

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

GUIANDO TAREAS MAL DEFINIDAS EN AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE EN 3D A TRAVÉS DE TUTORES INTELIGENTES

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR EN INFORMÁTICA

FREDY MARCELO GAVILANES SAGÑAY

fredy.gavilanes@epn.edu.ec

DIRECTOR: DR. EDISON LOZA

edison.loza@epn.edu.ec

CO-DIRECTOR: DR. HENRY ROA

hnroa@puce.edu.ec

Quito, Agosto 2024



TESIS

Para la obtención del título de

DOCTOR EN INFORMÁTICA

Resolución RPC-SO-43-No.501-2014
del Consejo de Educación Superior

Presentado por

FREDY MARCELO GAVILANES SAGÑAY

Tesis dirigida por

Dr. Edison Loza,

Profesor de la Escuela Politécnica Nacional

(Ecuador)

y codirigida por

Dr. Henry Roa,

Profesor de la Pontificia Universidad Católica

del Ecuador (Ecuador)

Guiando Tareas mal definidas en Ambientes Virtuales de Aprendizaje en 3D a través de Tutores Inteligentes

Examen Oral presentado ante la siguiente comisión:

Valentina Ramos Ramos, Ph.D.

Escuela Politécnica Nacional

Lorena Recalde Cerda, Ph.D.

Escuela Politécnica Nacional

José Lucio Naranjo, Ph.D.

Escuela Politécnica Nacional

Mónica Villavicencio Cabezas, Ph.D.

Escuela Politécnica del Litoral

Emilio López Cano, Ph.D.

Universidad Rey Juan Carlos, España

DECLARACION

Yo FREDY MARCELO GAVILANES SAGÑAY, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

FREDY MARCELO GAVILANES SAGÑAY

CERTIFICACION

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por FREDY MARCELO GAVILANES SAGÑAY, bajo nuestra supervisión.

PhD. EDISON FERNANDO LOZA AGUIRRE

DIRECTOR

PhD. HENRY NELSON ROA MARIN

CODIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios todopoderoso quien me ha brindado la oportunidad de llegar hasta este punto en mi vida, me ha entregado la vida, salud y la oportunidad de buscar la felicidad a través de las diferentes tareas y actividades.

Salmo 23:

1 El SEÑOR es mi pastor, nada me falta; 2 en verdes pastos me hace descansar. Junto a tranquilas aguas me conduce; 3 me infunde nuevas fuerzas. Me guía por sendas de justicia por amor a su nombre. 4 Aun si voy por valles tenebrosos, no temo peligro alguno porque tú estás a mi lado; tu vara de pastor me reconforta. 5 Dispones ante mí un banquete en presencia de mis enemigos. Has ungido con perfume mi cabeza; has llenado mi copa a rebosar. 6 La bondad y el amor me seguirán todos los días de mi vida; y en la casa del SEÑOR habitaré para siempre.

Como católico también agradezco a nuestra Madre Celestial quien ha derramado sus bendiciones a mi persona y a mi familia.

A mis padres Neptalí y Mercedes quienes han depositado su confianza en mí para alcanzar esta meta en mi vida.

A mi hermano Marco, mi cuñada Nathalí y mis sobrinos Aylín, Ámely y Alessandro, espero que este trabajo sirva de guía en sus estudios académicos.

A Ana María, quien no solo ha sido la madre de mi hija, sino una verdadera compañera en mi vida, quien siempre me ha brindado su voz de aliento cuando lo necesité.

Finalmente, pero no menos importante a mi hija Belén Monserrath quien con su presencia ha determinado en mí la responsabilidad de finalizar este trabajo y a quien lo esperamos con tanto amor, espero que crezcan para que asimilen la importancia que hoy ha marcado el sacrificio de no estar con ustedes todos los días de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por guiar mis días, en tormentas y en la calma, por llenarme de sus bendiciones a mí persona y mi familia.

Gracias a nuestra madre celestial por cubrimos con su manto en las ocasiones que lo necesitamos.

Para mis directores de tesis, Edison Loza y Henry Roa, por su conocimiento, experticia y la paciencia, que fueron decisivos en el desarrollo de la presente investigación.

A los doctores: José Lucio, Marco Santórum, Valentina Ramos, Lorena Recalde de la Escuela Politécnica Nacional; Mónica Villavicencio de la Escuela Politécnica del Litoral; José Aguilar de la Universidad de Los Andes en Mérida, Venezuela; y Emilio López Cano de la Universidad Rey Juan Carlos de España; me siento honrado y agradecido por su aceptación para ser miembros del tribunal del presente trabajo de Tesis.

Gracias a los siguientes tesisistas: Diego Iza, Cristian Echeverría, Hugo Jácome de la Escuela Politécnica Nacional; a Byron Landeta, Andrea Shuguli y sobre todo a mi amigo Luis Miguel Vásquez de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Sede Santo Domingo, quienes han aportado al desarrollo del presente trabajo.

Agradezco la formación recibida en esta institución la Escuela Politécnica Nacional, querida Alma Mater, sinónimo de excelencia, constancia y disciplina. Tengo presente a cada persona que ha aportado en el presente proceso para alcanzar este objetivo.

A mis padres Neptalí y Mercedes por su apoyo incondicional en cada uno de los niveles que ha conllevado la obtención de la presente meta.

