nivel: 2

Enunciado: El sistema de micro-contribuciones ¿Facilita conocer a los demás desarrolladores?

- a) Sí
- b) No
- c) No lo facilita ni tampoco lo dificulta

Respuesta: b

Orden: 9

Nivel: 3

Enunciado: La cesión de derechos se especifica por un contrato denominado

- a) Contrato de servicios
- b) Acuerdo de derechos
- c) Licencia
- d) Ninguno

Respuesta: c

Orden: 10

Nivel: 3

Enunciado: La cláusula “10. License must be technology-neutral” aparece en:

- a) Definición de Free Software de la FSF
- b) Debian Free Software Guidelines (DFSG)
- c) Open Source Definition de la OSI
- d) En ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 11

Nivel: 4

Enunciado: La compañía X está comenzando a desarrollar un nuevo producto de software para distribuirlo bajo los términos de la GPL con el objetivo de ganar mercado y posteriormente comenzar a vender servicios alrededor de él. ¿Qué modelo de negocio de software libre pretende adoptar esta compañía?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 12

Nivel: 4

Enunciado: La compañía X está contribuyendo en el desarrollo del núcleo de un producto de software libre para la administración de equipos de telecomunicaciones, y paralelamente se encuentra desarrollando plug-ins que permiten conectar el software con protocolos propietarios de algunos fabricantes, con la intención de comercializar estos últimos a través de la venta de licencias de software. ¿Qué modelo de negocios de software libre pretende explotar la compañía?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre con limitaciones
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 13

Nivel: 3

Enunciado: La compañía X ha decidido contratar al desarrollador Y, quién es uno de los mantenedores del proyecto de software libre Z, con la intención de comenzar a ofrecer nuevos servicios a empresas sobre este último. ¿Qué modelo de negocio de software libre pretende adoptar la empresa X?

- a) Fuente de un producto libre con limitaciones
- b) Mejor conocimiento con limitaciones
- c) Fuente de un producto libre con limitaciones
- d) Mejor conocimiento
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: d

Orden: 14

Nivel: 4

Enunciado: La compañía X propietaria del producto de software Y, ha decidido que distribuirá este software bajo los términos de la GPL a aquellos usuarios que lo utilicen sin fines comerciales, y para el resto de los usuarios lo distribuirá bajo los términos de una licencia privativa. ¿Qué modelo de negocios de software libre pretende explotar la compañía?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre con limitaciones
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 15

Nivel: 3

Enunciado: La empresa absys recibe financiación externa pública, con el objeto de desarrollar y sacar al mercado a la brevedad posible una infraestructura básica común con la finalidad de que sea utilizada por la sociedad de la información. ¿Qué tipo de motivación está involucrada en esta financiación?

- a) Motivación Precompetitiva
- b) Motivación Científica
- c) =Motivación Social
- d) Motivación de Promoción de Estándares
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 16

Nivel: 3

Enunciado: La empresa agbbsys (ONG) recibe financiación externa con la finalidad de producir software libre y de esta manera resolver los requerimientos internos de dicha organización. ¿Qué tipo de financiación se encuentra involucrada en este proceso?

- a) Financiación pública
- b) Financiación privada sin ánimo de lucro
- c) Financiación por quien necesita mejoras
- d) Financiación indirecta
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 17

Nivel: 3

La empresa CeltaAsist recibe financiación externa pública, con el objeto de tener durante el ciclo de vida de desarrollo y mejora de su software, versiones principales con las cuales puede lograr compatibilidad total entre sus mismos productos y otros ya existentes en el mercado. ¿Qué tipo de motivación está involucrada en esta financiación?

- a) Motivación Precompetitiva
- b) Motivación Científica
- c) Motivación Social
- d) Motivación de Promoción de Estándares
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: d

Orden: 18

Nivel: 2

Enunciado: La empresa microcon, la cual recibe financiación externa pública, tiene entre sus políticas de obtención o desarrollo de software una cláusula que obliga a los departamentos de informática a cargo de adquisiciones a poseer el software necesario para efectos de producir y posteriormente reproducir los resultados requeridos por la misma. ¿De qué tipo de motivación se puede hablar en relación a dicha cláusula?

- a) Motivación Precompetitiva
- b) Motivación de Promoción de Estándares
- c) Motivación Científica
- d) Motivación Social
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 19

Nivel: 2

Enunciado: La empresa Otomico, la cual recibe financiación externa pública, se asegura de que todo el tejido industrial pueda beneficiarse al compartir información obtenida mediante un software desarrollado con licencia GPL acerca de los factores y estadísticas de producción al iniciar y finalizar su año fiscal, y por lo tanto dicha financiación va directamente a repercutir sobre el desarrollo de software para facilitar este objetivo. ¿De qué tipo de motivación se puede hablar en relación a este tipo de financiación?

- a) Motivación Científica
- b) Motivación Precompetitiva
- c) Motivación de Promoción de Estándares
- d) Motivación Social
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 20

Nivel: 3

Enunciado: La empresa Sun Microsystems Inc, que desarrollo el lenguaje de programación Java, ofrece servicios de certificación. ¿Qué modelo de negocio está explotando?

- a) Basados en el mejor conocimiento
- b) Basados en ser la fuente de un programa
- c) Basados en venta de marca
- d) Basados en licencias especiales
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 21

Nivel: 4

Enunciado: La empresa X aporta recursos financieros para continuar desarrollando el producto de software libre Y, con la intención de generar algún tipo de negocio entorno al producto. ¿Qué tipo de financiación se está aplicando al producto de software libre?

- a) Financiación por quién necesita mejoras
- b) Financiación pública
- c) Financiación interna
- d) Financiación con beneficios relacionados
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: d

Orden: 22

Nivel: 2

Enunciado: La empresa X necesita incorporar cierta funcionalidad en el producto de software libre Y, para lo cual, contrata a la empresa Z. ¿Cuál de los siguientes tipos de financiación se está utilizando para el desarrollo de Y?

- a) Financiación directa
- b) Financiación indirecta
- c) Financiación como inversión externa
- d) Financiación mixta
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 23

Nivel: 2

Enunciado: La empresa X que ha desarrollado por 5 años el producto de software Y (versión 5.0) como fuente principal de sus negocios, y ha decidido que mañana liberará bajo los términos de la GPL la versión 4.0 de su producto como estrategia de generación de ingresos. ¿Qué modelo de negocios de software libre pretende explorar la empresa?

- a) Fuente de un producto libre
- b) Mejor conocimiento con limitaciones
- c) Fuente de un producto libre con limitaciones
- d) Mejor conocimiento
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 24

Nivel: 2

Enunciado: La mayoría de los desarrolladores de software libre son personas solteras

- a) Cierto, más del 60% de ellos son solteros
- b) Falso, más del 60% viven en pareja

Respuesta: b

Orden: 25

Nivel: 4

Enunciado: La principal expectativa que se tiene entre las comunidades de desarrollo, es decir lo que esperan unas de otras, es:

- a) Mejorar productos de otros desarrolladores
- b) Cooperar de una nueva forma
- c) Compartir conocimiento y habilidades

Respuesta: c

Orden: 26

Nivel: 3

Enunciado: La principal motivación de los desarrolladores para unirse a una comunidad de software libre es:

- a) Ganarse una reputación en el mundo del software libre
- b) Aprender y desarrollar nuevas habilidades
- c) Resolver un problema que no podía ser resuelto con software propietario

Respuesta: b

Orden: 27

Nivel: 4

Los derechos de autor (copyright) protegen:

- a) La expresión de un contenido
- b) El contenido mismo
- c) Ambos
- d) Ninguno

Respuesta: a

Orden: 28

Nivel: 3

Enunciado: Los desarrolladores comienzan a contribuir en su etapa:

- a) Pre-universitaria
- b) Universitaria
- c) Post-universitaria

Respuesta: a

Orden: 29

Nivel: 4

Enunciado: Los desarrolladores son personas en paro, o con trabajos por cuenta propia, lo que les permite contribuir al software libre:

- a) Cierto, más del 65% de ellos están en paro/sin trabajo
- b) Falso, más del 65% de ellos trabajan por cuenta ajena

Respuesta: b

Orden: 30

Nivel: 5

Enunciado: Los proyectos de software libre están siempre abierto a cualquier desarrollador:

- a) Verdadero
- b) Falso

Respuesta: b

Orden: 31

Nivel: 4

Enunciado: Marque las licencias Permisivas:

- a) GPL
- b) BSD
- c) Copyleft
- d) Apache
- e) Zope
- f) Affero
- g) Mozilla
- h) Shareware

Respuesta: b, d y e

Orden: 32

Nivel: 4

Enunciado: Marque las licencias robustas:

- a) GPL
- b) BSD
- c) Copyleft
- d) Apache
- e) Zope
- f) Affero
- g) Mozilla
- h) Shareware

Respuesta: a, c, f y g

Orden: 33

Nivel: 4

Enunciado: Si combinamos estos derechos, ¿Cuántos tipos de Licencias Creative Commons hay?

- a) Cinco
- b) Tres
- c) Cuatro
- d) Seis

Respuesta: d

Orden: 34

Nivel: 4

Enunciado: Telefónica ofrece a sus clientes de ADSL empresariales soporte técnico de una versión modificada, por ella misma, del software libre OpenOffice. ¿Qué modelo de negocio se intenta explotar?

- a) Basados en el mejor conocimiento
- b) Basados en el mejor conocimiento con limitaciones
- c) Basados en ser la fuente del programa
- d) Basados en ser la fuente del programa con limitaciones
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: a

Orden: 35

Nivel: 3

Enunciado: Telefónica ofrece a sus clientes de ADSL empresariales un servicio ofimático. Para ello, desarrolló una nueva versión del software libre OpenOffice para que se ajustara a las necesidades de sus clientes. ¿Qué modelo de negocio se llevo a cabo para financiar este proyecto?

- a) Financiación pública
- b) Financiación indirecta
- c) Financiación privada sin ánimo de lucro
- d) Financiación por quién necesita mejoras
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: d

Orden: 36

Nivel: 1

Enunciado: Tipos de licencias de software libre:

- a) Privativas
- b) Permisivas
- c) Copyleft
- d) Robustas
- e) Minimalistas

Respuesta: b, c, d y e

Orden: 37

Nivel: 3

Enunciado: Una empresa dedicada a la venta de ordenadores quiere colaborar con el desarrollo del sistema operativo Ubuntu, para ello, todos los equipos que vende llevan Ubuntu preinstalado. ¿Qué modelo de negocio se está utilizando?

- a) Financiación pública
- b) Financiación indirecta
- c) Financiación por quién necesita mejoras
- d) Financiación privada sin ánimo de lucro
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 38

Nivel: 3

Enunciado: Una empresa desarrolla y distribuye un programa bajo una licencia privativa, y también se dedica a dar soporte técnico del programa mencionado, pero después de unos meses, esta última cambia la licencia del programa y lo distribuye bajo licencia GPL. ¿Qué modelo de negocio se está explotando?

- a) Basados en el mejor conocimiento
- b) Basados en el mejor conocimiento con limitaciones
- c) Basados en ser la fuente del programa
- d) Basados en ser la fuente del programa con limitaciones
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: d

Orden: 39

Nivel: 3

Enunciado: Una empresa que distribuye un programa bajo la licencia GPL abre una página web para que todos los usuarios del programa puedan avisar de los fallos que se encuentran. ¿Qué modelo de negocio se está implementando?

- a) Financiación pública
- b) Financiación indirecta
- c) Financiación por quién necesita mejoras
- d) Financiación privada sin ánimo de lucro
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 40

Nivel: 4

Enunciado: Una empresa que distribuye un programa bajo la licencia GPL pide a sus usuarios que colaboren con el proyecto donando una cantidad de dinero que ellos estimen oportuna. ¿Qué modelo de negocio se está utilizando?

- a) Financiación pública
- b) Financiación por quién necesita mejoras
- c) Financiación privada sin ánimo de lucro
- d) Financiación indirecta
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 41

Nivel: 4

Enunciado: Uno de cada cinco desarrolladores proviene de campos diferentes al de las tecnologías de la información:

- a) Verdadero
- b) Falso

Respuesta: b

Orden: 42

Nivel: 5

Enunciado: ¿Bajo cuántas licencias puede estar un producto?

- a) Una
- b) Múltiples
- c) Dos
- d) Tres

Respuesta: b

Orden: 43

Nivel: 5

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Accesorizing de la clasificación de Hecker?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre con limitaciones
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 44

Nivel: 4

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Brand Licensing de la clasificación de Hecker?

- a) Licencias especiales
- b) Patentes
- c) Venta de símbolos
- d) Venta de hardware
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 45

Nivel: 4

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Sell it, Free de la clasificación de Hecker?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre con limitaciones
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: b

Orden: 46

Nivel: 4

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Service Enabler de la clasificación de Hecker?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre con limitaciones
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 47

Nivel: 4

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Software Franchising de la clasificación de Hecker?

- a) Licencias especiales
- b) Patentes
- c) Venta de marca
- d) Venta de hardware
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: c

Orden: 48

Nivel: 4

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Support Seller de la clasificación de Hecker?

- a) Mejor conocimiento
- b) Venta de marca
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Licencias especiales
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: a

Orden: 49

Nivel: 5

Enunciado: ¿Con que modelo de negocios de la clasificación Robles/Barahona, es equivalente el modelo de negocios Widget Frosting de la clasificación de Hecker?

- a) Mejor conocimiento
- b) Fuente de un producto libre con limitaciones
- c) Mejor conocimiento con limitaciones
- d) Fuente de un producto libre
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 50

Nivel: 4

Enunciado: ¿Cuál es el intervalo de moda de tiempo que dedica un desarrollador a la semana?

- a) Menos de 2 horas
- b) De 2-5 horas
- c) De 6-10 horas
- d) De 11-20 horas
- e) De 21-40 horas
- f) Más de 40 horas

Respuesta: b

Orden: 51

Nivel: 2

Enunciado: ¿Cuál es la edad media de los desarrolladores?

- a) 16 años
- b) 21 años
- c) 32 años
- d) 40 años

Respuesta: b

Orden: 52

Nivel: 5

Enunciado: ¿Cuándo una licencia está en vigor?

- a) Nunca
- b) Al firmar el contrato
- c) Al abrir o instalar el producto
- d) Siempre

Respuesta: b

Orden: 53

Nivel: 3

Enunciado: ¿De qué países provienen en su mayoría los desarrolladores de software libre?

- a) Países Europeos
- b) Estados Unidos
- c) Japón

Respuesta: a

Orden: 54

Nivel: 3

Enunciado: ¿En cuál de los siguientes tipos de financiación, la entidad financiadora no busca recuperar la inversión de forma directa?

- a) Financiación con beneficios relacionados
- b) Financiación por quién necesita mejoras
- c) Financiación como inversión externa
- d) Financiación mixta
- e) Ninguna de las anteriores

Respuesta: e

Orden: 55

Nivel: 4

Enunciado: ¿Por qué es el software libre un factor de “comoditización”?

- a) Porque el beneficio de los nodos adyacentes pasa a él
- b) Porque venden software libre a menor precio que anteriormente el privativo
- c) Porque hay una transferencia de oportunidades de beneficio a su alrededor
- d) Todas las anteriores

Respuesta: c

Orden: 56

Nivel: 3

Enunciado: ¿Quién puede decidir qué licencia se aplica?

- a) Nadie
- b) Quien posea los derechos
- c) El autor
- d) Cualquiera

Respuesta: b

Orden: 57

Nivel: 3

Enunciado: Caos en la organización, el desarrollo y el código es una característica del software libre

Respuesta: Falso

Orden: 58

Nivel: 2

Enunciado: El SW Libre se desarrolla de forma novedosa, por lo que no se pueden utilizar mecanismos tradicionales para mejorar la calidad

Respuesta: Falso

Orden: 59

Nivel: 3

Enunciado: El SW Libre tiene sus propios mecanismos para asegurar la mejora de calidad

Respuesta: Verdadero

Orden: 60

Nivel: 1

En todos los proyectos de SW Libre tienen que aparecer todos los roles

Respuesta: Falso

Orden: 61  
Nivel: 1  
Enunciado: Existe un “modelo de desarrollo de SW Libre”  
Respuesta: Falso

Orden: 62  
Nivel: 2  
Enunciado: La documentación de desarrollo suele ser mínima  
Respuesta: Verdadero

Orden: 63  
Nivel: 1  
Enunciado: La fase de pruebas previa a la distribución suele ser muy corta  
Respuesta: Verdadero

Orden: 64  
Nivel: 1  
Enunciado: Muchos grandes proyectos sin financiación directa (como Apache, Mozilla, etc.) han establecido fundaciones que les den cobertura legal y (en parte) económica  
Respuesta: Verdadero

Orden: 65  
Nivel: 2  
Enunciado: No hay jerarquías formales entre los desarrolladores  
Respuesta: Verdadero

Orden: 66  
Nivel: 3  
Enunciado: Todas las licencias CC son libres  
Respuesta: Falso

Orden: 67  
Nivel: 3  
Enunciado: Una de las principales novedades de la GPL versión 3 es Incluir cláusulas que defiendan a la comunidad de software libre del uso indebido de patentes de software  
Respuesta: Verdadero

Orden: 68  
Nivel: 2  
Enunciado: ¿Tienen validez las licencias que estén en inglés en España?  
Respuesta: Verdadero

## II. En idioma Inglés

Orden: 69  
Nivel: 3  
Enunciado: Are Scientific articles under “open access” free works?  
a) It's not clear. The article is available for anyone, but not usually allows it to use them for any purpose (commercial, etc).  
b) No, because the scientific articles are invariant and do not allow derivative works.  
c) Yes, because they meet the requirements of the definition given by Freedom Defined.  
Respuesta: a

Orden: 70

Nivel: 4

Enunciado: Can I license software using CC?