Gracias a mi hermano Marco, su esposa Nathalí y mis sobrinos Aylín, Ámely y Alessandro, por su comprensión en mis ausencias en las reuniones familiares.

Finalmente, pero no menos importante a mi compañera de vida Ana María, pero sobre todo a mi hija Belén Monserrath y a quien lo esperamos con ansias, quienes Dios en su infinita misericordia me ha regalado la felicidad que sean mi familia, que con su amor, paciencia y comprensión han sido mi motivación y las fuerzas que necesitaba en los momentos difíciles.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACION	I
CERTIFICACION	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL	V
INDICE DE FIGURAS	XVI
INDICE DE TABLAS	XXI
RESUMEN	XXIII
ABSTRACT	XXV
Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1. Contexto y Motivaciones.....	2
1.2. Planteamiento del Problema	3
1.3. Propuesta	5
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Metodología de Investigación	7
1.5. Resultados esperados de la presente tesis	8
1.6. Organización del documento	9
1.7. Resumen del Capítulo	9
Capítulo 2: Estado del Arte y Trabajos Relacionados	11
2.1. Entornos Virtuales de Aprendizaje	11
2.1.1. Definiciones de Entornos Virtuales de Aprendizaje	11
2.2. Revisión Sistemática de Literatura utilizando la metodología iKeyCriteria sobre características relevantes de los EVA.....	13
2.2.1. Aplicación de la Metodología iKeyCriteria para determinar características relevantes de los Entornos Virtuales de Aprendizaje.....	13
2.2.1.1. Herramienta iKriteria	14
2.2.1.1.1. Módulo Informativo	14

2.2.1.1.2.	Módulo de Administración	14
2.2.1.1.3.	Módulo de Aplicación	15
2.2.1.2.	Definición de Criterios Claves para determinar características relevantes de los EVA	16
2.2.1.3.	Resultado de las características relevantes de los EVA aplicando la metodología iKey Criteria.	25
2.3.	Entornos Virtuales de Aprendizaje en tres Dimensiones	26
2.3.1.	Problemas de los Entornos Virtuales de Aprendizaje 3D	27
2.3.2.	Perspectivas sobre Entornos Virtuales de Aprendizaje 3D	28
2.3.2.1.	Aprendizaje Personalizado	28
2.3.2.2.	Aprendizaje Adaptativo	31
2.3.2.3.	Intervención Educativa	32
2.4.	Sistemas de Tutoría	34
2.4.1.	Andamiaje en los Sistemas Inteligentes de Tutoría	35
2.4.2.	Regulación del aprendizaje en Sistemas Inteligentes de Tutoría	36
2.5.	Arquitectura MAEVIF	37
2.6.	Resolución de Problemas	40
2.6.1.	Problemas Bien Definidos	41
2.6.2.	Problemas Ill-Defined	42
2.6.2.1.	Características de problemas ill-defined	43
2.6.2.1.1.	Verificabilidad	43
2.6.2.1.2.	Teorías Formales	44
2.6.2.1.3.	Estructura de Tarea	45
2.6.2.1.4.	Conceptos de consistencia abierta	45
2.6.2.1.5.	Subproblemas superpuestos	46
2.7.	Juegos Serios	47
2.7.1.	Juegos	47
2.7.2.	Juegos Serios	48
2.7.3.	Framework Design, Play and Experience	49

2.7.3.1.	Capa de Aprendizaje.....	50
2.7.3.2.	Capa Narrativa.....	50
2.7.3.3.	Capa de Juego	50
2.7.3.4.	Capa Experiencia de Usuario	50
2.7.4.	Características de los Juegos Serios	51
2.7.4.1.	Capa de Aprendizaje.....	51
2.7.4.2.	Capa Narrativa.....	52
2.7.4.3.	Capa de Juego	52
2.7.4.4.	Capa Experiencia de Usuario	52
2.8.	Metodología iPlus	52
2.8.1.	Fases de Metodología iPlus	53
2.8.1.1.	Elementos de las fases de la metodología iPlus	53
2.8.1.1.1.	Método.....	54
2.8.1.1.2.	Participantes	54
2.8.1.1.3.	Herramientas	54
2.8.1.1.4.	Materiales	55
2.8.1.1.5.	Artefactos.....	55
2.8.1.2.	Fase 1: Identificación	57
2.8.1.3.	Fase 2: Objetivos Pedagógicos	57
2.8.1.4.	Fase 3: Guión Lúdico del Juego	60
2.8.1.5.	Fase 4: GamePlay	62
2.8.1.6.	Fase 5: Refinamiento.....	63
2.8.2.	Metamodelo de la Metodología iPlus	66
2.9.	Resumen del Capítulo	69
Capítulo 3: Metodología		71
3.1.	Metodología Design Science Research	71
3.1.1.	Fases del Proceso de Investigación de Ciencia de Diseño.	71
3.1.1.1.	Identificación y motivación del problema.....	72
3.1.1.2.	Definición de los objetivos de una solución.....	72

3.1.1.3.	Diseño y desarrollo	73
3.1.1.4.	Demostración	73
3.1.1.5.	Evaluación	73
3.1.1.6.	Comunicación	73
3.2.	Marco Experimental.....	74
3.2.1.	Aproximación a la Metodología DSR.....	74
3.3.	Etapa I DSR: Identificación y motivación del problema	75
3.4.	Etapa II DSR: Identificación de los Objetivos de la Solución.....	76
3.4.1.	Selección de la temática	76
3.4.2.	Diseño y desarrollo de artefactos preliminares.....	78
3.4.3.	Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim	79
3.4.3.1.	Capa Aprendizaje	80
3.4.3.2.	Capa Narrativa.....	81
3.4.3.3.	Capa de Juego	81
3.4.3.4.	Capa Experiencia de Usuario	83
3.4.3.5.	Análisis y Resultados del Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim	84
3.4.4.	Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D	85
3.4.4.1.	Capa Aprendizaje	86
3.4.4.2.	Capa Narrativa.....	87
3.4.4.3.	Capa de Juego	88
3.4.4.4.	Capa Experiencia de Usuario	89
3.4.4.5.	Análisis y resultado del Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D	90
3.5.	Etapa III DSR: Diseño y Desarrollo del Artefacto	91
3.5.1.	Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente	92
3.5.1.1.	Caso I: Cálculo de rutas sin optimización de resultados.	94
3.5.1.2.	Caso II: Cálculo de rutas con optimización de resultados	96
3.5.1.3.	Caso III: Cálculo de rutas con la inclusión de variables para el costo ...	100

3.5.1.4.	Análisis y resultado del Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente.....	104
3.6.	Etapa IV DSR: Demostración	105
3.6.1.	Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría	106
3.6.1.1.	Aplicación de la Metodología iPlus en el Diseño del Contenido de Aprendizaje del Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría.....	107
3.6.1.1.1.	Fase 1: Identificación	107
3.6.1.1.2.	Fase 2: Objetivos Pedagógicos.....	109
3.6.1.1.3.	Fase 3: Guión Lúdico de Juego	115
3.6.1.1.4.	Fase 4: GamePlay	119
3.6.1.1.5.	Fase 5: Refinamiento	123
3.6.1.2.	Aplicación de la Metodología MASINA en el Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría	125
3.6.1.3.	Demostración Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría.....	126
3.6.1.3.1.	Caso I: Con un laboratorio de 3 puntos de red	127
3.6.1.3.2.	Caso II: Con dos laboratorios de 3 y 4 puntos de red.....	133
3.6.1.3.3.	Caso III: Con tres laboratorios de 3,4 y 5 puntos de red.....	136
3.6.1.4.	Análisis y resultado del Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría	140
3.7.	Etapa V DSR: Evaluación	141
3.8.	Etapa VI DSR: Comunicación	141
3.9.	Resumen del Capítulo	141
Capítulo 4:	Propuesta de Arquitectura MAEVIF-PID	144
4.1.	Sistemas Multiagentes.....	144
4.1.1.	Definición	145
4.1.2.	Propiedades.....	145
4.1.2.1.	Autonomía	145

4.1.2.2.	Comunicación	146
4.1.2.3.	Movilidad	147
4.1.2.4.	Racionalidad	147
4.1.2.5.	Inteligencia	147
4.1.2.6.	Razonamiento.....	148
4.1.2.7.	Reactividad.....	148
4.1.2.8.	Sociabilidad	148
4.1.3.	Características de los Sistemas Multiagente	149
4.1.3.1.	Modularidad.....	149
4.1.3.2.	Redundancia	149
4.1.3.3.	Descentralización	149
4.1.3.4.	Comportamiento Emergente.....	150
4.1.3.5.	Funcionalidad	150
4.1.3.6.	Adaptación.....	150
4.2.	Metodología para Sistemas Multiagente MASINA	151
4.2.1.	Fase I: Conceptualización.....	151
4.2.2.	Fase II: Análisis.....	151
4.2.3.	Fase III: Diseño.....	152
4.2.3.1.	Diseño del SMA.....	153
4.2.3.2.	Diseño de Red.....	153
4.2.3.3.	Diseño de la Plataforma.....	153
4.2.4.	Fase IV: Codificación y Pruebas	153
4.2.5.	Fase V: Integración	153
4.2.6.	Fase VI: Operación y Mantenimiento	153
4.3.	Aplicación Metodología MASINA	154
4.3.1.	Fase I: Conceptualización	154
4.3.2.	Fase II: Análisis.....	155
4.3.2.1.	Modelo de Tareas	155
4.3.2.2.	Modelo de Coordinación	159

4.3.2.3.	Modelo de Comunicación	161
4.3.3.	Fase III: Diseño.....	162
4.3.4.	Fase IV: Codificación y Pruebas	168
4.3.4.1.	Agente de Tutoría	168
4.3.4.2.	Agente de Múltiples Soluciones.....	171
4.3.4.3.	Agente de Eventos	175
4.3.5.	Fase V: Integración	176
4.3.5.1.	Implementación de un Web Service.....	176
4.3.5.2.	Despliegue de Componentes: Servidor.....	177
4.3.5.3.	Despliegue de Componentes: Cliente	177
4.3.6.	Fase VI: Operación y Mantenimiento	178
4.4.	Marco Experimental.....	179
4.5.	Concepción de una metodología adaptada a los problemas de tipo ill-defined	179
4.6.	Resumen del Capítulo	183
Capítulo 5:	Evaluación de la Arquitectura	185
5.1.	Introducción.....	185
5.2.	Evaluación de acuerdo con la Metodología DSR.....	185
5.3.	Resultados Parciales	185
5.3.1.	Evaluación del Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim.....	187
5.3.1.1.	Fase 1: Planificar la evaluación de la usabilidad	187
5.3.1.2.	Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes	188
5.3.1.3.	Fase 3: Aplicación del test de usabilidad.....	189
5.3.1.4.	Fase 4: Análisis de los resultados.....	190
5.3.1.5.	Fase 5: Presentación de resultados.....	191
5.3.1.6.	Conclusión de los resultados del Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim	192
5.3.2.	Evaluación del Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D.....	193
5.3.2.1.	Fase 1: Planificación de la evaluación de la usabilidad.....	193