- a) Yes, but are not recognized as software licenses by the FSF and the OSI.
- b) No, because the CC licenses have not contemplate this case.
- c) Yes, but CC doesn't recommend it, and it suggests using free software licenses instead.

Respuesta: c

Orden: 71

Nivel: 3

Enunciado: Can I redistribute a song under a CC BY-NC license?

- a) Yes, even charging for it.
- b) Yes, but not charging for it.
- c) Under no circumstances.

Respuesta: b

Orden: 72

Nivel: 4

Enunciado: Can I redistribute a work obtained under CC BY-NC-SA?

- a) No, because having NC clause means that can only use that work in a non-profitable way by the person who originally received the work.
- b) Yes, but not charging for it, and preserving the original license terms.
- c) Yes, it is a free CC license.

Respuesta: b

Orden: 73

Nivel: 2

Enunciado: Could you use a CC license to distribute a work under the usual terms of all rights reserved?

- a) No.
- b) Yes, CC BY-NC-SA.
- c) Yes, CC BY-NC-ND.

Respuesta: a

Orden: 74

Nivel: 3

Enunciado: Are all possible combinations of CC licenses (with NC, BY, ND and SA) supported?

- a) No, for instance NC and SA cannot be combined.
- b) No, for instance ND and SA cannot be combined.
- c) Yes, although some combinations result in non-free licenses.

Respuesta: b

Orden: 75

Nivel: 4

Enunciado: Is the CC Attribution-Share Alike license free?

- a) Yes, because it forces to give attribution, and thus allows redistribution.
- b) No, because it forces to give attribution.
- c) Yes, because it allows free redistribution, provided retaining the original license terms.

Respuesta: c

Orden: 76

Nivel: 4

Enunciado: Is the CC-NC-SA license free?

- a) Yes, because the ShareAlike clause is similar to the GPL to software.
- b) No, because the NonCommercial clause restricts the free use of the work.
- c) No, because the work can be used but never redistributed.

Respuesta: b

Orden: 77

Nivel: 5

Enunciado: Is the ShareAlike clause in a CC license the same concept as copyleft?

- a) No, because copyleft applies only to software, and cannot be compared.
- b) No, because even imposed ShareAlike reciprocity, the license may not be free (for example, a clause NC).
- c) Yes, because it forces to redistribute the work under the same terms as the original license, like copyleft.

Respuesta: b

Orden: 78

Nivel: 4

Enunciado: The GFDL is an intellectual work of Richard Stallman, a classic advocate of free software. Debian, however, rejects this license because considers it's not free. What is the argument behind this position?

- a) Is due in large part to old fights between Debian and Stallman, which was rejected when he tried to be a developer of the project?
- b) Debian really only applies its criteria just to software, and believes that everything (including documentation licenses) is not free, from its definition point of view.
- c) The GFDL allows you to specify invariant sections in a document, eliminating the possibility of modifying it, and therefore violates the principles of freedom of the Debian Guidelines.

Respuesta: c

Orden: 79

Nivel: 2

Enunciado: What are the goals of Creative Commons as an organization?

- a) World domination.
- b) Create a set of licenses, adapted to each jurisdiction, and create a repository of works available under these licenses.
- c) Create a set of free licenses, adapted to each jurisdiction, and create a repository of free works available under these licenses.

Respuesta: b

Orden: 80

Nivel: 2

Enunciado: What can I do with a song released under a CC BY-SA license?

- a) Mix with a song by José Luis Perales and put it on a social network to try to become famous.
- b) Mix with a song that I made, and publish a record with a CC BY-SA license (mandatory), in addition to the attribution to the original author.
- c) Mix with a song that I made, and publish a CD with a usual copyright license (but making clear that it is a work based on the original, giving attribution to the author).

Respuesta: b

Orden: 81

Nivel: 3

Enunciado: What features can be “set” in a CC license?

- a) The attribution of the work, commercial use and derivative works, including translations of original work.
- b) The attribution of the work, commercial use, derivatives works, and share-alike.
- c) The attribution of the work, its redistribution to third parties, and the possibility of making derivative works.

Respuesta: b

Orden: 82

Nivel: 4

Enunciado: What is the Commons Deed of a CC license?

- a) The introduction, which explains why you've chosen a license, and encourages free cultural works.
- b) The introduction, which exempts from liability CC organization from uses that might be made of the work.
- c) A summary of the license, with explanatory icons, aimed to potential users of the work.

Respuesta: c

Orden: 83

Nivel: 3

Enunciado: What is the difference between dedicate a work to Public Domain and licensing with CC-BY?

- a) Both recognized the author, but in the Public Domain will never expire, while the CC-BY has the same expiration as any other copyright.
- b) CC-BY licensing necessarily has to recognize who is the author.
- c) No, they are the same thing from a legal point of view.

Respuesta: b

Orden: 84

Nivel: 4

Enunciado: What is the Digital Code of a CC license?

- a) It's a version of the license aimed to the machines, so it can be read, and helps search engines, repositories, etc.
- b) It's a reference number that uniquely identifies the work.
- c) It's a reference number that can be used to trace the use of license over the Internet.

Respuesta: a

Orden: 85

Nivel: 3

Enunciado: What is the Legal Code of a CC license?

- a) A code assigned by authorities to identify the work.
- b) Is the full text of the license.
- c) A code assigned by the authorities of each country to show that it is a valid license in that jurisdiction.

Respuesta: b

Orden: 86

Nivel: 3

Enunciado: What is the main difference between a CC license and a regular license of a work?

- a) CC licenses are available for many jurisdictions, and allow an international release with legal consistency.
- b) CC licenses are particularly well suited for the types of common artistic creation.
- c) CC licenses grant a series of user rights by default, whereas normally these rights are restricted by default and you would need to ask permission.

Respuesta: c

Orden: 87

Nivel: 2

Enunciado: What is the main difference between functional works and non-functional ones?

- a) Non-functional works are immutable, so they will never be truly free.
- b) Non-functional works cannot be easily copied with the use of computers, while functional works can be copied automatically with a computer.
- c) Non-functional works are artistic creations, while functional works refer to non-artistic creations (manuals, encyclopedias, etc.)

Respuesta: c

Orden: 88

Nivel: 4

Enunciado: What would be the equivalent of a BSD license at Creative Commons?

- a) CC BY.
- b) CC BY-SA.
- d) CC0.
- e) None.
- f) All of them are.

Respuesta: a

Orden: 89

Nivel: 4

Enunciado: What would be the more similar CC license to the GFDL?

- a) CC BY-NC.
- b) CC BY-SA.
- c) CC BY-ND.
- d) None.
- e) All of them are.

Respuesta: b

Orden: 90

Nivel: 3

Enunciado: Why was promoted the Freedom Defined initiative?

- a) Because it was necessary to define a catalogue of licenses for free cultural works, in a similar way to the FSF or OSI for free software.
- b) Because there were ambiguities about what is exactly a free work, therefore a definition was needed.
- c) To try to reuse all the legal knowledge of software licenses for artistic works.

Respuesta: b

## **Anexo B: Preguntas sobre el Máster en Redes de Telecomunicación para países en desarrollo.**

### I. Laboratorio de Redes de Ordenadores

Orden: Pregunta A

Nivel: 3

Enunciado: Diga lo que no es cierto en ARP

- a) Protocolo de resolución de direcciones
- b) Protocolo de nivel de enlace
- c) Protocolo de encaminamiento

Respuesta: c

Orden: Pregunta B

Nivel: 2

Enunciado: En ARP la comunicación a otra subred pasa por un

- a) HUB
- b) ROUTER
- c) SWITCH

Respuesta: b

Orden: Pregunta C

Nivel: 1

Enunciado: Para que una máquina no se comporte como un bridge no debe estar configurada a nivel

- a) IP
- b) Físico
- c) Enlace

Respuesta: a

Orden: Pregunta D

Nivel: 5

Enunciado: La orden que se utiliza para la configuración de un bridge es

- a) brctl
- b) ifconfig

Respuesta: a

Orden: Pregunta E

Nivel: 4

Enunciado: Si queremos “apagar” (no eliminar) una interfaz eth0 hacemos:

- a) ip address del dev <interfaz> <dirIP/prefijoMáscara>
- b) ifconfig <interfaz> down

Respuesta: b

Orden: Pregunta F

Nivel: 1

Enunciado: El resultado de los procedimientos por el cual los encaminadores (routers) alcanzan las decisiones de las mejores rutas para cada destino es generar en cada encaminador:

- a) Tabla de encaminamiento
- b) Algoritmo de encaminamiento
- c) Protocolo de encaminamiento

Respuesta: a

Orden: Pregunta G

Nivel: 2

Enunciado: Dentro del paquete zebra, no es fichero de configuración de protocolo de encaminamiento:

- a) ripd.conf
- b) osd.conf
- c) bgpd.conf

Respuesta: b

## II. Proyectos de cooperación al desarrollo

Orden: Pregunta H

Nivel: 1

Enunciado: Falta de ingreso necesario para satisfacer tanto las necesidades de alimentación básicas como las necesidades “no alimentarias básicas”, tales como vestido, energía y vivienda:

- a) Pobreza extrema
- b) Pobreza relativa

Respuesta: b

Orden: Pregunta I

Nivel: 4

Enunciado: El desarrollo de los países apareció como uno de los objetivos prioritarios de la Carta Fundacional de las Naciones Unidas en el año

- a) 1954
- b) 1945
- c) 1935

Respuesta: b

Orden: Pregunta J

Nivel: 3

Enunciado: La cooperación para el desarrollo involucra a los tres sectores sociales. Donde se definen y ejecutan las políticas de desarrollo y de cooperación para el desarrollo. Incluye a las instituciones nacionales centrales, autonómicas o locales y a las supranacionales y agencias multilaterales; es:

- a) Sector público
- b) Sector empresarial
- c) Sociedad civil

Respuesta: a

Orden: Pregunta K

Nivel: 1

Enunciado: Clasificando las empresas según su dimensión. Empresa que posee y controla la provisión de productos y servicios fuera del país en el que tiene su sede, es:

- a) PYME
- b) Multinacional
- c) Microempresa

Respuesta: b

Orden: Pregunta L

Nivel: 2

Enunciado: Según los niveles de planificación, no está subordinada a un plan:

- a) Proyecto
- b) Programa
- c) Política

Respuesta: c

Orden: Pregunta M

Nivel: 5

Enunciado: Señale la opción no correcta. El dispositivo de seguimiento debe ser:

- a) Liviano
- b) Orientado
- c) Concertado
- d) Integral
- e) Complejo

Respuesta: e

Orden: Pregunta N

Nivel: 2

Enunciado: El componente principal o criterio fundamental de cualquier proceso de evaluación “eficacia”:

- a) Valora si las actividades previstas o realizadas nos conducen o nos han conducido al logro de los resultados propuestos y si éstos son o han sido suficientes para obtener la consecución del objetivo específico.
- b) Valora la forma en la que se consumen o se han consumido los recursos para realizar las actividades enfrentándolos a los resultados propuestos o alcanzados.
- c) Valoración de los efectos (previstos o imprevistos, positivos o negativos) del proyecto más allá de su objetivo específico. Resulta en muchos casos difícil encontrar evidencia demostrada de los cambios en las condiciones de vida de los beneficiarios atribuibles al proyecto.

Respuesta: a

### III. Sistemas de electrificación autónomos en redes de telecomunicación

Orden: Pregunta O

Nivel: 2

Enunciado: La clasificación de los sistemas fotovoltaicos por su periodo de uso es:

- a) Sistemas Autónomos, Sistemas Híbridos, Sistemas Conectados a la Red.
- b) Doméstico, Servicios Sociales Básicos, Usos Productivos.
- c) Diurno, nocturno, continuo.

Respuesta: c

Orden: Pregunta P

Nivel: 4

Enunciado: La ley de Ohm nos dice:

- a)  $v(t) = R \cdot i(t)$
- b)  $p(t) = v(t) \cdot i(t)$

Respuesta: a

Orden: Pregunta Q

Nivel: 1

Enunciado: No es una “energía limpia”:

- a) Fotovoltaica
- b) Fósil
- c) Hidráulica

Respuesta: b

Orden: Pregunta R

Nivel: 3

Enunciado: Módulo de silicio mono cristalino es:

- a) Conformados por celdas de un solo tipo de cristal. Eficiencia aprox.: 25%.
- b) Celdas constituidas por Silicio mezclado con Arsenio y Galio. Eficiencia aprox.: 20%.

Respuesta: a

Orden: Pregunta S

Nivel: 5

Enunciado: No es un procedimiento para evaluar la curva I-V

- a) Mediante Simuladores Solares
- b) A exposición al Sol Real
- c) Espectro Variable

Respuesta: c

Orden: Pregunta T

Nivel: 1

Enunciado: Señale la necesidad menos importante para los usuarios rurales:

- a) Iluminación
- b) Comunicación
- c) Diversión

Respuesta: c

Orden: Pregunta U

Nivel: 2

Enunciado: La capacidad de la tierra de aceptar la energía depende de la resistencia del suelo. V o F.

Respuesta: V

#### IV. Comunicaciones por satélite de última generación

Orden: Pregunta V

Nivel: 1

Enunciado: En la topología de red de una comunicación por satélite, tiene un hub:

- a) En Malla
- b) En estrella

Respuesta: b

Orden: Pregunta W

Nivel: 4

Enunciado: En el retardo de los satélites GEO. El tiempo de ida y vuelta de un ping es:

- a) 250 ms
- b) 0,5 s

Respuesta: b

Orden: Pregunta X

Nivel: 3

Enunciado: La codificación con control de errores se puede implementar mediante dos técnicas diferentes.Cuál de ellas tiene problemas de retardo:

- a) FEC
- b) ARQ

Respuesta: b

Orden: Pregunta Y

Nivel: 1

Enunciado: Órbita en la cual un cuerpo se mueve con el mismo período que la rotación terrestre. Se encuentra en el plano ecuatorial a unos 36000 Km de distancia, es la definición de: Órbita Geoestacionaria. V o F.

Respuesta: V

Orden: Pregunta Z

Nivel: 5

Enunciado: Que ley de Kepler es: El cuadrado del período de revolución es proporcional al cubo del semieje mayor de la órbita:

- a) Primera
- b) Segunda
- c) Tercera

Respuesta: c

Orden: Pregunta AA

Nivel: 2

Enunciado: Los satélites con órbitas LEO, MEO e Inclínada son:

- a) No geoestacionarios
- b) Geoestacionarios

Respuesta: a

Orden: Pregunta AB

Nivel: 2

Enunciado: Para ver la fiabilidad de balance de enlace en las comunicaciones por satélite analógicas se utiliza:

- a) S/N
- b) BER

Respuesta: a

## V. Laboratorio de administración de sistemas

Orden: Pregunta AC

Nivel: 1

Enunciado: Software que crea una capa de abstracción, ofreciendo una máquina diferente a la máquina original es:

- a) VMWare
- b) Máquina Virtual
- c) Simulador

Respuesta: b

Orden: Pregunta AD

Nivel: 4

Enunciado: Al trabajar con máquinas virtuales, la máquina real se llamaría:

- a) Host
- b) Guest

Respuesta: a

Orden: Pregunta AF

Nivel: 3

Enunciado: Directorio donde no se guardan necesariamente programas en Linux:

- a) /usr/local
- b) /opt
- c) /home

Respuesta: c

Orden: Pregunta AG

Nivel: 3

Enunciado: Los scripts de arranque del sistema están en:

- a) /etc/passwd
- b) /etc/shadow
- c) /etc/init.d

Respuesta: c

Orden: Pregunta AH

Nivel: 2

Enunciado: Para descomprimir un fichero se utiliza:

- a) gzip
- b) gunzip

Respuesta: b

Orden: Pregunta AI

Nivel: 5

Enunciado: No muestra datos de usuario:

- a) uname
- b) id
- c) w

Respuesta: a

Orden: Pregunta AJ

Nivel: 5

Enunciado: Para continuar un proceso que estaba detenido se utiliza:

- a) kill -9
- b) kill -17
- c) kill -19

Respuesta: c

## VI. Metodología de desarrollo de proyectos de investigación aplicada

Orden: Pregunta AK

Nivel: 3

Enunciado: La relación entre el tamaño de la población y el tamaño de la muestra es:

- a) Lineal
- b) Logarítmica

Respuesta: b

Orden: Pregunta AL

Nivel: 5

Enunciado: La máxima diferencia que cabe esperar que exista entre el estadístico y el parámetro es:

- a) Error de precisión
- b) Desviación estándar

Respuesta: a

Orden: Pregunta AM

Nivel: 4

Enunciado:  $f = n/N$ , Define a:

- a) Unidad de muestreo
- b) Fracción de muestreo
- c) Muestra

Respuesta: b

Orden: Pregunta AN

Nivel: 3

Enunciado: Bases de datos que permiten la descarga de la patente completa en pdf:

- a) Derwent World Patent Index
- b) USPTO
- c) Espacenet

Respuesta: c

Orden: Pregunta AO

Nivel: 1

Enunciado: No es una hipótesis de investigación:

- a) Hipótesis nulas
- b) Hipótesis estadísticas
- c) Hipótesis alternativas

Respuesta: b

Orden: Pregunta AP

Nivel: 2

Enunciado: No es actor de un experimento:

- a) El control
- b) El sistema
- c) El investigador
- d) El entorno

Respuesta: a

Orden: Pregunta AQ

Nivel: 5

Enunciado: Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados, de los que se deducen principios y leyes generales. Es definición de:

- a) Conocimiento
- b) Ciencia

Respuesta: b

## VII. Tendencias de conmutación de voz sobre redes heterogéneas

Orden: Pregunta AR

Nivel: 3

Enunciado: Para generar nuestras gráficas, generadas por el entorno gráfico o por línea de comandos, utilizamos la herramienta:

- a) ITGDec
- b) ITGPlot
- c) ITGSend

Respuesta: b

Orden: Pregunta AS

Nivel: 1

Enunciado: Cual es el fichero de configuración de canales IAX

- a) iax.conf
- b) sip.conf

Respuesta: a

Orden: Pregunta AT

Nivel: 2

Enunciado: Asterisk es una PBX híbrida que no maneja:

- a) TDM
- b) WiMax
- c) VoIP

Respuesta: b

Orden: Pregunta AU

Nivel: 3

Enunciado: Las imágenes son representaciones de los objetos a través de su energía radiante. V o F.

Respuesta: V

Orden: Pregunta AV

Nivel: 4

Enunciado: Surgen en los 90 con GSM; empleados en redes de VoIP y telefonía móvil:

- a) Codificadores por forma de onda
- b) Vocoders

Respuesta: b

Orden: Pregunta AW

Nivel: 5

Enunciado: Codecs de videoconferencia sobre Internet:

a) H.261

b) H.263

c) H.323

Respuesta: c

Orden: Pregunta AX

Nivel: 5

Enunciado: En el proceso de codificación/decodificación de audio digital, la similitud perceptual con relación al original es:

a) Fidelidad

b) Robustez

Respuesta: a

## VIII. Técnicas avanzadas de transmisión de voz y datos en HF y VHF

Orden: Pregunta AY

Nivel: 5

Enunciado: Una alternativa comercial de hardware específico para la transmisión de voz y datos en hf y vhf es:

a) Terminal node controller

b) Modem software

c) Router de comunicaciones

Respuesta: a

Orden: Pregunta AZ

Nivel: 3

Enunciado: No es un sistema operativo embebido:

a) Windows CE

b) ucLinux

c) Linux Suse

Respuesta: c

Orden: Pregunta BA

Nivel: 5

Enunciado: Que comando se utiliza para leer los parámetros de información de la configuración GSM

a) scanf

b) fscanf

c) printf

Respuesta: b

Orden: Pregunta BB

Nivel: 2

Enunciado: Es aquél que realiza la modulación directamente sobre la portadora final:

a) Homodino

b) Heterodino

Respuesta: a

Orden: Pregunta BC

Nivel: 3

Enunciado: La comunicación HF tiene distancia ilimitada. V o F.

Respuesta: V

Orden: Pregunta BD

Nivel: 4

Enunciado: La frecuencia más elevada en que una onda radioeléctrica se refleje en la ionosfera en unas determinadas condiciones es:

a) MUF

b) FOT

c) LUF

Respuesta: a

Orden: Pregunta BE

Nivel: 1

Enunciado: La ISI es la versión en tiempo de la selectividad en frecuencia. V o F.

Respuesta: V

## IX. Gestión y mantenimiento de redes inalámbricas en zonas aisladas

Orden: Pregunta BF

Nivel: 4

Enunciado: Información de gestión almacenada en los agentes:

a) SMI

b) MIB

c) ASN.1

Respuesta: b

Orden: Pregunta BG

Nivel: 3

Enunciado: En los tipos de datos en SMI, no se consideran primitivos:

a) INTEGER

b) NULL

c) SEQUENCE

Respuesta: c

Orden: Pregunta BH

Nivel: 2

Enunciado: Es una ventaja de SNMP:

a) Depende de herramienta de gestión de red

b) Protocolo estandarizado

c) Complejidad MIBs

Respuesta: b

Orden: Pregunta BI

Nivel: 4

Enunciado: Cada agente SNMP puede definir sólo una comunidad. V o F.

Respuesta: F

Orden: Pregunta BJ

Nivel: 5

Enunciado: La relación de dos sistemas, uno con sistema de gestión y otro sin sistema de gestión es:

- a) Costos iniciales del primero bajos y finales altos, y costos iniciales del segundo alto y finales bajo
- b) Costos finales del primero bajos e iniciales altos, y costos finales del segundo alto e iniciales bajo
- c) Costos constantes en ambos casos

Respuesta: b

Orden: Pregunta BK

Nivel: 5

Enunciado: Cuando hay un sistema central y los clientes comparten tareas de gestión, es una arquitectura de gestión de red:

- a) Jerárquica
- b) Centralizada
- c) Distribuida

Respuesta: a

Orden: Pregunta BL

Nivel: 1

Enunciado: Que protocolos han triunfado en la gestión de red:

- a) SNMP/SNMPv2
- b) CMIS/CMIP

Respuesta: a

X. Laboratorio de servicios web

Orden: Pregunta BM

Nivel: 4

Enunciado: Al poner al inicio de un fichero con código python “#!/usr/bin/env python” sucede:

- a) El fichero se vuelve un ejecutable python
- b) El fichero tiene todos los permisos

Respuesta: a

Orden: Pregunta BN

Nivel: 3

Enunciado: Como se añaden comentarios en python

- a) {}
- b) #
- c) //

Respuesta: b

Orden: Pregunta BO

Nivel: 5

Enunciado: En python es un error hacer la siguiente asignación:  $X = Y = Z = 0$ . V o F.

Respuesta: F

Orden: Pregunta BP

Nivel: 2

Enunciado: Las cadenas en python:

- a) Se encierran en comillas simples
- b) Se encierran en comillas dobles
- c) Se encierran en comillas simples o dobles

Respuesta: c

Orden: Pregunta BQ

Nivel: 5

Enunciado: En python la función len():

- a) Se aplica para cadenas
- b) Se aplica a listas
- c) Se aplica a listas y cadenas

Respuesta: c

Orden: Pregunta BR

Nivel: 4

Enunciado: Las listas en python tienen que tener sus elementos:

- a) Del mismo tipo
- b) De cualquier tipo
- c) De diferente tipo

Respuesta: b

Orden: Pregunta BS

Nivel: 1

Enunciado: Un diccionario en python puede construirse con un constructor dict pasándoles tuplas.

V o F

Respuesta: V

## XI. Diseño e instalación de sistemas de radiocomunicación

Orden: Pregunta BT

Nivel: 2

Enunciado: Un dispositivo que radia y/o recibe ondas electromagnéticas, es:

- a) Antena
- b) Transceptor
- c) Ordenador

Respuesta: a

Orden: Pregunta BU

Nivel: 2

Enunciado: Entre el transmisor y el receptor se encuentra:

- a) Fuente
- b) Canal
- c) Destino

Respuesta: b

Orden: Pregunta BV

Nivel: 3

Enunciado: Modelo de balance de enlace basado en datos tabulados de experimentación

- a) Tierra plana
- b) Tierra curva
- c) Espacio libre
- d) Okumura-Hata

Respuesta: d

Orden: Pregunta BW

Nivel: 4

Enunciado: La probabilidad de encontrar todos los servidores ocupado es:

- a) Probabilidad de Demora
- b) Probabilidad de Bloqueo
- c) Probabilidad de pérdida

Respuesta: b

Orden: Pregunta BX

Nivel: 4

Enunciado: No se produce a mayor tamaño de celda:

- a) Menor coste infraestructura
- b) Menor tráfico señalización
- c) Mayor capacidad

Respuesta: c

Orden: Pregunta BY

Nivel: 5

Enunciado: Torre en que su cimentación es relativamente grande, en ocasiones se divide en una cimentación para cada pata.

- a) Monopolo
- b) Autosoportada
- c) Con tensores

Respuesta: b

Orden: Pregunta BZ

Nivel: 1

Enunciado: Antena que irradia en todas las direcciones:

- a) Omnidireccionales
- b) Panel
- c) Yagi

Respuesta: a

## XII. Redes inalámbricas de banda ancha

Orden: Pregunta CA

Nivel: 1

Enunciado: El estándar para las LAN inalámbricas es:

- a) IEEE 802.11\*
- b) IEEE 802.16\*
- c) IEEE 802.15\*

Respuesta: a

Orden: Pregunta CB

Nivel: 2

Enunciado: El estándar 802.11g es compatible con 802.11a y 802.11b. V o F.

Respuesta: V

Orden: Pregunta CC

Nivel: 5

Enunciado: Extensión para incrementar la seguridad en las redes WiFi es:

- a) 802.11i
- b) 802.11j
- c) 802.11h

Respuesta: a

Orden: Pregunta CD

Nivel: 4

Enunciado: CSMA/CD con retraso exponencial binario:

- a) ALOHA puro
- b) ALOHA ranurado
- c) Ethernet

Respuesta: c

Orden: Pregunta CE

Nivel: 5

Enunciado: No es un ejemplo de Redes sociales:

- a) Mxit en Sudáfrica
- b) Inzawa en Zimbabwe
- c) Sembuse en África Oriental

Respuesta: b

Orden: Pregunta CF

Nivel: 4

Enunciado: Banda licenciada WiMAX Móvil

- a) 2.4 Ghz
- b) 2.5 Ghz
- c) 4.9 Ghz

Respuesta: b

Orden: Pregunta CG

Nivel: 3

Enunciado: En 802.11a, el tiempo de guarda es de 900ns para soportar dispersión del retardo alta. V o F.

Respuesta: F

## Anexo C: Cuestionario de Satisfacción de la interfaz de usuario, traducido de [98].

Usuario:

Edad:

### - REACCIÓN GENERAL AL JUEGO

1. El juego es	feo	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	bonito
2. El juego es	difícil	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	fácil
3. El juego es	frustrante	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	satisfactorio
4. El juego tiene	alimentación adecuada	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	alimentación inadecuada
5. El juego es	aburrido	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	estimulante
6. El juego es	rígido	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	flexible

### - PANTALLA

7. Leer caracteres en la pantalla	duro	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	fácil
8. Resaltado para simplificar la tarea	no del todo	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	mucho
9. Organización de la información	confuso	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	claro
10. Secuencia de las pantallas	confuso	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	claro

### - TERMINOLOGÍA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN

11. Uso de términos en todo el sistema	inconsistente	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	consistente
12. Terminología relativa a la tarea	nunca	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	siempre
13. Posición de los mensajes en la pantalla	inconsistente	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	consistente
14. Pedida de entradas	confuso	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	claro
15. Información computada acerca del progreso	nunca	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	siempre
16. Mensajes de error	Inútil	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA	muy útil

- APRENDIZAJE

17. Aprendizaje de operar el sistema                      difícil                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      fácil

18. Explorar nuevas características por prueba y error                      difícil                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      fácil

19. Recordar nombres y usos de los comandos                      difícil                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      fácil

20. Ejecutar tareas es sencillo                      nunca                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      siempre

21. Ayuda de los mensajes en la pantalla                      inútil                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      muy útil

22. Materiales de referencia suplementarios                      confuso                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      claro

-CAPACIDADES DEL SISTEMA

23. Velocidad del sistema                      muy lento                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      muy rápido

24. Confiabilidad del sistema                      no confiable                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      confiable

25. El sistema tiende a ser                      ruidoso                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      silencioso

26. Corregir tus errores                      difícil                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      fácil

27. Diseñado para todos los niveles de usuario                      nunca                      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 NA                      siempre

## **Anexo D: Cuestionario del índice de Estilos de Aprendizaje, traducido de [97].**

Usuario:

Edad:

1. Entiendo algo mejor después de  
(a) tratar con ello      (b) pensar en ello
2. Prefiero ser considerado  
(a) realista              (b) innovador
3. Cuando pienso en lo que hice ayer, normalmente obtengo:  
(a) una figura            (b) palabras
4. Yo tiendo a  
(a) entender los detalles de una materia pero con la estructura general borrosa  
(b) entender la estructura general pero con los detalles borrosos
5. Cuando estoy aprendiendo algo nuevo, esto me ayuda  
(a) hablar acerca de ello  
(b) pensar acerca de ello
6. Sí fuera profesor, yo preferiría enseñar un curso  
(a) que se ocupa de hechos y situaciones de la vida real  
(b) que se ocupa de ideas y teorías
7. Prefiero obtener nueva información en  
(a) figuras, diagramas, gráficos, o mapas  
(b) instrucciones escritas o información verbal
8. Una vez que entiendo  
(a) todas las partes, yo entiendo el todo  
(b) entiendo todo, yo veo como encajan las partes
9. En un grupo de estudio trabajando en materiales difíciles, A mi me gusta más  
(a) resaltar aportando ideas  
(b) sentarse a escuchar
10. Encuentro más fácil a  
(a) aprender hechos    (b) aprender conceptos
11. En un libro con muchas figuras y diagramas, lo más probable es que yo  
(a) mire las figuras y diagramas cuidadosamente  
(b) me enfoque en el texto escrito
12. Cuando resuelvo problemas matemáticos  
(a) usualmente trabajo a mi manera para llegar a las soluciones, un paso a la vez  
(b) frecuentemente veo las soluciones pero me esfuerzo mucho para averiguar los pasos para llegar a ellas

13. En las clases que tomo  
(a) por lo general he llegado a conocer a muchos estudiantes  
(b) raramente he llegado a conocer a muchos estudiantes
14. En la lectura de no ficción, yo prefiero  
(a) algo que me enseñe nuevos hechos o me diga cómo hacer algo  
(b) algo que me de nuevas ideas para pensar en ellas
15. A mí me gusta los profesores  
(a) quienes ponen muchos diagramas en una pizarra  
(b) quienes gastan mucho tiempo explicando
16. Cuando estoy analizando una historia o una novela  
(a) yo pienso en los incidentes y trato de ponerlos juntos para averiguar los temas  
(b) yo sólo conozco los temas cuando yo acabo de leer y entonces yo tengo que volver a encontrar los incidentes que los demuestran
17. Cuando empiezo un problema de tarea para la casa, yo estoy más interesado en  
(a) empezar a trabajar en la solución inmediatamente  
(b) tratar primero de entender completamente el problema
18. Yo prefiero una idea  
(a) empírica (b) teórica
19. Yo recuerdo mejor  
(a) cuando veo (b) cuando oigo
20. Es más importante para mí que un instructor  
(a) exponga el material en pasos claramente secuenciales  
(b) me dé una figura general y relacione el material con otras materias
21. Yo prefiero estudiar  
(a) en grupo (b) sólo
22. Es más probable que se me considere  
(a) cuidadoso con los detalles de mi trabajo  
(b) creativo acerca de cómo hacer mi trabajo
23. Cuando obtengo las direcciones de un sitio prefiero  
(a) un mapa (b) instrucciones escritas
24. Yo aprendo  
(a) a un ritmo bastante regular, si estudio duro, voy a “hacerlo”  
(b) a empujones, primero estaré totalmente confundido y de repente aparecerán las “ideas”
25. Prefiero primero  
(a) probar las cosas (b) pensar en cómo voy a hacerlo
26. Cuando estoy leyendo por diversión, prefiero escritores que  
(a) digan claramente los que significa  
(b) digan las cosas de manera creativa, de forma interesante

27. Cuando veo un diagrama o esquema en clases, yo más probablemente recuerdo  
(a) la imagen                      (b) lo que dijo el instructor sobre ello
28. Cuando considero un conjunto de información, yo más probablemente estoy  
(a) enfocado en los detalles, perdiendo la figura general  
(b) tratando de entender la figura general antes que entrar en los detalles
29. Yo más fácilmente recuerdo  
(a) algo que he hecho              (b) algo en lo que he pensado mucho
30. Cuando estoy realizando una tarea, yo prefiero  
(a) dominar una forma de realizarla  
(b) llegar a nuevas formas de hacerla
31. Cuando alguien me da datos, yo prefiero  
(a) diagramas/gráficos              (b) texto resumiendo los resultados
32. Cuando escribo un artículo, yo más probablemente estoy  
(a) trabajando en (pensando acerca de o escribiendo) el comienzo del artículo y progresando secuencialmente hacia adelante  
(b) trabajando en (pensando acerca de o escribiendo) diferentes partes del artículo y luego las ordeno
33. Cuando trabajo en un proyecto grupal, yo primero quiero  
(a) hacer una “reflexión grupal” donde todo el mundo aporta ideas  
(b) una lluvia de ideas de forma individual y luego unirse al grupo y comparar las ideas
34. Creo que es mayor elogio llamar a alguien  
(a) sensible                      (b) imaginativo
35. Cuando conozco gente en una fiesta, yo probablemente más recordare  
(a) como lucían                      (b) que dijeron acerca de ellos
36. Cuando estoy aprendiendo una nueva materia, yo prefiero.  
(a) permanecer enfocado en esta materia, aprendiendo todo lo que yo pueda  
(b) tratar de hacer conexiones entre esta materia y materias relacionadas
37. Yo soy más probablemente considerado  
(a) expresivo                      (b) reservado
38. Prefiero cursos que enfatizan en  
(a) material concreto (hechos, fechas)  
(b) material abstracto (conceptos, teorías)
39. Para entretenerme, yo prefiero  
(a) ver televisión              (b) leer un libro
40. Algunos profesores empiezan sus lecturas con un resumen de que cubrirán. Estos resúmenes son  
(a) algo útil para mí      (b) muy útil para mí
41. La idea de hacer la tarea de casa en grupos, con un mismo nivel para todo el grupo  
(a) me atrae                      (b) no me atrae

42. Cuando estoy haciendo grandes cálculos

(a) yo tiendo a repetir todos mis pasos y revisar mi trabajo cuidadosamente

(b) yo creo que revisar mi trabajo es pesado y es una obligación

43. Yo tiendo a imaginar los sitios donde he estado

(a) con bastante facilidad y precisión

(b) con dificultad y sin mucho detalle

44. Cuando resuelvo problemas en grupo, yo probablemente estoy

(a) pensando en los pasos del proceso de solución

(b) pensando en las posibles consecuencias o aplicaciones de la solución en una amplia gama de áreas.