5.3.2.2.	Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes	194
5.3.2.3.	Fase 3: Aplicación del test de usabilidad.....	195
5.3.2.4.	Fase 4: Análisis de los resultados	196
5.3.2.5.	Fase 5: Presentación de resultados.....	196
5.3.2.6.	Conclusión de los resultados del Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D.....	198
5.3.3.	Evaluación del Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente.....	199
5.3.3.1.	Fase 1: Planificación de la evaluación de la usabilidad.....	199
5.3.3.2.	Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes	200
5.3.3.3.	Fase 3: Aplicación del test de usabilidad.....	201
5.3.3.4.	Fase 4: Análisis de los resultados	202
5.3.3.5.	Fase 5: Presentación de resultados.....	204
5.3.3.6.	Conclusión de los resultados del Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente	206
5.3.4.	Evaluación del Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría	206
5.3.4.1.	Fase 1: Planificación de la evaluación de la usabilidad.....	207
5.3.4.2.	Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes	207
5.3.4.3.	Fase 3: Aplicación del test de usabilidad.....	208
5.3.4.4.	Fase 4: Análisis de los resultados	209
5.3.4.5.	Fase 5: Presentación de resultados.....	211
5.3.4.6.	Conclusión de los resultados del Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría	213
5.4.	Prueba de Hipótesis Estadística	214
5.4.1.	Características de la Prueba Kruskal Wallis	214
5.4.2.	Pasos para aplicar la prueba de Kruskal Wallis.....	215
5.4.2.1.	Definición del Problema	215
5.4.2.2.	Organización de los Datos	215
5.4.2.3.	Combinación y determinación del Rango.....	215

5.4.2.4.	Cálculo de la estadística H.....	215
5.4.2.5.	Determinación del Valor Crítico.....	215
5.4.2.6.	Interpretación del Resultado	216
5.4.2.7.	Conclusiones	216
5.4.3.	Dimensiones para la Prueba de Hipótesis Estadística	216
5.4.3.1.	Prueba de hipótesis Dimensión 1: Facilidad de Uso de los Artefactos ..	217
5.4.3.1.1.	Definición del Problema	218
5.4.3.1.2.	Organización de los Datos	218
5.4.3.1.3.	Combinación y determinación del Rango	218
5.4.3.1.4.	Cálculo de la estadística H.....	218
5.4.3.1.5.	Determinación del Valor Crítico.....	219
5.4.3.1.6.	Interpretación del Resultado	219
5.4.3.1.7.	Conclusión	219
5.4.3.2.	Prueba de hipótesis Dimensión 2: Utilidad de los Artefactos.....	219
5.4.3.2.1.	Definición del Problema	219
5.4.3.2.2.	Organización de los Datos	219
5.4.3.2.3.	Combinación y determinación del Rango	220
5.4.3.2.4.	Cálculo de la estadística H.....	220
5.4.3.2.5.	Determinación del Valor Crítico.....	220
5.4.3.2.6.	Interpretación del Resultado	220
5.4.3.2.7.	Conclusión	220
5.4.3.3.	Prueba de hipótesis Dimensión 3: Realismo de los Artefactos.....	221
5.4.3.3.1.	Definición del Problema	221
5.4.3.3.2.	Organización de los Datos	221
5.4.3.3.3.	Combinación y determinación del Rango	221
5.4.3.3.4.	Cálculo de la estadística H.....	222
5.4.3.3.5.	Determinación del Valor Crítico.....	222
5.4.3.3.6.	Interpretación del Resultado	222
5.4.3.3.7.	Conclusión	222

5.4.3.4.	Prueba de hipótesis Dimensión 4: Percepción de Comodidad de uso de los Artefactos.....	222
5.4.3.4.1.	Definición del Problema	223
5.4.3.4.2.	Organización de los Datos	223
5.4.3.4.3.	Combinación y determinación del Rango	223
5.4.3.4.4.	Cálculo de la estadística H.....	223
5.4.3.4.5.	Determinación del Valor Crítico.....	224
5.4.3.4.6.	Interpretación del Resultado	224
5.4.3.4.7.	Conclusión	224
5.5.	Resultados Globales.....	224
5.5.1.	Evaluación de la Arquitectura MAEVIF-PID por expertos	225
5.5.1.1.	Fase 1: Planificación de la evaluación de la arquitectura	225
5.5.1.2.	Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes	226
5.5.1.3.	Fase 3: Aplicación de la entrevista.....	226
5.5.1.4.	Fase 4: Análisis de los resultados.....	226
5.5.1.5.	Fase 5: Presentación de resultados.....	227
5.5.1.5.1.	Experto 1:	227
5.5.1.5.2.	Experto 2:	228
5.5.1.5.3.	Experto 3:	228
5.5.1.6.	Conclusión de los resultados de evaluación de la Arquitectura MAEVIF-PID	229
5.5.1.6.1.	Fortalezas Consolidadas:.....	229
5.5.1.6.2.	Áreas de Mejora Identificadas:.....	229
5.6.	Resumen del Capítulo	230
Capítulo 6:	Contribuciones, Conclusiones y Trabajos Futuros	232
6.1.	Introducción.....	232
6.2.	Contribuciones.....	232
6.3.	Conclusiones	234
6.4.	Trabajos Futuros.....	236