Anexo E: Preguntas presentadas en la interacción del sistema con los usuarios.

I. Preguntas presentadas sobre software libre.

Pregunta	Idioma	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta 1</b>	<b>Español</b>	<b>3</b>	Usuario1	1	108,91
			Usuario6	1	108,91
			Usuario7	0	111,65
			Usuario8	0	40,67
			Usuario9	1	17,23
			Usuario11	1	74,65
			Usuario12	0	41,57
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>7</b>	<b>4</b>	<b>71,94</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,57</b>				
<b>Pregunta 2</b>	<b>Español</b>	<b>4</b>	Usuario1	1	65,67
			Usuario6	1	65,67
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>65,67</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta 4</b>	<b>Español</b>	<b>2</b>	Usuario3	0	15,62
			Usuario4	1	25,77
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>20,69</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
<b>Pregunta 5</b>	<b>Español</b>	<b>2</b>	Usuario3	1	27,37
			Usuario4	1	11,09
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>19,23</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta 6</b>	<b>Español</b>	<b>2</b>	Usuario3	1	7,43
			Usuario4	1	18,80
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>13,12</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta 7</b>	<b>Español</b>	<b>1</b>	Usuario3	1	18,27
			Usuario4	0	13,78
			Usuario5	1	75,26
			Usuario10	1	21,88
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>3</b>	<b>32,30</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta 11</b>	<b>Español</b>	<b>4</b>	Usuario1	0	47,68
			Usuario6	0	47,68
			Usuario7	1	65,54
			Usuario9	1	18,95
			Usuario11	0	79,92

Pregunta	Idioma	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta 11	Español	4	Usuario12	1	58,13
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			6	3	52,98
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta 12	Español	4	Usuario1	0	26,87
			Usuario6	0	26,87
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			2	0	26,87
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta 15	Español	3	Usuario8	0	34,47
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			1	0	34,47
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta 18	Español	2	Usuario1	0	68,21
			Usuario2	0	93,72
			Usuario3	0	48,95
			Usuario4	0	25,77
			Usuario5	0	63,01
			Usuario6	0	68,21
			Usuario7	1	74,17
			Usuario8	0	62,88
			Usuario9	0	53,88
			Usuario10	0	59,46
			Usuario11	1	88,92
			Usuario12	1	64,52
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			12	3	64,31
<b>Promedio</b>	<b>0,25</b>				
Pregunta 19	Español	2	Usuario1	1	42,42
			Usuario2	0	113,32
			Usuario3	0	22,58
			Usuario4	0	21,44
			Usuario5	1	19,75
			Usuario6	1	42,42
			Usuario8	1	73,76
			Usuario9	1	28,38
			Usuario10	0	57,91
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			9	5	46,89
<b>Promedio</b>	<b>0,56</b>				
Pregunta 21	Español	4	Usuario1	0	18,63
			Usuario6	0	18,63
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			2	0	18,63
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta 22	Español	2	Usuario2	0	44,12

Pregunta	Idioma	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta 22</b>	<b>Español</b>	<b>2</b>	Usuario3	0	24,13
			Usuario4	0	29,78
			Usuario5	0	19,18
			Usuario8	0	22,78
			Usuario10	0	54,65
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>6</b>	<b>0</b>	<b>32,44</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
<b>Pregunta 23</b>	<b>Español</b>	<b>2</b>	Usuario2	0	79,11
			Usuario3	0	31,30
			Usuario4	0	73,35
			Usuario5	1	99,12
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>1</b>	<b>70,72</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,25</b>				
<b>Pregunta 24</b>	<b>Español</b>	<b>2</b>	Usuario2	1	40,06
			Usuario3	0	9,32
			Usuario4	0	13,18
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>1</b>	<b>20,85</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,33</b>				
<b>Pregunta 25</b>	<b>Español</b>	<b>4</b>	Usuario6	1	30,75
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>30,75</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta 29</b>	<b>Español</b>	<b>4</b>	Usuario6	1	9,73
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9,73</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta 30</b>	<b>Español</b>	<b>5</b>	Usuario7	0	11,43
			Usuario9	1	15,91
			Usuario11	1	19,81
			Usuario12	0	7,49
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>2</b>	<b>13,66</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
<b>Pregunta 36</b>	<b>Español</b>	<b>1</b>	Usuario1	1	19,63
			Usuario2	1	26,55
			Usuario3	1	28,08
			Usuario4	1	22,30
			Usuario5	0	20,39
			Usuario6	1	19,63
			Usuario7	1	22,66
			Usuario8	1	17,14

Pregunta	Idioma	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta 36	Español	1	Usuario9	1	11,82
			Usuario10	1	21,74
			Usuario11	1	21,88
			Usuario12	1	22,26
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>12</b>	<b>11</b>	<b>21,17</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,92</b>				
Pregunta 42	Español	5	Usuario7	1	13,06
			Usuario9	1	6,79
			Usuario11	1	10,66
			Usuario12	1	11,99
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10,63</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta 43	Español	5	Usuario7	0	28,92
			Usuario9	1	24,08
			Usuario11	0	66,05
			Usuario12	0	30,22
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>1</b>	<b>37,32</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,25</b>				
Pregunta 49	Español	5	Usuario7	0	22,07
			Usuario9	1	15,21
			Usuario11	0	59,09
			Usuario12	1	11,02
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>2</b>	<b>26,85</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta 51	Español	2	Usuario3	1	6,87
			Usuario4	1	6,61
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6,74</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta 52	Español	5	Usuario9	0	8,68
			Usuario12	0	18,64
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>0</b>	<b>13,66</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta 58	Español	2	Usuario3	1	8,40
			Usuario4	1	9,10
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8,75</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta 60	Español	1	Usuario2	1	38,90
			Usuario3	1	9,44

Pregunta	Idioma	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta 60	Español	1	Usuario4	1	20,08
			Usuario5	0	14,91
			Usuario8	1	23,51
			Usuario10	1	15,95
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>6</b>	<b>5</b>	<b>20,46</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,83</b>				
Pregunta 61	Español	1	Usuario2	1	8,48
			Usuario3	1	8,45
			Usuario4	1	8,95
			Usuario5	0	12,38
			Usuario8	0	11,01
			Usuario10	0	9,94
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>6</b>	<b>3</b>	<b>9,87</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta 62	Español	2	Usuario3	0	5,61
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5,61</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta 63	Español	1	Usuario2	1	18,75
			Usuario3	0	8,46
			Usuario4	0	10,13
			Usuario5	0	20,99
			Usuario8	0	10,21
			Usuario10	0	8,35
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>6</b>	<b>1</b>	<b>12,82</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,17</b>				
Pregunta 64	Español	1	Usuario3	1	22,76
			Usuario4	1	8,74
			Usuario5	1	26,93
			Usuario10	1	19,61
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>4</b>	<b>19,51</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta 65	Español	2	Usuario3	0	4,48
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4,48</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta 68	Español	2	Usuario3	1	6,53
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6,53</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta 73	Inglés	2	Usuario3	1	20,71

Pregunta	Idioma	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta 73</b>	<b>Inglés</b>	<b>2</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20,71</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta 77</b>	<b>Inglés</b>	<b>5</b>	Usuario9	0	13,44
			Usuario12	0	16,60
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>0</b>	<b>15,02</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
<b>Pregunta 79</b>	<b>Inglés</b>	<b>2</b>	Usuario3	0	18,59
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>18,59</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				

## II. Preguntas presentadas sobre redes de telecomunicación para países en desarrollo.

### II.I. Utilizando Adaptatividad Ketamo.

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta A</b>	<b>I</b>	<b>3</b>	Usu1	1	20,97
			Usu2	0	18,26
			Usu3	1	21,78
			Usu4	0	21,17
			Usu5	1	18,64
			Usu6	0	9,94
			Usu8	1	19,48
			Usu9	1	40,39
			Usu10	0	5,00
			Usu11	0	19,46
			Usu12	1	24,84
			Usu14	0	17,25
			Usu15	0	19,69
			Usu16	0	22,14
			Usu17	0	8,95
			Usu18	1	89,18
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>16</b>	<b>7</b>	<b>23,57</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,44</b>				
<b>Pregunta B</b>	<b>I</b>	<b>2</b>	Usu2	1	35,64
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>35,64</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta C</b>	<b>I</b>	<b>1</b>	Usu7	0	18,07
			Usu13	1	16,35
			Usu16	0	29,57
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>1</b>	<b>21,33</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,33</b>				
<b>Pregunta F</b>	<b>I</b>	<b>1</b>	Usu7	1	34,11
			Usu16	1	36,10
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>35,10</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta H</b>	<b>II</b>	<b>1</b>	Usu7	1	58,59
			Usu16	1	17,56
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>38,07</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta K</b>	<b>II</b>	<b>1</b>	Usu7	1	52,85
			Usu16	1	13,01
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>32,93</b>

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta K</b>	<b>II</b>	<b>1</b>			
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AA</b>	<b>IV</b>	<b>2</b>	Usu1	1	4,97
			Usu2	1	21,65
			Usu3	0	24,20
			Usu4	0	18,29
			Usu5	1	14,06
			Usu6	1	14,94
			Usu8	1	16,89
			Usu9	0	24,85
			Usu10	1	2,84
			Usu11	1	18,27
			Usu12	0	18,07
			Usu13	0	19,99
			Usu14	1	25,60
			Usu15	1	21,18
			Usu16	1	16,01
			Usu17	1	14,30
			Usu18	1	50,87
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>17</b>	<b>12</b>	<b>19,23</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,71</b>				
<b>Pregunta AB</b>	<b>IV</b>	<b>2</b>	Usu2	1	17,12
			Usu3	1	14,92
			Usu4	1	20,47
			Usu9	1	26,50
			Usu12	1	17,44
			Usu13	0	18,69
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>6</b>	<b>5</b>	<b>19,19</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,83</b>				
<b>Pregunta AC</b>	<b>V</b>	<b>1</b>	Usu1	1	11,47
			Usu2	1	18,55
			Usu3	1	16,59
			Usu4	1	20,65
			Usu5	1	28,79
			Usu6	1	119,58
			Usu7	0	18,02
			Usu8	1	19,59
			Usu9	1	35,25
			Usu10	1	8,15
			Usu11	1	14,91
			Usu12	1	17,37
			Usu13	0	18,32
			Usu14	1	17,77
			Usu15	1	18,05
			Usu16	0	43,92
			Usu17	0	12,06
			Usu18	1	88,60

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta AC</b>	<b>V</b>	<b>1</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>18</b>	<b>14</b>	<b>29,31</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,78</b>				
<b>Pregunta AD</b>	<b>V</b>	<b>4</b>	Usu1	1	4,11
			Usu2	1	13,84
			Usu3	1	12,41
			Usu4	1	15,59
			Usu5	1	15,70
			Usu6	1	108,90
			Usu8	1	14,61
			Usu9	0	44,69
			Usu10	1	3,97
			Usu11	1	11,45
			Usu12	1	11,35
			Usu14	1	17,13
			Usu15	0	14,42
			Usu17	1	8,06
			Usu18	1	95,31
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>15</b>	<b>13</b>	<b>26,10</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,87</b>				
<b>Pregunta AF</b>	<b>V</b>	<b>3</b>	Usu2	1	21,36
			Usu4	1	21,92
			Usu16	0	27,32
			Usu17	1	8,70
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>3</b>	<b>19,82</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta AG</b>	<b>V</b>	<b>3</b>	Usu4	1	40,68
			Usu16	1	12,31
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>26,49</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AH</b>	<b>V</b>	<b>2</b>	Usu2	1	13,35
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>13,35</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AI</b>	<b>V</b>	<b>5</b>	Usu1	0	5,27
			Usu2	0	19,04
			Usu3	1	11,47
			Usu4	0	16,85
			Usu5	1	13,59
			Usu6	1	49,99
			Usu8	1	12,30
			Usu10	0	18,49

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta AI</b>	<b>V</b>	<b>5</b>	Usu11	0	13,05
			Usu12	0	14,03
			Usu14	1	33,63
			Usu15	0	15,42
			Usu17	0	8,27
			Usu18	1	15,59
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>14</b>	<b>6</b>	<b>17,64</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,43</b>				
<b>Pregunta AJ</b>	<b>V</b>	<b>5</b>	Usu1	0	3,94
			Usu2	0	14,15
			Usu3	0	13,68
			Usu4	0	17,05
			Usu5	1	19,39
			Usu8	0	13,42
			Usu10	0	3,02
			Usu11	0	17,02
			Usu12	0	12,72
			Usu14	1	15,86
			Usu15	0	15,02
			Usu17	1	15,54
			Usu18	1	17,40
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>13</b>	<b>4</b>	<b>13,71</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,31</b>				
<b>Pregunta AK</b>	<b>VI</b>	<b>3</b>	Usu16	0	21,27
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>21,27</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
<b>Pregunta AL</b>	<b>VI</b>	<b>5</b>	Usu1	0	3,98
			Usu2	0	18,90
			Usu3	0	16,26
			Usu4	1	18,33
			Usu5	1	17,76
			Usu8	1	28,64
			Usu10	1	4,96
			Usu11	1	20,55
			Usu12	0	19,44
			Usu14	0	14,21
			Usu15	1	16,78
			Usu17	1	20,11
			Usu18	0	14,47
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>13</b>	<b>7</b>	<b>16,49</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,54</b>				
<b>Pregunta AM</b>	<b>VI</b>	<b>4</b>	Usu2	0	12,35
			Usu9	0	33,19
			Usu15	1	14,34

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta AM	VI	4	Usu17	1	11,65
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			4	2	17,88
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta AN	VI	3	Usu16	0	50,14
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			1	0	50,14
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta AO	VI	1	Usu7	0	14,60
			Usu13	1	18,48
			Usu16	0	20,45
			Usu17	1	12,58
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			4	2	16,53
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta AP	VI	2	Usu2	0	12,86
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			1	0	12,86
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta AQ	VI	5	Usu1	1	6,03
			Usu3	1	31,09
			Usu4	1	23,23
			Usu5	1	22,13
			Usu8	1	26,05
			Usu10	1	6,42
			Usu11	1	29,63
			Usu12	1	19,18
			Usu14	1	23,49
			Usu17	0	13,72
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			10	9	20,10
<b>Promedio</b>	<b>0,90</b>				
Pregunta AR	VII	3	Usu16	1	33,99
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			1	1	33,99
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta AS	VII	1	Usu7	1	42,96
			Usu13	1	22,35
			Usu16	1	9,54
			Usu17	1	7,47
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			4	4	20,58
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta AT	VII	2	Usu2	1	16,82

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta AT</b>	<b>VII</b>	<b>2</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16,82</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AV</b>	<b>VII</b>	<b>4</b>	Usu9	1	21,65
			Usu15	1	23,26
			Usu17	1	13,13
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>3</b>	<b>19,34</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AW</b>	<b>VII</b>	<b>5</b>	Usu1	0	5,55
			Usu3	1	20,31
			Usu4	1	17,55
			Usu5	1	16,50
			Usu8	0	19,29
			Usu10	0	3,67
			Usu11	1	37,11
			Usu12	1	23,87
			Usu14	1	14,91
			Usu17	1	6,48
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>10</b>	<b>7</b>	<b>16,52</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,70</b>				
<b>Pregunta AX</b>	<b>VII</b>	<b>5</b>	Usu1	1	5,31
			Usu3	1	21,08
			Usu4	1	23,27
			Usu5	0	17,72
			Usu8	1	19,82
			Usu10	0	4,88
			Usu11	1	20,69
			Usu12	1	17,87
			Usu14	1	18,98
			Usu17	1	14,38
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>10</b>	<b>8</b>	<b>16,40</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,80</b>				
<b>Pregunta AY</b>	<b>VIII</b>	<b>5</b>	Usu1	0	4,56
			Usu3	1	21,81
			Usu8	1	26,55
			Usu10	1	4,69
			Usu11	1	24,54
			Usu12	1	37,43
			Usu14	1	22,90
			Usu17	0	22,82
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>8</b>	<b>6</b>	<b>20,66</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta BA</b>	<b>VIII</b>	<b>5</b>	Usu3	0	17,53

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta BA	VIII	5	Usu8	1	22,39
			Usu10	0	6,49
			Usu11	1	16,48
			Usu12	1	25,28
			Usu14	0	16,96
			Usu17	0	18,64
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>7</b>	<b>3</b>	<b>17,68</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,43</b>				
Pregunta BB	VIII	2	Usu2	1	16,76
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16,76</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta BD	VIII	4	Usu9	0	24,61
			Usu17	1	18,90
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>21,75</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta BE	VIII	1	Usu7	0	21,72
			Usu13	0	15,92
			Usu16	1	26,99
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>1</b>	<b>21,54</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,33</b>				
Pregunta BF	IX	4	Usu9	1	21,78
			Usu17	1	6,98
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>14,38</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta BH	IX	2	Usu2	1	20,03
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20,03</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta BI	IX	4	Usu9	1	27,69
			Usu17	0	7,42
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>17,56</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
Pregunta BJ	IX	5	Usu3	1	36,41
			Usu11	0	37,98
			Usu12	0	38,31
			Usu14	1	48,28
			Usu17	0	33,51
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>5</b>	<b>2</b>	<b>38,90</b>

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta BJ	IX	5			
Promedio	0,40				
Pregunta BK	IX	5	Usu3	0	19,54
			Usu12	0	17,53
			Usu17	0	14,30
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>0</b>	<b>17,12</b>
Promedio	0,00				
Pregunta BL	IX	1	Usu7	1	21,63
			Usu13	1	25,00
			Usu16	1	16,13
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>3</b>	<b>20,92</b>
Promedio	1,00				
Pregunta BM	X	4	Usu9	1	43,51
			Usu17	1	8,65
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>26,08</b>
Promedio	1,00				
Pregunta BO	X	5	Usu3	1	23,58
			Usu17	1	16,35
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>19,96</b>
Promedio	1,00				
Pregunta BQ	X	5	Usu3	1	17,45
			Usu17	0	14,02
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>15,74</b>
Promedio	0,50				
Pregunta BR	X	4	Usu9	0	21,02
			Usu17	0	6,74
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>0</b>	<b>13,88</b>
Promedio	0,00				
Pregunta BS	X	1	Usu7	1	52,68
			Usu13	0	26,55
			Usu16	0	45,20
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>1</b>	<b>41,47</b>
Promedio	0,33				
Pregunta BW	XI	4	Usu17	1	9,33
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9,33</b>
Promedio	1,00				

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
Pregunta BY	XI	5	Usu17	0	24,94
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>24,94</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
Pregunta BZ	XI	1	Usu7	1	16,63
			Usu13	1	17,23
			Usu16	1	12,64
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>3</b>	<b>3</b>	<b>15,50</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta CA	XII	1	Usu7	1	33,11
			Usu16	1	23,22
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>28,17</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
Pregunta CC	XII	5	Usu17	0	17,56
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>17,56</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				

## II.II. Utilizando Adaptatividad IRT.

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta A</b>	<b>I</b>	<b>3</b>	Usu1	1	20,16
			Usu2	0	15,76
			Usu3	0	36,05
			Usu4	1	236,26
			Usu5	0	49,31
			Usu6	0	10,88
			Usu8	1	12,33
			Usu10	0	27,16
			Usu12	1	29,12
			Usu14	1	23,91
			Usu17	0	17,11
			Usu18	1	87,96
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>12</b>	<b>6</b>	<b>47,17</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
<b>Pregunta B</b>	<b>I</b>	<b>2</b>	Usu1	0	16,60
			Usu2	1	7,91
			Usu3	1	32,94
			Usu4	1	21,05
			Usu5	1	19,16
			Usu7	0	48,75
			Usu8	1	35,35
			Usu9	1	21,03
			Usu10	0	16,98
			Usu11	1	21,84
			Usu12	1	36,20
			Usu13	1	27,32
			Usu15	0	20,97
			Usu16	1	36,20
			Usu17	1	10,45
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>15</b>	<b>11</b>	<b>24,85</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,73</b>				
<b>Pregunta C</b>	<b>I</b>	<b>1</b>	Usu7	0	45,94
			Usu12	1	27,30
			Usu16	1	27,30
			Usu17	0	21,04
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>2</b>	<b>30,39</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
<b>Pregunta F</b>	<b>I</b>	<b>1</b>	Usu12	1	24,62
			Usu16	1	24,62
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>24,62</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta G</b>	<b>I</b>	<b>2</b>	Usu1	1	22,11

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta G</b>	<b>I</b>	<b>2</b>	Usu3	1	14,12
			Usu5	1	11,46
			Usu8	1	15,46
			Usu9	0	18,62
			Usu10	1	20,59
			Usu11	1	30,82
			Usu13	1	28,96
			Usu17	1	14,59
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>9</b>	<b>8</b>	<b>19,64</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,89</b>				
<b>Pregunta J</b>	<b>II</b>	<b>3</b>	Usu2	1	25,03
			Usu4	1	64,29
			Usu12	1	44,81
			Usu14	0	41,50
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>4</b>	<b>3</b>	<b>43,91</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta K</b>	<b>II</b>	<b>1</b>	Usu12	1	18,37
			Usu16	1	18,37
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>18,37</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta L</b>	<b>II</b>	<b>2</b>	Usu1	1	37,51
			Usu3	1	21,24
			Usu8	1	61,62
			Usu9	1	16,91
			Usu10	0	24,49
			Usu11	0	59,10
			Usu13	1	16,08
			Usu17	1	15,11
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>8</b>	<b>6</b>	<b>31,51</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta N</b>	<b>II</b>	<b>2</b>	Usu1	1	57,04
			Usu3	1	7,12
			Usu8	1	85,81
			Usu9	0	78,28
			Usu10	0	56,66
			Usu11	1	107,82
			Usu17	1	81,70
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>7</b>	<b>5</b>	<b>67,78</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,71</b>				
<b>Pregunta O</b>	<b>III</b>	<b>2</b>	Usu1	0	13,03
			Usu3	1	53,53
			Usu9	1	33,12

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta O</b>	<b>III</b>	<b>2</b>	Usu10	0	22,78
			Usu11	0	154,10
			Usu17	1	14,29
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>6</b>	<b>3</b>	<b>48,48</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
<b>Pregunta Q</b>	<b>III</b>	<b>1</b>	Usu12	1	14,20
			Usu16	1	14,20
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>14,20</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AC</b>	<b>V</b>	<b>1</b>	Usu7	1	16,21
			Usu10	0	69,15
			Usu12	1	19,83
			Usu16	1	19,83
			Usu17	1	18,20
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>5</b>	<b>4</b>	<b>28,64</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,80</b>				
<b>Pregunta AF</b>	<b>V</b>	<b>3</b>	Usu1	0	20,42
			Usu2	1	10,74
			Usu3	0	34,31
			Usu4	1	13,25
			Usu8	1	26,94
			Usu12	1	28,31
			Usu14	1	17,93
			Usu17	0	9,42
			Usu18	1	6,48
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>9</b>	<b>6</b>	<b>18,64</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,67</b>				
<b>Pregunta AG</b>	<b>V</b>	<b>3</b>	Usu2	1	7,35
			Usu3	1	15,03
			Usu4	1	72,36
			Usu8	1	8,73
			Usu12	1	11,66
			Usu14	1	23,16
			Usu17	1	12,12
			Usu18	1	85,85
			<b>Cantidad</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio Tiempo</b>
			<b>8</b>	<b>8</b>	<b>29,53</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta AM</b>	<b>VI</b>	<b>4</b>	Usu2	1	41,29
			Usu4	0	34,14
			Usu12	1	20,53
			Usu14	1	16,53

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta AM</b>	<b>VI</b>	<b>4</b>	Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>4</b>	<b>3</b>	<b>28,12</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta AN</b>	<b>VI</b>	<b>3</b>	Usu2	0	19,30
			Usu3	0	73,89
			Usu4	1	24,46
			Usu12	0	26,18
			Usu14	1	28,90
			Usu17	0	12,64
			Usu18	0	102,27
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>7</b>	<b>2</b>	<b>41,09</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,29</b>				
<b>Pregunta AO</b>	<b>VI</b>	<b>1</b>	Usu7	0	27,99
			Usu10	0	39,33
			Usu12	0	16,36
			Usu16	0	16,36
			Usu17	0	17,67
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>5</b>	<b>0</b>	<b>23,54</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
<b>Pregunta AP</b>	<b>VI</b>	<b>2</b>	Usu1	0	49,00
			Usu2	1	20,19
			Usu3	0	38,21
			Usu4	1	319,49
			Usu5	1	53,02
			Usu6	1	51,61
			Usu7	0	40,50
			Usu8	0	32,53
			Usu9	0	54,38
			Usu10	1	35,31
			Usu11	0	35,62
			Usu12	1	26,26
			Usu13	0	17,70
			Usu14	1	14,62
			Usu15	0	12,61
			Usu16	1	41,64
			Usu17	1	13,38
			Usu18	1	57,34
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>18</b>	<b>10</b>	<b>50,74</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,56</b>				
<b>Pregunta AR</b>	<b>VII</b>	<b>3</b>	Usu2	1	20,47
			Usu4	1	15,93
			Usu12	1	17,10
			Usu14	1	28,71
			Usu17	0	16,17

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta AR</b>	<b>VII</b>	<b>3</b>	Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>5</b>	<b>4</b>	<b>19,67</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,80</b>				
<b>Pregunta AT</b>	<b>VII</b>	<b>2</b>	Usu1	1	33,15
			Usu2	1	4,84
			Usu3	1	7,76
			Usu4	1	195,11
			Usu5	0	13,66
			Usu6	0	22,92
			Usu7	1	21,08
			Usu8	1	14,31
			Usu9	1	28,79
			Usu10	0	22,48
			Usu11	0	20,47
			Usu12	1	147,11
			Usu13	1	26,63
			Usu14	1	27,53
			Usu15	1	17,60
			Usu16	0	20,59
			Usu17	1	12,96
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>17</b>	<b>12</b>	<b>37,47</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,71</b>				
<b>Pregunta AZ</b>	<b>VIII</b>	<b>3</b>	Usu2	1	8,33
			Usu4	1	32,77
			Usu12	1	12,72
			Usu14	1	24,43
			Usu17	0	28,27
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>5</b>	<b>4</b>	<b>21,31</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,80</b>				
<b>Pregunta BD</b>	<b>VIII</b>	<b>4</b>	Usu2	1	11,41
			Usu4	0	86,62
			Usu12	1	40,49
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>3</b>	<b>2</b>	<b>46,17</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,67</b>				
<b>Pregunta BF</b>	<b>IX</b>	<b>4</b>	Usu2	1	9,00
			Usu4	1	25,28
			Usu12	1	19,48
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>3</b>	<b>3</b>	<b>17,92</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta BG</b>	<b>IX</b>	<b>3</b>	Usu2	1	22,37
			Usu4	0	37,04
			Usu12	0	28,75
			Usu14	0	22,30

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta BG</b>	<b>IX</b>	<b>3</b>	Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>4</b>	<b>1</b>	<b>27,61</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,25</b>				
<b>Pregunta BH</b>	<b>IX</b>	<b>2</b>	Usu1	1	20,40
			Usu2	1	6,54
			Usu3	1	16,37
			Usu5	1	38,96
			Usu7	0	64,65
			Usu8	1	21,27
			Usu9	0	44,62
			Usu10	1	26,94
			Usu11	1	35,37
			Usu12	1	27,22
			Usu13	1	22,22
			Usu15	0	20,11
			Usu16	1	27,22
			Usu17	0	9,55
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>14</b>	<b>10</b>	<b>27,25</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,71</b>				
<b>Pregunta BN</b>	<b>X</b>	<b>3</b>	Usu2	0	23,29
			Usu4	1	18,41
			Usu12	1	9,97
			Usu14	1	27,81
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>4</b>	<b>3</b>	<b>19,87</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,75</b>				
<b>Pregunta BP</b>	<b>X</b>	<b>2</b>	Usu1	1	30,90
			Usu2	1	5,80
			Usu3	1	14,37
			Usu5	1	29,01
			Usu7	0	31,45
			Usu8	0	40,83
			Usu9	1	19,04
			Usu10	1	21,34
			Usu11	0	26,50
			Usu12	0	20,85
			Usu13	0	20,72
			Usu15	1	18,78
			Usu16	0	20,85
			Usu17	1	11,33
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>14</b>	<b>8</b>	<b>22,27</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,57</b>				
<b>Pregunta BR</b>	<b>X</b>	<b>4</b>	Usu2	0	14,34
			Usu4	0	35,98
			Usu12	0	33,89

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta BR</b>	<b>X</b>	<b>4</b>	Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>3</b>	<b>0</b>	<b>28,07</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
<b>Pregunta BT</b>	<b>XI</b>	<b>2</b>	Usu1	1	7,00
			Usu2	1	4,38
			Usu3	1	16,76
			Usu5	0	3,57
			Usu7	1	26,04
			Usu8	1	32,71
			Usu9	1	14,42
			Usu10	1	9,50
			Usu11	1	27,76
			Usu12	0	9,31
			Usu13	1	20,64
			Usu15	1	18,84
			Usu16	0	9,31
			Usu17	1	9,88
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>14</b>	<b>11</b>	<b>15,01</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,79</b>				
<b>Pregunta BU</b>	<b>XI</b>	<b>2</b>	Usu1	1	11,83
			Usu3	1	13,50
			Usu5	1	3,34
			Usu7	0	16,61
			Usu8	1	9,70
			Usu9	1	9,78
			Usu10	1	29,12
			Usu11	1	34,84
			Usu12	0	14,73
			Usu13	1	11,93
			Usu15	1	12,78
			Usu16	0	14,73
			Usu17	1	6,91
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>13</b>	<b>10</b>	<b>14,60</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,77</b>				
<b>Pregunta BV</b>	<b>XI</b>	<b>3</b>	Usu1	1	55,63
			Usu2	1	9,18
			Usu3	1	13,09
			Usu4	1	245,46
			Usu5	1	4,28
			Usu6	1	33,98
			Usu7	1	16,46
			Usu8	1	23,79
			Usu9	1	52,92
			Usu10	1	33,38
			Usu11	1	62,48
			Usu12	1	302,49
			Usu13	1	35,04

Pregunta	Asignatura	Nivel	Usuario	Acierto	Tiempo Medio (s)
<b>Pregunta BV</b>	<b>XI</b>	<b>3</b>	Usu14	1	21,99
			Usu15	1	23,71
			Usu16	0	51,68
			Usu17	1	28,69
			Usu18	1	118,15
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>18</b>	<b>17</b>	<b>62,91</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,94</b>				
<b>Pregunta BW</b>	<b>XI</b>	<b>4</b>	Usu2	1	18,45
			Usu12	0	30,62
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>24,53</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,50</b>				
<b>Pregunta BX</b>	<b>XI</b>	<b>4</b>	Usu2	0	21,97
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>1</b>	<b>0</b>	<b>21,97</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>				
<b>Pregunta BZ</b>	<b>XI</b>	<b>1</b>	Usu7	1	18,05
			Usu10	1	21,25
			Usu12	1	11,22
			Usu16	1	11,22
			Usu17	1	5,41
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>5</b>	<b>5</b>	<b>13,43</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				
<b>Pregunta CA</b>	<b>XII</b>	<b>1</b>	Usu7	1	31,60
			Usu12	1	31,40
			Usu16	1	31,40
			Cantidad	Suma	Promedio Tiempo
			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>31,50</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,00</b>				



## Anexo F: Interacción de los usuarios.

### I. Interacción de los usuarios sobre software libre.

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usuario1</b>	Pregunta 21	0	18,63
	Pregunta 18	0	68,21
	Pregunta 19	1	42,42
	Pregunta 2	1	65,67
	Pregunta 11	0	47,68
	Pregunta 36	1	19,63
	Pregunta 12	0	26,87
	Pregunta 1	1	108,91
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>49,75</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>		
<b>Usuario2</b>	Pregunta 23	0	79,11
	Pregunta 22	0	44,12
	Pregunta 18	0	93,72
	Pregunta 19	0	113,32
	Pregunta 60	1	38,90
	Pregunta 24	1	40,06
	Pregunta 61	1	8,48
	Pregunta 36	1	26,55
	Pregunta 63	1	18,75
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>51,45</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,28</b>		
<b>Usuario3</b>	Pregunta 51	1	6,87
	Pregunta 23	0	31,30
	Pregunta 22	0	24,13
	Pregunta 68	1	6,53
	Pregunta 79	0	18,59
	Pregunta 7	1	18,27
	Pregunta 6	1	7,43
	Pregunta 64	1	22,76
	Pregunta 65	0	4,48
	Pregunta 58	1	8,40
	Pregunta 73	1	20,71
	Pregunta 60	1	9,44
	Pregunta 61	1	8,45
	Pregunta 24	0	9,32
	Pregunta 62	0	5,61
	Pregunta 36	1	28,08
	Pregunta 63	0	8,46
	Pregunta 18	0	48,95
	Pregunta 19	0	22,58
	Pregunta 4	0	15,62
	Pregunta 5	1	27,37
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>16,83</b>