6.5. Publicaciones Generadas	238
BIBLIOGRAFIA	239
ANEXO 1: Aplicación de la Metodología iPlus	264
ANEXO 2: Aplicación de la Metodología para Sistemas Multiagente MASINA	303
ANEXO 3: Desarrollo Revisión Sistemática de Literatura aplicando la Metodología iKeyCriteria	355

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Aplicación web iKriteria.	16
Figura 2.2. Ingreso Documentos Dimensiones P y Q	18
Figura 2.3. Registro de criterios iniciales y sus sinónimos.	19
Figura 2.4. Selección proceso antecedente métrica $tf - idf$	21
Figura 2.5. Resumen de tablas resultantes con proceso basado en la métrica $tf - idf$	22
Figura 2.6. Resultado gráfico aplicación iKeyCriteria de las características del EVA.	24
Figura 2.7. Resultado aplicación iKeyCriteria de las características del EVA.	24
Figura 2.8 Arquitectura de Sistema Inteligente de Tutoría.	35
Figura 2.9 Arquitectura MAEVIF.	38
Figura 2.10 Framework DPE.	49
Figura 2.11 Fases de la Metodología iPlus [183].	56
Figura 2.12. Metamodelo Metodología iPlus [183].	68
Figura 3.1 Fases Design Science Research [252].	72
Figura 3.2 Marco Experimental: Metodología Design Science Research.	74
Figura 3.3. Página de inicio del Artefacto desarrollado en la plataforma OpenSim.	79
Figura 3.4. Edificio virtualizado de la facultad de Ingeniería de Sistemas en la plataforma OpenSim.	80
Figura 3.5. Escenas del EVA3D. A la izquierda, la ilustración de los objetos disponibles en el inventario y a la derecha, objetos presentes en el escenario.	81
Figura 3.6. Escenas del EVA3D. A la izquierda, la ilustración de la construcción del sistema de cableado estructurado mediante canaletas, a la derecha la implementación de un laboratorio de computación.	82
Figura 3.7. Experiencia de Usuario. A la izquierda, la ilustración de la conexión con la interfaz del EVA3D y a la derecha la interactividad del avatar con el escenario.	84
Figura 3.8. Capa Aprendizaje, escenario virtualizado para transmitir los conocimientos de cableado estructurado.	86

Figura 3.9. Capa Narrativa. A la izquierda, la ilustración del modelado de la estructura externa de la sección de laboratorios, a la derecha el modelado de los objetos internos de los laboratorios de computación.	87
Figura 3.10. Capa de Juego, establecimiento e implementación de la mecánica y dinámica del juego serio.	88
Figura 3.11. Capa Experiencia de Usuario, escenario correspondiente al datacenter del campus universitario.	89
Figura 3.12. Interfaz artefacto para la implementación de algoritmos de inteligencia artificial.	93
Figura 3.13. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la nomenclatura de la distribución de las áreas de trabajo y a la derecha la representación de la estructura del caso I.	94
Figura 3.14. Resultado de ejecución del caso 1 utilizando el algoritmo A* (A estrella).	95
Figura 3.15. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la trazabilidad del backbone de cableado estructurado y a la derecha, los resultados de la ejecución del algoritmo genético del caso I.	96
Figura 3.16. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la estructura del caso I y a la derecha, comparación con la estructura del caso II.	97
Figura 3.17. Resultado de ejecución del caso II utilizando el algoritmo A* (A estrella).	98
Figura 3.18. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la trazabilidad del backbone de cableado estructurado y a la derecha, los resultados de la ejecución del algoritmo genético del caso II.	99
Figura 3.19. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la trazabilidad del backbone de cableado estructurado optimizado y a la derecha, los resultados optimizados en texto de la ejecución del algoritmo genético del caso II.	100
Figura 3.20. Interfaz de la aplicación con la representación de la estructura de áreas de trabajo para el caso III.	101
Figura 3.21. Interfaz de la aplicación con la representación de la optimización de resultados para el caso III.	102
Figura 3.22. Interfaz de la aplicación con la representación con la modificación del costo de bandeja para el caso III.	103
Figura 3.23. Modelo de participantes para el diseño del juego serio para cableado estructurado.	109

Figura 3.24. Fase 2 iPlus. Reuniones virtuales para definir los objetivos pedagógicos con los diferentes expertos.....	110
Figura 3.25. Fase 2 iPlus. Brainstorming Juego Serio.....	112
Figura 3.26. Fase 2 iPlus. Diagrama de Afinidad Juego Serio.....	113
Figura 3.27. Fase 4 iPlus. Legos Gameplay para representar las acciones del juego serio.....	120
Figura 3.28. Fase 4 iPlus. Tarjeta Gameplay del juego serio.....	121
Figura 3.29. Fase 4 iPlus. Tarjeta Gameplay No. 2 del juego serio	121
Figura 3.30. Fase 4 iPlus. Tarjeta Gameplay No. 5 del juego serio	122
Figura 3.31. Pantallas Iniciales de Autenticación del SMA	126
Figura 3.32. Nivel 1: Tarea bien definida en el SMA.....	126
Figura 3.33. Nivel 2: Selección laboratorios y puntos de red.....	127
Figura 3.34. Caso I: Selección Laboratorio 1 con un punto de red.....	128
Figura 3.35. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda la interacción del Tutor Inteligente y a la derecha ingreso al Laboratorio 1	128
Figura 3.36. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda la interacción del Tutor Inteligente y a la derecha ingreso al Laboratorio 1	129
Figura 3.37 Guía del SMA para la ubicación del Rack del Laboratorio.....	129
Figura 3.38. Caso I: Acceso a objetos del inventario. A la izquierda objetos para paredes y a la derecha objetos para pisos.	130
Figura 3.39. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda en el desarrollo del Cableado Estructurado en paredes y a la derecha en pisos.	130
Figura 3.40. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.....	131
Figura 3.41. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.....	131
Figura 3.42. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.....	132
Figura 3.43. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica para ubicación del datacenter y a la derecha asistencia en modo texto.	132

Figura 3.44. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica del SMA para ubicación del rack y a la derecha asistencia en modo texto.	133
Figura 3.45. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica del SMA para ubicación del rack y a la derecha asistencia en modo texto.	133
Figura 3.46. Caso II: Selección Laboratorio 1 y Laboratorio 2.....	134
Figura 3.47. Caso II: Resultado Laboratorio 1. A la izquierda, se aprecia el Cableado Estructurado y a la derecha el mensaje del Tutor Inteligente	134
Figura 3.48. Caso II: Resultado Laboratorio 2. A la izquierda, se aprecia el Cableado Estructurado y a la derecha el mensaje del Tutor Inteligente	135
Figura 3.49. Caso II: Ubicación Datacenter. A la izquierda, se aprecia el espacio de Datacenter 2 y a la derecha el interior del Datacenter 2.....	135
Figura 3.50 Guía del SMA para la ubicación del Rack del Laboratorio.....	136
Figura 3.51. Caso III: Selección Laboratorio 1, Laboratorio 2 y Laboratorio 3	136
Figura 3.52. Caso III: A la izquierda Laboratorio 1 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 3 puntos de red.	137
Figura 3.53. Caso III: A la izquierda Laboratorio 2 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 4 puntos de red.	137
Figura 3.54. Caso III: A la izquierda Laboratorio 3 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 5 puntos de red.	138
Figura 3.55. Caso III: A la izquierda Nivel 4 del SMA y a la derecha selección piso para la ubicación óptima del Datacenter.	138
Figura 3.56. Caso III: A la izquierda Backbone del Edificio y a la derecha Datacenter 1 como ubicación resultante.....	139
Figura 3.57. Caso III: A la izquierda guía del Tutor Inteligente para la ubicación del rack en el Datacenter 1 y a la derecha resultado de colocación del rack.....	139
Figura 3.58 Nivel 5 desbloqueo Modo Libre del SMA.....	140
Figura 4.1. Componentes SMA.....	176
Figura 4.2. Instalación de Java para el Web Service del SMA	177
Figura 4.3. Directorios del Web Service del SMA.....	177
Figura 4.4. Creación de nuevo proyecto para compilación del SMA en el cliente.....	178

Figura 4.5. Arquitectura MAEVIF-PID para tareas que obtienen una aproximación para problemas de tipo ill-defined.	181
Figura 5.1. Resultados Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim.....	191
Figura 5.2. Resultados Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D – Preguntas 1 al 5.....	197
Figura 5.3. Resultados Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D – Pregunta 6 y Pregunta 7.	197
Figura 5.4. Resultados Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente – Preguntas 1 al 7.	204
Figura 5.5. Resultados Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente – Preguntas 8 al 14.....	206
Figura 5.6. Resultados Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría – Preguntas 1 al 14.....	211
Figura 5.7. Resultados Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría – Preguntas 15 al 29.....	212
Figura 5.8. Resultados Globales: Validación por Expertos.....	224
Figura 6.1. Identificación del Cuadrante de Contribución de la Investigación [248].....	234

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Etapa Entrada: Matriz de Criterios Iniciales	18
Tabla 2.2 Etapa Entrada: Matriz de Criterios Iniciales – Matriz de Análisis.....	20
Tabla 2.3 Resultado final patrón de criterios claves	23
Tabla 2.4: Problemas relacionados al uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D en el ámbito Educativo	33
Tabla 2.5. Rediseño Framework DPE según [54], [183]	51
Tabla 2.6. Elementos principales obtenidos del formulario de entrevista.....	59
Tabla 3.1. Formulario de Identificación de Participantes	108
Tabla 3.2. Fase 2: Objetivo Pedagógico General	113
Tabla 3.3. Fase 2: Objetivos Pedagógicos Específicos	114
Tabla 3.4. Fase 2: Objetivos Pedagógicos Específicos	115
Tabla 3.5. Fase 3: Formulario de Diseño del Juego Serio	117
Tabla 3.6. Fase 3: Formulario de Guión Lúdico del Juego Serio	119
Tabla 3.7. Fase 4: Identificación de Términos Clave	122
Tabla 3.8. Fase 4: Identificación del Género del Juego Serio.....	123
Tabla 3.9. Fase 3: Formulario de Diseño del Juego Serio	124
Tabla 3.10. Fase 5: Historias de usuario del Juego Serio.....	125
Tabla 4.1 Fase I: Conceptualización SMA.....	155
Tabla 4.2. Relación Servicio-Tareas SMA Inteligente de Tutoría	156
Tabla 4.3. Modelo de Tarea T1.....	157
Tabla 4.4. Modelo de Tarea T3.....	158
Tabla 4.5. Modelo de Tarea T7.....	159
Tabla 4.6. Relación Servicio-Tareas SMA Inteligente de Tutoría	160
Tabla 4.7. Modelo de Comunicación SMA Inteligente de Tutoría.....	161
Tabla 4.8. Universo de Clases del SMA Inteligente de Tutoría	162
Tabla 4.9. Definición Formal del Agente de Tutoría del SMA.....	163