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usuario3</b>			
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,12</b>		
<b>Usuario4</b>	Pregunta 51	1	6,61
	Pregunta 23	0	73,35
	Pregunta 22	0	29,78
	Pregunta 7	0	13,78
	Pregunta 6	1	18,80
	Pregunta 64	1	8,74
	Pregunta 58	1	9,10
	Pregunta 60	1	20,08
	Pregunta 61	1	8,95
	Pregunta 24	0	13,18
	Pregunta 36	1	22,30
	Pregunta 63	0	10,13
	Pregunta 18	0	29,68
	Pregunta 19	0	21,44
	Pregunta 4	1	25,77
	Pregunta 5	1	11,09
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>20,17</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,31</b>		
<b>Usuario5</b>	Pregunta 23	1	99,12
	Pregunta 22	0	19,18
	Pregunta 18	0	63,01
	Pregunta 19	1	19,75
	Pregunta 7	1	75,26
	Pregunta 64	1	26,93
	Pregunta 60	0	14,91
	Pregunta 61	0	12,38
	Pregunta 36	0	20,39
	Pregunta 63	0	20,99
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>37,19</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>1,50</b>		
<b>Usuario6</b>	Pregunta 21	0	18,63
	Pregunta 18	0	68,21
	Pregunta 19	1	42,42
	Pregunta 29	1	9,73
	Pregunta 2	1	65,67
	Pregunta 25	1	30,75
	Pregunta 11	0	47,68
	Pregunta 36	1	19,63
	Pregunta 12	0	26,87
	Pregunta 1	1	108,91
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>43,85</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,50</b>		
<b>Usuario7</b>	Pregunta 43	0	28,92

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usuario7</b>	Pregunta 30	0	11,43
	Pregunta 42	1	13,06
	Pregunta 18	1	74,17
	Pregunta 49	0	22,07
	Pregunta 11	1	65,54
	Pregunta 36	1	22,66
	Pregunta 1	0	111,65
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>43,69</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>		
<b>Usuario8</b>	Pregunta 15	0	34,47
	Pregunta 22	0	22,78
	Pregunta 18	0	62,88
	Pregunta 19	1	73,76
	Pregunta 60	1	23,51
	Pregunta 61	0	11,01
	Pregunta 36	1	17,14
	Pregunta 63	0	10,21
	Pregunta 1	0	40,67
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>32,94</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>1,17</b>		
<b>Usuario9</b>	Pregunta 52	0	8,68
	Pregunta 43	1	24,08
	Pregunta 30	1	15,91
	Pregunta 42	1	6,79
	Pregunta 18	0	53,88
	Pregunta 19	1	28,38
	Pregunta 77	0	13,44
	Pregunta 49	1	15,21
	Pregunta 11	1	18,95
	Pregunta 36	1	11,82
	Pregunta 1	1	17,23
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>19,49</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,14</b>		
<b>Usuario10</b>	Pregunta 22	0	54,65
	Pregunta 18	0	59,46
	Pregunta 7	1	21,88
	Pregunta 19	0	57,91
	Pregunta 64	1	19,61
	Pregunta 60	1	15,95
	Pregunta 61	0	9,94
	Pregunta 36	1	21,74
	Pregunta 63	0	8,35
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>29,94</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>1,72</b>		

<b>Usuario</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Acierto (%)</b>	<b>Tiempo Medio (s)</b>
<b>Usuario11</b>	Pregunta 43	0	66,05
	Pregunta 30	1	19,81
	Pregunta 42	1	10,66
	Pregunta 18	1	88,92
	Pregunta 49	0	59,09
	Pregunta 11	0	79,92
	Pregunta 36	1	21,88
	Pregunta 1	1	74,65
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>52,62</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,63</b>		
<b>Usuario12</b>	Pregunta 52	0	18,64
	Pregunta 43	0	30,22
	Pregunta 30	0	7,49
	Pregunta 42	1	11,99
	Pregunta 18	1	64,52
	Pregunta 77	0	16,60
	Pregunta 49	1	11,02
	Pregunta 11	1	58,13
	Pregunta 36	1	22,26
	Pregunta 1	0	41,57
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>28,24</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>		

## II. Interacción de los usuarios sobre redes de telecomunicación para países en desarrollo.

### II.I. Utilizando Adaptatividad Ketamo.

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)	
<b>Usu1</b>	Pregunta AA	1	4,97	
	Pregunta AW	0	5,55	
	Pregunta AX	1	5,31	
	Pregunta AY	0	4,56	
	Pregunta AL	0	3,98	
	Pregunta AI	0	5,27	
	Pregunta AJ	0	3,94	
	Pregunta A	1	20,97	
	Pregunta AC	1	11,47	
	Pregunta AD	1	4,11	
	Pregunta AQ	1	6,03	
		<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
		<b>11</b>	<b>6</b>	<b>6,92</b>
	<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,23</b>		
<b>Usu2</b>	Pregunta BH	1	20,03	
	Pregunta B	1	35,64	
	Pregunta A	0	18,26	
	Pregunta BB	1	16,76	
	Pregunta AT	1	16,82	
	Pregunta AA	1	21,65	
	Pregunta AB	1	17,12	
	Pregunta AL	0	18,90	
	Pregunta AH	1	13,35	
	Pregunta AI	0	19,04	
	Pregunta AM	0	12,35	
	Pregunta AJ	0	14,15	
	Pregunta AC	1	18,55	
	Pregunta AD	1	13,84	
	Pregunta AP	0	12,86	
	Pregunta AF	1	21,36	
		<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
		<b>16</b>	<b>10</b>	<b>18,17</b>
	<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,63</b>		
	<b>Usu3</b>	Pregunta BK	0	19,54
Pregunta BJ		1	36,41	
Pregunta A		1	21,78	
Pregunta BA		0	17,53	
Pregunta AA		0	24,20	
Pregunta AB		1	14,92	
Pregunta AW		1	20,31	
Pregunta AX		1	21,08	
Pregunta AY		1	21,81	
Pregunta BO		1	23,58	
Pregunta AL		0	16,26	
Pregunta AI		1	11,47	
Pregunta AJ		0	13,68	

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu3</b>	Pregunta AC	1	16,59
	Pregunta AD	1	12,41
	Pregunta AQ	1	31,09
	Pregunta BQ	1	17,45
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>20,01</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,03</b>		
<b>Usu4</b>	Pregunta A	0	21,17
	Pregunta AA	0	18,29
	Pregunta AB	1	20,47
	Pregunta AW	1	17,55
	Pregunta AX	1	23,27
	Pregunta AG	1	40,68
	Pregunta AL	1	18,33
	Pregunta AI	0	16,85
	Pregunta AJ	0	17,05
	Pregunta AC	1	20,65
	Pregunta AD	1	15,59
	Pregunta AQ	1	23,23
	Pregunta AF	1	21,92
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>21,16</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,96</b>		
<b>Usu5</b>	Pregunta AA	1	14,06
	Pregunta AW	1	16,50
	Pregunta AX	0	17,72
	Pregunta AL	1	17,76
	Pregunta AI	1	13,59
	Pregunta AJ	1	19,39
	Pregunta A	1	18,64
	Pregunta AC	1	28,79
	Pregunta AD	1	15,70
	Pregunta AQ	1	22,13
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>18,43</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>4,00</b>		
<b>Usu6</b>	Pregunta AA	1	14,94
	Pregunta AI	1	49,99
	Pregunta A	0	9,94
	Pregunta AC	1	119,58
	Pregunta AD	1	108,90
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>60,67</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,50</b>		
<b>Usu7</b>	Pregunta BE	0	21,72
	Pregunta AS	1	42,96
	Pregunta K	1	52,85
	Pregunta H	1	58,59

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu7</b>	Pregunta BZ	1	16,63
	Pregunta F	1	34,11
	Pregunta C	0	18,07
	Pregunta BL	1	21,63
	Pregunta AO	0	14,60
	Pregunta AC	0	18,02
	Pregunta BS	1	52,68
	Pregunta CA	1	33,11
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>32,08</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,83</b>		
<b>Usu8</b>	Pregunta AA	1	16,89
	Pregunta AW	0	19,29
	Pregunta AX	1	19,82
	Pregunta AY	1	26,55
	Pregunta AL	1	28,64
	Pregunta AI	1	12,30
	Pregunta AJ	0	13,42
	Pregunta BA	1	22,39
	Pregunta A	1	19,48
	Pregunta AC	1	19,59
	Pregunta AD	1	14,61
	Pregunta AQ	1	26,05
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>19,92</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,67</b>		
<b>Usu9</b>	Pregunta BD	0	24,61
	Pregunta AA	0	24,85
	Pregunta BF	1	21,78
	Pregunta AV	1	21,65
	Pregunta AB	1	26,50
	Pregunta BI	1	27,69
	Pregunta AM	0	33,19
	Pregunta BM	1	43,51
	Pregunta BR	0	21,02
	Pregunta A	1	40,39
	Pregunta AC	1	35,25
	Pregunta AD	0	44,69
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>30,43</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,42</b>		
<b>Usu10</b>	Pregunta AA	1	2,84
	Pregunta AW	0	3,67
	Pregunta AX	0	4,88
	Pregunta AY	1	4,69
	Pregunta AL	1	4,96
	Pregunta AI	0	18,49
	Pregunta AJ	0	3,02
	Pregunta BA	0	6,49

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu10</b>	Pregunta A	0	5,00
	Pregunta AC	1	8,15
	Pregunta AD	1	3,97
	Pregunta AQ	1	6,42
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6,05</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>		
<b>Usu11</b>	Pregunta BJ	0	37,98
	Pregunta A	0	19,46
	Pregunta BA	1	16,48
	Pregunta AA	1	18,27
	Pregunta AW	1	37,11
	Pregunta AX	1	20,69
	Pregunta AY	1	24,54
	Pregunta AL	1	20,55
	Pregunta AI	0	13,05
	Pregunta AJ	0	17,02
	Pregunta AC	1	14,91
	Pregunta AD	1	11,45
	Pregunta AQ	1	29,63
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>21,63</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,96</b>		
<b>Usu12</b>	Pregunta BK	0	17,53
	Pregunta BJ	0	38,31
	Pregunta A	1	24,84
	Pregunta BA	1	25,28
	Pregunta AA	0	18,07
	Pregunta AB	1	17,44
	Pregunta AW	1	23,87
	Pregunta AX	1	17,87
	Pregunta AY	1	37,43
	Pregunta AL	0	19,44
	Pregunta AI	0	14,03
	Pregunta AJ	0	12,72
	Pregunta AC	1	17,37
	Pregunta AD	1	11,35
	Pregunta AQ	1	19,18
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>20,98</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,50</b>		
<b>Usu13</b>	Pregunta BE	0	15,92
	Pregunta AS	1	22,35
	Pregunta AA	0	19,99
	Pregunta AB	0	18,69
	Pregunta BZ	1	17,23
	Pregunta C	1	16,35
	Pregunta BL	1	25,00
	Pregunta AO	1	18,48

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)	
<b>Usu13</b>	Pregunta AC	0	18,32	
	Pregunta BS	0	26,55	
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>	
	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>19,89</b>	
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>			
<b>Usu14</b>	Pregunta BJ	1	48,28	
	Pregunta A	0	17,25	
	Pregunta BA	0	16,96	
	Pregunta AA	1	25,60	
	Pregunta AW	1	14,91	
	Pregunta AX	1	18,98	
	Pregunta AY	1	22,90	
	Pregunta AL	0	14,21	
	Pregunta AI	1	33,63	
	Pregunta AJ	1	15,86	
	Pregunta AC	1	17,77	
	Pregunta AD	1	17,13	
	Pregunta AQ	1	23,49	
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>	
	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>22,07</b>	
	<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,35</b>		
	<b>Usu15</b>	Pregunta AA	1	21,18
Pregunta AV		1	23,26	
Pregunta AL		1	16,78	
Pregunta AI		0	15,42	
Pregunta AM		1	14,34	
Pregunta AJ		0	15,02	
Pregunta A		0	19,69	
Pregunta AC		1	18,05	
Pregunta AD		0	14,42	
<b>Cantidad</b>		<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>	
<b>9</b>		<b>5</b>	<b>17,57</b>	
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,28</b>			
<b>Usu16</b>	Pregunta BE	1	26,99	
	Pregunta C	0	29,57	
	Pregunta A	0	22,14	
	Pregunta CA	1	23,22	
	Pregunta AS	1	9,54	
	Pregunta AA	1	16,01	
	Pregunta K	1	13,01	
	Pregunta BZ	1	12,64	
	Pregunta H	1	17,56	
	Pregunta F	1	36,10	
	Pregunta AK	0	21,27	
	Pregunta AG	1	12,31	
	Pregunta BL	1	16,13	
	Pregunta AN	0	50,14	
	Pregunta AC	0	43,92	
	Pregunta AO	0	20,45	

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu16</b>	Pregunta BS	0	45,20
	Pregunta AR	1	33,99
	Pregunta AF	0	27,32
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>25,13</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,39</b>		
<b>Usu17</b>	Pregunta CC	0	17,56
	Pregunta BW	1	9,33
	Pregunta AA	1	14,30
	Pregunta BY	0	24,94
	Pregunta BO	1	16,35
	Pregunta AI	0	8,27
	Pregunta BM	1	8,65
	Pregunta AJ	1	15,54
	Pregunta BR	0	6,74
	Pregunta AC	0	12,06
	Pregunta AD	1	8,06
	Pregunta AF	1	8,70
	Pregunta BQ	0	14,02
	Pregunta BD	1	18,90
	Pregunta BF	1	6,98
	Pregunta BI	0	7,42
	Pregunta BK	0	14,30
	Pregunta BJ	0	33,51
	Pregunta A	0	8,95
	Pregunta BA	0	18,64
	Pregunta AS	1	7,47
	Pregunta AV	1	13,13
	Pregunta AW	1	6,48
	Pregunta AX	1	14,38
	Pregunta AY	0	22,82
	Pregunta AL	1	20,11
	Pregunta AM	1	11,65
	Pregunta AO	1	12,58
	Pregunta AQ	0	13,72
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>13,64</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,26</b>		
<b>Usu18</b>	Pregunta AA	1	50,87
	Pregunta AL	0	14,47
	Pregunta AI	1	15,59
	Pregunta AJ	1	17,40
	Pregunta A	1	89,18
	Pregunta AC	1	88,60
	Pregunta AD	1	95,31
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>53,06</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,79</b>		

## II.II. Utilizando Adaptatividad IRT.

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu1</b>	Pregunta BH	1	20,40
	Pregunta B	0	16,60
	Pregunta A	1	20,16
	Pregunta BV	1	55,63
	Pregunta L	1	37,51
	Pregunta AT	1	33,15
	Pregunta BT	1	7,00
	Pregunta BU	1	11,83
	Pregunta G	1	22,11
	Pregunta AP	0	49,00
	Pregunta BP	1	30,90
	Pregunta N	1	57,04
	Pregunta O	0	13,03
	Pregunta AF	0	20,42
		<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>
	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>28,20</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,07</b>		
<b>Usu2</b>	Pregunta BD	1	11,41
	Pregunta BG	1	22,37
	Pregunta BF	1	9,00
	Pregunta BH	1	6,54
	Pregunta B	1	7,91
	Pregunta A	0	15,76
	Pregunta BV	1	9,18
	Pregunta BW	1	18,45
	Pregunta AT	1	4,84
	Pregunta BT	1	4,38
	Pregunta J	1	25,03
	Pregunta BX	0	21,97
	Pregunta AZ	1	8,33
	Pregunta AG	1	7,35
	Pregunta BN	0	23,29
	Pregunta AM	1	41,29
	Pregunta AN	0	19,30
	Pregunta BR	0	14,34
	Pregunta AP	1	20,19
	Pregunta BP	1	5,80
	Pregunta AF	1	10,74
	Pregunta AR	1	20,47
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>14,91</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,36</b>		
<b>Usu3</b>	Pregunta BH	1	16,37
	Pregunta B	1	32,94
	Pregunta A	0	36,05
	Pregunta BV	1	13,09
	Pregunta L	1	21,24
	Pregunta AT	1	7,76