Tabla 4.10. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA.....	164
Tabla 4.11. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA.....	165
Tabla 4.12. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA.....	166
Tabla 4.13. Especificación formal del método Validar Nodo Colocado del Agente de Tutoría del SMA.....	167
Tabla 4.14. Especificación formal del método Validar Rack del Agente de Tutoría del SMA	168
Tabla 5.1. Cuestionario Test de Aceptación del Usuario Final Artefacto 2	195
Tabla 5.2. Cuestionario Test de Aceptación del Usuario Final Artefacto 3	203
Tabla 5.3. Cuestionario Test de Aceptación del Usuario Final Artefacto 4	210
Tabla 5.4. Dimensiones con preguntas de las encuestas de los Artefactos 1 al 4.	217
Tabla 5.5. Datos de la Dimensión Facilidad de Uso de los Artefactos 1 al 4.....	218
Tabla 5.6. Rangos de la Dimensión Facilidad de Uso de los Artefactos 1 al 4.....	218
Tabla 5.7. Datos de la Dimensión Utilidad de los Artefactos 1 al 4.	220
Tabla 5.8. Rangos de la Dimensión Utilidad de los Artefactos 1 al 4.	220
Tabla 5.9. Datos de la Dimensión Realismo de los Artefactos 2,3 y 4.	221
Tabla 5.10. Rangos de la Dimensión Realismo de los Artefactos 2,3 y 4.	222
Tabla 5.11. Datos de la Dimensión Percepción de Comodidad de Uso de los Artefactos 2,3 y 4.....	223
Tabla 5.12. Rangos de la Dimensión Percepción de Comodidad de Uso de los Artefactos 2,3 y 4.....	223
Tabla 6.1. Artículos de Conferencias Indexadas.....	238
Tabla 6.2. Artículos en Revistas Indexadas.....	238

RESUMEN

Los entornos de aprendizaje en 3D han mostrado su valía como herramientas alternativas de enseñanza, sobre todo en los casos en los cuales el conocimiento a transmitir es tácito o implica el desarrollo de experiencias que provienen de la interacción con elementos del mundo físico. No obstante, se han identificado algunos problemas en su uso como: ausencia de indicadores para realizar el seguimiento de los estudiantes en los cursos, dificultad para mantener la motivación el compromiso por parte de los estudiantes; consumo excesivo de tiempo por parte de los facilitadores en la búsqueda de signos de duda, frustración, estrés o fatiga en los estudiantes; o la ausencia de tutores para la guía del proceso de aprendizaje.

En el pasado se han desarrollado aplicaciones que permiten aportar con soluciones a estos problemas, los cuales han estado principalmente dirigidos a la tutoría de situaciones en las cuales los procedimientos que deben seguir los estudiantes están claramente definidos, o en los cuales la solución al problema presentado es única y conocida. En cambio, pocas son las soluciones propuestas para los problemas denominados ill-defined (mal definidos), que son aquellos cuyas soluciones pueden ser diferentes dependiendo de los supuestos, evidencias u opiniones que se tome. Estos problemas pueden tener múltiples soluciones o ninguna, y no poseer un procedimiento que garantice alcanzar la meta deseada

En el presente trabajo se trata de atacar el problema del desarrollo de un tutor inteligente para problemas mal definidos en un entorno de aprendizaje 3D. Para ello partimos de la arquitectura MAEVIF (Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales a la Formación) la cual se ha utilizado, con buenos resultados para la solución de problemas bien definidos. Para el desarrollo participativo y centrado en el usuario de los contenidos de aprendizaje, se pretende utilizar la metodología iPlus. Con estos dos marcos, se realiza el diseño y desarrollo de una solución de tutor inteligente para problemas mal definidos en un caso de aplicación, la enseñanza de instalaciones de Cableado Estructurado en carreras de grado técnicas. Los conocimientos obtenidos de esta implementación permitirán inferir en evoluciones para los dos marcos utilizados.

Hasta el momento se ha trabajado en 3 versiones del entorno de aprendizaje en 3D y se ha desarrollado la aplicación que permita guiar al tutor inteligente en la solución de dos problemas mal definidos interdependientes: la ubicación del armario de comunicaciones y el enrutamiento del cableado en una instalación de cableados estructurado en una recreación virtual de un edificio real. Las pruebas realizadas con usuarios de cada uno de

estos componentes han arrojado resultados satisfactorios, quedando aún pendiente la mejora del diseño de los contenidos pedagógicos y la integración de los sistemas en una solución única.