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu3</b>	Pregunta BT	1	16,76
	Pregunta BU	1	13,50
	Pregunta G	1	14,12
	Pregunta AG	1	15,03
	Pregunta AN	0	73,89
	Pregunta AP	0	38,21
	Pregunta BP	1	14,37
	Pregunta N	1	7,12
	Pregunta O	1	53,53
	Pregunta AF	0	34,31
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>25,52</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,25</b>		
<b>Usu4</b>	Pregunta BD	0	86,62
	Pregunta BG	0	37,04
	Pregunta BF	1	25,28
	Pregunta B	1	21,05
	Pregunta A	1	236,26
	Pregunta BV	1	245,46
	Pregunta AT	1	195,11
	Pregunta J	1	64,29
	Pregunta AZ	1	32,77
	Pregunta AG	1	72,36
	Pregunta BN	1	18,41
	Pregunta AM	0	34,14
	Pregunta AN	1	24,46
	Pregunta BR	0	35,98
	Pregunta AP	1	319,49
	Pregunta AF	1	13,25
	Pregunta AR	1	15,93
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>86,93</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,32</b>		
<b>Usu5</b>	Pregunta BV	1	4,28
	Pregunta AT	0	13,66
	Pregunta BT	0	3,57
	Pregunta BU	1	3,34
	Pregunta BH	1	38,96
	Pregunta G	1	11,46
	Pregunta B	1	19,16
	Pregunta A	0	49,31
	Pregunta AP	1	53,02
	Pregunta BP	1	29,01
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>22,58</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,00</b>		
<b>Usu6</b>	Pregunta BV	1	33,98
	Pregunta AT	0	22,92
	Pregunta A	0	10,88

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu6</b>	Pregunta AP	1	51,61
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>29,85</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>		
<b>Usu7</b>	Pregunta BH	0	64,65
	Pregunta C	0	45,94
	Pregunta B	0	48,75
	Pregunta CA	1	31,60
	Pregunta BV	1	16,46
	Pregunta AT	1	21,08
	Pregunta BT	1	26,04
	Pregunta BU	0	16,61
	Pregunta BZ	1	18,05
	Pregunta AC	1	16,21
	Pregunta AO	0	27,99
	Pregunta AP	0	40,50
	Pregunta BP	0	31,45
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>31,18</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>1,81</b>		
<b>Usu8</b>	Pregunta BH	1	21,27
	Pregunta B	1	35,35
	Pregunta A	1	12,33
	Pregunta BV	1	23,79
	Pregunta L	1	61,62
	Pregunta AT	1	14,31
	Pregunta BT	1	32,71
	Pregunta BU	1	9,70
	Pregunta G	1	15,46
	Pregunta AG	1	8,73
	Pregunta AP	0	32,53
	Pregunta BP	0	40,83
	Pregunta N	1	85,81
	Pregunta AF	1	26,94
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>30,10</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,79</b>		
<b>Usu9</b>	Pregunta L	1	16,91
	Pregunta BV	1	52,92
	Pregunta AT	1	28,79
	Pregunta BT	1	14,42
	Pregunta BU	1	9,78
	Pregunta BH	0	44,62
	Pregunta G	0	18,62
	Pregunta B	1	21,03
	Pregunta AP	0	54,38
	Pregunta N	0	78,28
	Pregunta BP	1	19,04
	Pregunta O	1	33,12

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu9</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>32,66</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,83</b>		
<b>Usu10</b>	Pregunta BH	1	26,94
	Pregunta B	0	16,98
	Pregunta A	0	27,16
	Pregunta BV	1	33,38
	Pregunta L	0	24,49
	Pregunta AT	0	22,48
	Pregunta BT	1	9,50
	Pregunta BU	1	29,12
	Pregunta BZ	1	21,25
	Pregunta G	1	20,59
	Pregunta AO	0	39,33
	Pregunta AC	0	69,15
	Pregunta AP	1	35,31
	Pregunta BP	1	21,34
	Pregunta N	0	56,66
	Pregunta O	0	22,78
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>29,78</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,00</b>		
<b>Usu11</b>	Pregunta L	0	59,10
	Pregunta BV	1	62,48
	Pregunta AT	0	20,47
	Pregunta BT	1	27,76
	Pregunta BU	1	34,84
	Pregunta BH	1	35,37
	Pregunta G	1	30,82
	Pregunta B	1	21,84
	Pregunta AP	0	35,62
	Pregunta N	1	107,82
	Pregunta BP	0	26,50
	Pregunta O	0	154,10
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>51,39</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,42</b>		
<b>Usu12</b>	Pregunta CA	1	31,40
	Pregunta BV	1	302,49
	Pregunta BW	0	30,62
	Pregunta BT	0	9,31
	Pregunta BU	0	14,73
	Pregunta BZ	1	11,22
	Pregunta AG	1	11,66
	Pregunta BN	1	9,97
	Pregunta BR	0	33,89
	Pregunta AC	1	19,83
	Pregunta BP	0	20,85
	Pregunta AF	1	28,31

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)	
<b>Usu12</b>	Pregunta BD	1	40,49	
	Pregunta BG	0	28,75	
	Pregunta BF	1	19,48	
	Pregunta BH	1	27,22	
	Pregunta C	1	27,30	
	Pregunta B	1	36,20	
	Pregunta A	1	29,12	
	Pregunta AT	1	147,11	
	Pregunta J	1	44,81	
	Pregunta K	1	18,37	
	Pregunta F	1	24,62	
	Pregunta AZ	1	12,72	
	Pregunta AM	1	20,53	
	Pregunta AN	0	26,18	
	Pregunta AO	0	16,36	
	Pregunta AP	1	26,26	
	Pregunta Q	1	14,20	
	Pregunta AR	1	17,10	
		<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
		<b>30</b>	<b>22</b>	<b>36,70</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,17</b>			
<b>Usu13</b>	Pregunta L	1	16,08	
	Pregunta BV	1	35,04	
	Pregunta AT	1	26,63	
	Pregunta BT	1	20,64	
	Pregunta BU	1	11,93	
	Pregunta BH	1	22,22	
	Pregunta G	1	28,96	
	Pregunta B	1	27,32	
	Pregunta AP	0	17,70	
	Pregunta BP	0	20,72	
		<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
		<b>10</b>	<b>8</b>	<b>22,72</b>
	<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,50</b>		
<b>Usu14</b>	Pregunta BG	0	22,30	
	Pregunta A	1	23,91	
	Pregunta BV	1	21,99	
	Pregunta AT	1	27,53	
	Pregunta J	0	41,50	
	Pregunta AZ	1	24,43	
	Pregunta AG	1	23,16	
	Pregunta BN	1	27,81	
	Pregunta AM	1	16,53	
	Pregunta AN	1	28,90	
	Pregunta AP	1	14,62	
	Pregunta AF	1	17,93	
	Pregunta AR	1	28,71	
		<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>24,56</b>	
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,73</b>			

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu15</b>	Pregunta BV	1	23,71
	Pregunta AT	1	17,60
	Pregunta BT	1	18,84
	Pregunta BU	1	12,78
	Pregunta BH	0	20,11
	Pregunta B	0	20,97
	Pregunta AP	0	12,61
	Pregunta BP	1	18,78
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>18,17</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,63</b>		
<b>Usu16</b>	Pregunta BH	1	27,22
	Pregunta C	1	27,30
	Pregunta B	1	36,20
	Pregunta CA	1	31,40
	Pregunta BV	0	51,68
	Pregunta AT	0	20,59
	Pregunta BT	0	9,31
	Pregunta K	1	18,37
	Pregunta BU	0	14,73
	Pregunta BZ	1	11,22
	Pregunta F	1	24,62
	Pregunta AC	1	19,83
	Pregunta AO	0	16,36
	Pregunta Q	1	14,20
	Pregunta AP	1	41,64
	Pregunta BP	0	20,85
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>24,09</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,63</b>		
<b>Usu17</b>	Pregunta BH	0	9,55
	Pregunta C	0	21,04
	Pregunta B	1	10,45
	Pregunta A	0	17,11
	Pregunta BV	1	28,69
	Pregunta L	1	15,11
	Pregunta AT	1	12,96
	Pregunta BT	1	9,88
	Pregunta BU	1	6,91
	Pregunta BZ	1	5,41
	Pregunta AZ	0	28,27
	Pregunta G	1	14,59
	Pregunta AG	1	12,12
	Pregunta AN	0	12,64
	Pregunta AO	0	17,67
	Pregunta AC	1	18,20
	Pregunta AP	1	13,38
	Pregunta BP	1	11,33
	Pregunta N	1	81,70
	Pregunta AR	0	16,17

Usuario	Pregunta	Acierto (%)	Tiempo Medio (s)
<b>Usu17</b>	Pregunta O	1	14,29
	Pregunta AF	0	9,42
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>17,59</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>2,68</b>		
<b>Usu18</b>	Pregunta BV	1	118,15
	Pregunta AG	1	85,85
	Pregunta AN	0	102,27
	Pregunta A	1	87,96
	Pregunta AP	1	57,34
	Pregunta AF	1	6,48
	<b>Cantidad</b>	<b>Nro. Aciertos</b>	<b>Prom. Tiempo</b>
	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>76,34</b>
<b>Nivel Promedio</b>	<b>3,67</b>		



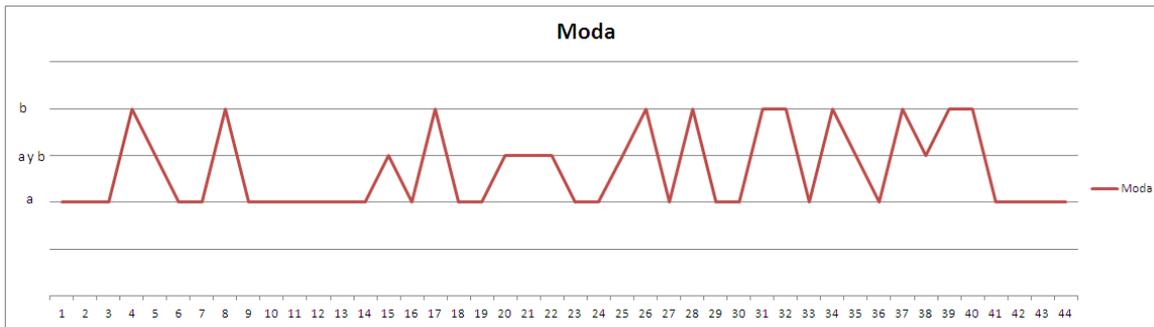
**Anexo G: Respuestas al test de estilos de aprendizaje, de los usuarios enfrentados a las preguntas sobre redes de telecomunicación para países en desarrollo.**

<b>Sexo</b>	H	M	M	H	H	M	M	H	H	H	M	H	M	M	H	H	M	H	
<b>Usuario</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>Edad</b>	28	25	28	32	26	34	28	28	30	28	28	35	33	26	43	31	28	37	

<b>Pregunta</b>																				<b>Moda</b>
1	a	a	B	b	b	a	a	B	a	b	a	a	a	a	A	a	b	a	<b>a</b>	
2	a	a	A	a	a	a	b	A	b	a	a	a	b	a	b	B	a	b	<b>a</b>	
3	a	a	B	b	b	a	a	b	a	b	a	a	b	a	b	A	a	b	<b>a</b>	
4	b	b	B	a	b	b	b	b	a	b	a	a	a	b	b	B	b	b	<b>b</b>	
5	a	a	b	a	b	b	a	a	b	b	a	b	a	b	b	B	a	a	<b>ab</b>	
6	b	a	a	a	a	a	a	a	b	a	b	b	a	b	a	A	a	a	<b>a</b>	
7	b	a	a	b	b	a	a	a	a	b	a	b	a	a	a	A	a	a	<b>a</b>	
8	a	b	b	a	b	a	b	b	b	b	a	b	b	b	a	A	b	b	<b>b</b>	
9	a	b	a	b	b	a	a	b	b	b	a	b	a	b	a	A	a	a	<b>a</b>	
10	b	a	a	a	b	a	a	a	b	b	a	a	a	b	a	A	a	a	<b>a</b>	
11	a	a	a	b	b	a	a	a	a	b	a	a	a	a	b	B	a	a	<b>a</b>	
12	b	a	b	a	b	a	a	a	a	a	a	b	a	a	b	A	a	b	<b>a</b>	
13	a	a	a	b	a	a	a	a	b	b	a	b	a	a	a	A	a	a	<b>a</b>	
14	a	b	b	a	a	a	b	a	b	b	a	b	a	b	b	a	a	a	<b>a</b>	
15	b	a	b	a	b	a	a	a	b	b	b	b	a	b	b	a	a	a	<b>ab</b>	
16	a	a	a	b	a	a	a	a	a	b	a	a	b	a	a	a	a	a	<b>a</b>	
17	a	a	b	b	b	a	b	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	b	<b>b</b>	
18	b	a	a	a	b	a	a	b	b	b	a	b	a	b	a	a	a	b	<b>a</b>	
19	a	a	a	b	a	a	a	b	a	a	a	b	a	b	a	a	a	a	<b>a</b>	
20	a	b	b	a	a	a	b	b	b	a	b	b	a	a	a	b	a	b	<b>ab</b>	
21	a	a	a	a	a	b	b	a	b	b	a	b	a	b	b	b	b	a	<b>ab</b>	
22	a	a	a	b	a	a	a	b	b	b	b	a	b	a	b	a	b	b	<b>ab</b>	
23	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a	a	<b>a</b>	
24	a	a	a	a	b	a	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	<b>a</b>	
25	a	a	a	b	b	b	b	a	a	b	b	b	a	b	b	a	a	a	<b>ab</b>	
26	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	a	b	b	b	b	<b>b</b>	
27	a	b	b	b	b	b	a	b	a	b	a	b	a	a	a	a	a	a	<b>a</b>	
28	b	b	b	a	b	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	<b>b</b>	
29	a	a	b	b	a	a	a	a	a	b	a	b	a	a	a	a	a	a	<b>a</b>	
30	a	b	b	b	a	b	b	b	a	a	a	a	b	b	a	a	a	a	<b>a</b>	
31	b	a	a	b	b	b	a	a	a	b	b	b	b	b	b	a	a	a	<b>b</b>	
32	a	b	a	b	a	b	b	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	a	<b>b</b>	
33	b	a	b	b	b	a	a	a	a	b	a	b	b	a	a	a	b	a	<b>a</b>	
34	b	b	b	a	b	b	b	a	b	b	b	a	b	a	b	b	b	b	<b>b</b>	
35	b	b	a	b	b	b	b	b	b	a	a	a	a	b	a	a	a	a	<b>ab</b>	
36	b	b	b	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	<b>a</b>	
37	b	b	a	b	b	b	b	a	b	b	a	b	a	a	b	a	a	a	<b>b</b>	
38	b	b	b	a	b	a	b	a	b	b	b	b	a	a	a	a	a	a	<b>ab</b>	

Pregunta																				Moda
39	b	b	b	a	b	a	a	b	a	a	b	b	a	b	b	b	a	b	b	<b>b</b>
40	b	b	a	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	b	a	b	b	b	b	<b>b</b>
41	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	b	a	a	a	a	b	a	a	<b>a</b>
42	a	a	b	a	a	a	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	<b>a</b>
43	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	<b>a</b>
44	a	a	b	b	a	b	a	b	a	a	a	b	a	b	a	a	b	a	a	<b>a</b>

De la tabla anterior calculamos la moda:



**Anexo H: Análisis de las respuestas al test de estilos de aprendizaje del Anexo G.**

**I. Análisis General.**

**I.I. Dimensión Activo – Reflexivo**

		<--		-->														
Usuario	Activo	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Reflexivo	Nota			
Usu1				X											-7			
Usu2				X											-7			
Usu3							X								-1			
Usu4										X					5			
Usu5									X						3			
Usu6						X									-3			
Usu7							X								-1			
Usu8					X										-5			
Usu9								X							1			
Usu10												X			9			
Usu11				X											-7			
Usu12												X			9			
Usu13				X											-7			
Usu14						X									-3			
Usu15							X								-1			
Usu16					X										-5			
Usu17						X									-3			
Usu18				X											-7			
														<b>Moda</b>	<b>-7</b>			
														<b>Promedio</b>	<b>-1,67</b>			

## I.II. Dimensión Sensitivo – Intuitivo

		<--		-->														
Usuario	Sensitivo	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Intuitivo	Nota			
Usu1								X							1			
Usu2							X								-1			
Usu3								X							1			
Usu4					X										-5			
Usu5							X								-1			
Usu6					X										-5			
Usu7									X						3			
Usu8							X								-1			
Usu9											X				7			
Usu10									X						3			
Usu11							X								-1			
Usu12							X								-1			
Usu13						X									-3			
Usu14							X								-1			
Usu15							X								-1			
Usu16					X										-5			
Usu17						X									-3			
Usu18							X								-1			
															<b>Moda</b>	<b>-1</b>		
															<b>Promedio</b>	<b>-0,78</b>		

### I.III. Dimensión Visual – Verbal

Usuario	Visual	<-- -->											Verbal	Nota				
		11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9			11			
Usu1						X										-1		
Usu2				X												-5		
Usu3					X											-3		
Usu4									X							5		
Usu5										X						7		
Usu6				X												-5		
Usu7		X														-9		
Usu8							X									1		
Usu9				X												-5		
Usu10									X							3		
Usu11					X											-3		
Usu12									X							3		
Usu13			X													-7		
Usu14						X										-1		
Usu15						X										-1		
Usu16			X													-7		
Usu17		X														-11		
Usu18			X													-7		
<b>Modas</b>																<b>-1</b>	<b>-5</b>	<b>-7</b>
<b>Promedio</b>																<b>-2,56</b>		

### I.IV. Dimensión Secuencial – Global

Usuario	Secuencial	<-- -->											Global	Nota				
		11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9			11			
Usu1						X										-1		
Usu2								X								3		
Usu3								X								3		
Usu4					X											-3		
Usu5							X									1		
Usu6					X											-3		
Usu7								X								3		
Usu8										X						7		
Usu9							X									1		
Usu10							X									1		
Usu11					X											-3		
Usu12								X								3		
Usu13						X										-1		
Usu14						X										-1		
Usu15					X											-3		
Usu16						X										-1		
Usu17								X								3		
Usu18							X									1		
<b>Moda</b>																<b>3</b>		
<b>Promedio</b>																<b>0,56</b>		



## II.IV. Dimensión Secuencial - Global

		<--		-->													
Usuario	Secuencial	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Global	Nota		
Usu2									X						3		
Usu3									X						3		
Usu6						X									-3		
Usu7									X						3		
Usu11						X									-3		
Usu13							X								-1		
Usu14							X								-1		
Usu17									X						3		
														<b>Moda</b>	<b>3</b>		
														<b>Promedio</b>	<b>0,5</b>		

## III. Análisis sobre los usuarios varones.

### III.I. Dimensión Activo – Reflexivo

		<--		-->													
Usuario	Activo	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Reflexivo	Nota		
Usu1				X											-7		
Usu4										X					5		
Usu5									X						3		
Usu8					X										-5		
Usu9								X							1		
Usu10												X			9		
Usu12												X			9		
Usu15							X								-1		
Usu16					X										-5		
Usu18				X											-7		
														<b>Modas</b>	<b>-7</b>	<b>-5</b>	<b>9</b>
														<b>Promedio</b>	<b>0,2</b>		

### III.II. Dimensión Sensitivo – Intuitivo

		<--		-->													
Usuario	Sensitivo	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Intuitivo	Nota		
Usu1								X							1		
Usu4					X										-5		
Usu5							X								-1		
Usu8							X								-1		
Usu9											X				7		
Usu10									X						3		
Usu12							X								-1		
Usu15							X								-1		
Usu16					X										-5		
Usu18							X								-1		
														<b>Moda</b>	<b>-1</b>		
														<b>Promedio</b>	<b>-0,4</b>		

### III.III. Dimensión visual - Verbal

		<--		-->													
Usuario	Visual	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Verbal	Nota		
Usu1							X								-1		
Usu4										X					5		
Usu5											X				7		
Usu8								X							1		
Usu9					X										-5		
Usu10									X						3		
Usu12									X						3		
Usu15							X								-1		
Usu16				X											-7		
Usu18				X											-7		
<b>Modas</b>															<b>-1</b>	<b>-7</b>	<b>-3</b>
<b>Promedio</b>															<b>-0,2</b>		

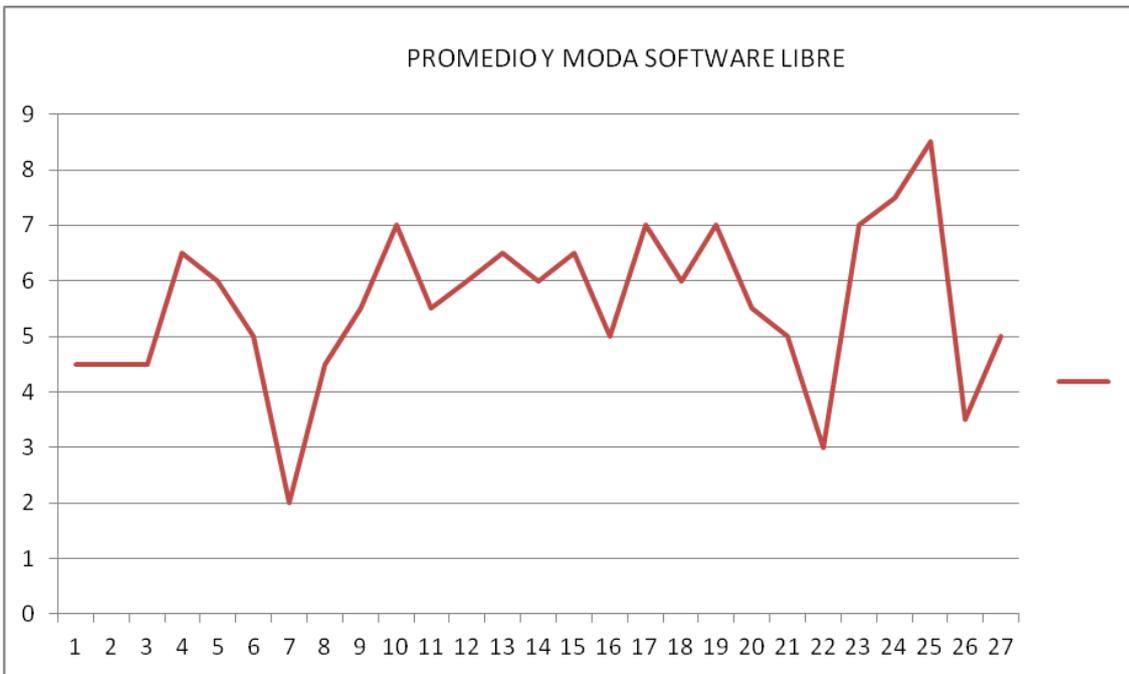
### III.IV. Dimensión Secuencial – Global

		<--		-->												
Usuario	Secuencial	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	Global	Nota	
Usu1							X								-1	
Usu4						X									-3	
Usu5								X							1	
Usu8										X					7	
Usu9								X							1	
Usu10								X							1	
Usu12									X						3	
Usu15						X									-3	
Usu16							X								-1	
Usu18								X							1	
<b>Moda</b>															<b>1</b>	
<b>Promedio</b>															<b>0,6</b>	

Anexo I: Respuestas al test de experiencia de usuario.

I. Respuestas de los usuarios sobre software libre.

		SEXO	H	H		
		USUARIO	2	1		
		EDAD	26	28		
Característica	Pregunta			Prom-Moda	Promedio	
<b>Reacción General al Juego</b>	1	6	3	4,5		
	2	6	3	4,5		
	3	6	3	4,5		
	4	6	7	6,5		
	5	5	7	6		
	6	5	5	5		<b>5,17</b>
<b>Pantalla</b>	7	1	3	2		
	8	5	4	4,5		
	9	6	5	5,5		
	10	7	7	7		<b>4,75</b>
<b>Terminología y sistemas de información</b>	11	7	4	5,5		
	12	7	5	6		
	13	7	6	6,5		
	14	6	6	6		
	15	5	8	6,5		
	16	6	4	5		<b>5,92</b>
<b>Aprendizaje</b>	17	7	7	7		
	18	6	6	6		
	19	6	8	7		
	20	6	5	5,5		
	21	5	5	5		
	22	5	1	3		<b>5,58</b>
<b>Capacidades del Sistema</b>	23	6	8	7		
	24	7	8	7,5		
	25	8	9	8,5		
	26	6	1	3,5		
	27	5	5	5		<b>6,30</b>

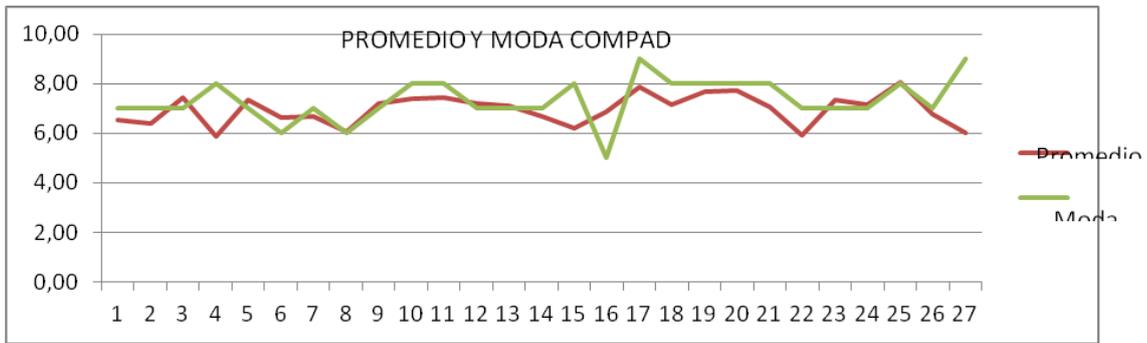


Promedio y moda de las respuestas al test de experiencia de usuario de los usuarios sobre software libre.

## II. Respuestas de los usuarios sobre redes de telecomunicación para países en desarrollo.

### II.I. Análisis de los usuarios en general.

Característica	Pregunta	SEXO																		Promedio	Moda	
		USUARIO	H	M	M	H	H	M	M	H	H	H	M	H	M	M	H	H	M	H	10H + 8M	Moda
EDAD		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Promedio	Moda	
Característica	Pregunta	28	25	28	32	26	34	28	28	30	28	28	28	35	33	26	43	31	28	37	30,44	28
Reaccion General al Juego		1	6	7	6	5	7	8	8	7	6	6	5	8	3	5	8	7	9	7	6,56	7
		2	7	5	8	7	6	8	7	6	6	8	7	5	7	4	7	5	5	5	6,39	7
		3	7	7	7	7	7	8	8	8	7	6	6	9	8	5	8	9	9	8	7,44	7
		4	8	3	4	6	8	8	8	9	3	7	5	8	NA	5	1	9	1	7	5,88	8
		5	6	7	7	6	8	6	9	7	6	7	7	8	7	9	9	9	7	7	7,33	7
		6	6	NA	6	5	7	3	8	5	6	6	6	9	5	6	9	9	8	6,65	6	
																						7,00
Pantalla		7	7	7	7	6	5	9	6	9	7	5	7	8	5	7	2	9	6	8	6,67	7
		8	6	6	5	6	5	8	9	6	5	5	5	8	6	7	2	7	6	7	6,06	6
		9	7	8	6	7	7	8	9	6	7	7	6	7	7	8	5	8	9	8	7,22	7
		10	5	8	6	6	6	8	7	6	8	8	8	9	7	9	8	8	9	7	7,39	8
																						7,00
Terminología y sistemas de información		11	6	7	8	6	7	9	9	8	8	7	8	8	8	6	4	8	9	8	7,44	8
		12	5	7	6	7	6	9	9	7	7	7	7	9	8	5	7	8	9	7	7,22	7
		13	5	7	6	6	7	8	9	7	7	6	6	8	7	7	9	9	7	7	7,11	7
		14	7	8	7	7	7	7	6	5	8	7	9	9	2	7	5	7	5	7	6,67	7
		15	6	8	7	7	6	7	8	9	4	6	5	3	8	2	4	8	6	6	6,22	8
		16	5	NA	3	7	8	6	9	9	7	5	7	9	7	9	5	8	5	8	6,88	5
																						7,00
Aprendizaje		17	8	9	7	7	7	7	4	8	9	8	8	9	7	9	9	9	9	8	7,89	9
		18	7	8	6	8	8	7	8	NA	7	8	8	9	8	5	8	6	5	6	7,18	8
		19	8	9	7	8	7	8	5	8	7	9	8	9	9	8	8	8	5	7	7,67	8
		20	8	8	7	8	6	8	8	7	8	9	7	9	9	9	5	9	7	7	7,72	8
		21	6	8	3	7	7	5	9	7	8	5	8	8	7	5	9	9	8	8	7,06	8
		22	5	8	1	7	6	5	9	NA	7	0	8	8	NA	NA	7	6	7	5	5,93	7
																						7,24
																						8,00
Capacidades del Sistema		23	6	8	6	8	8	8	6	7	7	9	7	9	8	5	8	7	9	7	7,33	7
		24	7	8	5	7	6	7	7	6	7	7	6	9	8	7	9	7	9	7	7,17	7
		25	8	8	8	8	8	8	9	9	8	9	7	6	9	9	5	9	9	8	8,06	8
		26	7	NA	5	7	7	5	9	9	9	9	7	7	8	NA	8	8	0	7	6,75	7
		27	7	9	5	8	4	8	0	4	NA	4	9	9	9	5	5	0	8	8	6,00	9
																					7,06	7,60



Promedio y moda de las respuestas al test de experiencia de usuario de los usuarios sobre redes de telecomunicación para países en desarrollo.

## II.II. Análisis de los usuarios mujeres.

	USUARIO	2	3	6	7	11	13	14	17	Promedio	Moda		
	EDAD	25	28	34	28	28	33	26	28	28,75	28		
Característica	Pregunta											Promedio	Moda
<b>Reacción General al Juego</b>	1	7	6	8	8	5	3	5	9	6,38	8		
	2	5	8	8	7	7	5	7	5	6,50	5		
	3	7	7	8	8	6	8	5	9	7,25	8		
	4	3	4	8	8	5	NA	5	1	4,86	8		
	5	7	7	6	9	7	7	7	9	7,38	7		
	6	NA	6	3	8	6	5	6	9	6,14	6	6,42	7,00
<b>Pantalla</b>	7	7	7	9	6	7	5	7	6	6,75	7		
	8	6	5	8	9	5	6	7	6	6,50	6		
	9	8	6	8	9	6	7	8	9	7,63	8		
	10	8	6	8	7	8	7	9	9	7,75	8	7,16	7,25
<b>Terminología y sistemas de información</b>	11	7	8	9	9	7	8	6	9	7,88	9		
	12	7	6	9	9	7	8	5	9	7,50	9		
	13	7	6	8	9	6	8	7	9	7,50	7		
	14	8	7	7	6	9	2	7	5	6,38	7		
	15	8	7	7	8	5	8	8	8	7,38	8		
	16	NA	3	6	9	7	7	9	5	6,57	9	7,20	8,17
<b>Aprendizaje</b>	17	9	7	7	4	8	7	9	9	7,50	9		
	18	8	6	7	8	8	8	5	5	6,88	8		
	19	9	7	8	5	8	9	8	5	7,38	8		
	20	8	7	8	8	7	9	9	7	7,88	8		
	21	8	3	5	9	8	7	5	8	6,63	8		
	22	8	1	5	9	8	NA	NA	7	6,33	8	7,10	8,17
<b>Capacidades del Sistema</b>	23	8	6	6	7	7	8	5	9	7,00	8		
	24	8	5	7	7	6	8	7	9	7,13	7		
	25	8	8	8	9	7	9	9	9	8,38	9		
	26	NA	5	5	9	7	8	NA	0	5,67	5		
	27	9	5	8	0	9	8	9	0	6,00	9	6,83	7,60

### II.III. Análisis de los usuarios varones.

	USUARIO	1	4	5	8	9	10	12	15	16	18	Promedio	Moda		
	EDAD	28	32	26	28	30	28	35	43	31	37	31,80	28		
Característica	Pregunta													Promedio	Moda
<b>Reacción General al Juego</b>	1	6	5	7	7	6	6	8	8	7	7	6,70	7		
	2	7	7	6	6	6	8	7	4	7	5	6,30	7		
	3	7	7	7	8	7	6	9	8	9	8	7,60	7		
	4	8	6	8	9	3	7	8	1	9	7	6,60	8		
	5	6	6	8	7	6	7	8	9	9	7	7,30	6		
	6	6	5	7	5	6	6	9	9	9	8	7,00	6	6,92	6,83
<b>Pantalla</b>	7	7	6	5	9	7	5	8	2	9	8	6,60	7		
	8	6	6	5	6	5	5	8	2	7	7	5,70	6		
	9	7	7	7	6	7	7	7	5	8	8	6,90	7		
	10	5	6	6	6	8	8	9	8	8	7	7,10	8	6,58	7,00
<b>Terminología y de sistemas de información</b>	11	6	6	7	8	8	8	8	4	8	8	7,10	8		
	12	5	7	6	7	7	7	9	7	8	7	7,00	7		
	13	5	6	7	7	7	7	6	7	9	7	6,80	7		
	14	7	7	7	5	8	7	9	5	7	7	6,90	7		
	15	6	7	6	9	4	6	3	2	4	6	5,30	6		
	16	5	7	8	9	7	5	9	5	8	8	7,10	5	6,70	6,67
<b>Aprendizaje</b>	17	8	7	7	8	9	8	9	9	9	8	8,20	8		
	18	7	8	8	NA	7	8	9	8	6	6	7,44	8		
	19	8	8	7	8	7	9	9	8	8	7	7,90	8		
	20	8	8	6	7	8	9	9	5	9	7	7,60	8		
	21	6	7	7	7	8	5	8	9	9	8	7,40	7		
	22	5	7	6	NA	7	0	8	7	6	5	5,67	7	7,37	7,67
<b>Capacidades del Sistema</b>	23	6	8	8	7	7	9	9	8	7	7	7,60	7		
	24	7	7	6	6	7	7	9	9	7	7	7,20	7		
	25	8	8	8	9	8	9	6	5	9	8	7,80	8		
	26	7	7	7	9	9	5	7	8	8	7	7,40	7		
	27	7	8	4	4	NA	4	9	5	5	8	6,00	4	7,20	6,60