Palabras Claves – Ambientes Virtuales de Aprendizaje en 3D, Juegos Serios, Problemas ill-defined, Metodología iPlus, Metodología MASINA, Metodología de Investigación Ciencia del Diseño, Metodología iKey Criteria

ABSTRACT

3D learning environments have shown their value as alternative teaching tools, especially in cases in which the knowledge to be transmitted is tacit or involves the development of experiences that come from the interaction with elements of the physical world. However, some problems have been identified in their use, such as: the absence of indicators to track students in the courses; difficulty in maintaining motivation and commitment on the part of students; excessive consumption of time by facilitators in the search for signs of doubt, frustration, stress or fatigue in students; or the absence of tutors to guide the learning process.

In the past, applications have been developed to provide solutions to these problems, which have been mainly aimed at tutoring situations in which the procedures to be followed by the students are clearly defined or in which the solution to the problem presented is unique and known. On the other hand, few are the solutions proposed for ill-defined problems, which are those whose solutions may be different depending on the assumptions, evidence, or opinions taken. These problems may have multiple solutions or none at all and may not have a procedure that guarantees to reach the desired goal.

In the present work, we try to attack the problem of developing an intelligent tutor for ill-defined problems in a 3D learning environment. For this, we start from the MAEVIF architecture (Model for the Application of Virtual Environments to Training), which has been used with good results for the solution of well-defined problems. For the participatory and user-centered development of learning content, we intend to use the iPlus methodology. With these two frameworks, the design and development of an intelligent tutor solution for ill-defined problems in an application case, the teaching of Structured Cabling installations in technical degree courses, is carried out. The knowledge obtained from this implementation will allow us to infer evolutions for the two frameworks used.

So far, 3 versions of the 3D learning environment have been worked on, and the application has been developed to guide the intelligent tutor in the solution of two interdependent ill-defined problems: the location of the communications cabinet and the routing of cabling in a structured cabling installation in a virtual recreation of a real building. The tests carried out with users of each of these components have yielded satisfactory results, with the improvement of the design of the pedagogical content and the integration of the systems into a single solution still pending.

Keywords – 3D Virtual Learning Environments, Serious Games, Ill-defined problems, iPlus Methodology, MASINA Methodology, Design Science Research, iKey Criteria Methodology.

Capítulo 1: Introducción

En el contexto de las TIC's Tecnologías de la Información y Comunicaciones (ICT Information and Communication Technology) cada vez más es creciente el número de usuarios que realizan sus actividades con el apoyo de las TICs [1], [2], para esto, las personas invierten más tiempo en realizar sus tareas cotidianas utilizando la tecnología [3], [4]. Entre los ámbitos en donde se desarrollan estas tareas tenemos: educación, salud digital, adquisición de productos a través de los diferentes portales en la web, entretenimiento a través de juegos virtuales, vidas paralelas en mundos virtuales.

De forma paralela los Sistemas de Información (SI), también son considerados como una herramienta esencial en las organizaciones [5], [6], para de esta manera ofrecer los diferentes productos y servicios a sus potenciales usuarios.

Dentro de los SI y de las TICs, se encuentran los EVA's Entornos Virtuales de Aprendizaje (VLE Virtual Learning Environments) que han logrado convertirse en una herramienta fundamental especialmente en el campo de la educación [7], [8], principalmente en sus dos modalidades: en la modalidad presencial pero sobre todo en la educación virtual. Debido a que estas plataformas tratan de emular la interacción que se produce en la educación presencial a través de sus diferentes características pero llevado a la modalidad virtual.

Dentro de los Entornos Virtuales de Aprendizaje, se encuentran los ambientes virtuales en 3 dimensiones EVA 3D (3DVLE 3 Dimensions Virtual Learning Environments) que con considerados plataformas que permiten la interacción entre los personajes llamados avatares y los objetos pertenecientes al entorno de aprendizaje [9], [10], en donde la experiencia tridimensional permite la interacción con otros avatares (usuarios) y objetos propios del EVA, lo que conlleva a una experiencia única y superior a la interacción de los entornos virtuales de aprendizaje en dos dimensiones.

Los EVA 3D pueden ser utilizados, entre otros contextos, para brindar entrenamiento en la resolución de dos tipos de problemas. Los bien definidos que corresponden a un proceso definido con una solución determinada [11], [12] y los problemas conocidos como ill-defined, en donde una traducción se puede determinar como problemas mal definidos, pero no conlleva al contexto de este tipo de problemas, en donde la principal característica es el no tener un proceso definido o único para llegar a una solución [13]–[15].

En el desarrollo del presente trabajo se propone atacar problemas de tipo ill-defined mediante el planteamiento de una solución de un tutor inteligente en un juego serio de tres

dimensiones, para esto se tiene como punto de partida la arquitectura denominada Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales a la Formación (MAEVIF) [16]–[18], la cual ha sido aplicada con buenos resultados en problemas de tipo bien definidos. Además se utilizará la metodología iPlus [19] que centra su atención en el desarrollo participativo y centrado en el usuario para los contenidos de aprendizaje del juego serio. Con estos dos marcos teóricos se determinará una arquitectura centrada en obtener una aproximación a problemas de tipo ill-defined. Para esto se debe construir artefactos, que nos ayuden a determinar la manera de gestionar este tipo de problemas.

1.1. Contexto y Motivaciones

Los EVA surgen en la década de los 90s como un conjunto de componentes de software a través de los cuales se puede interactuar en línea entre estudiantes y profesores, dentro de un área específica del conocimiento [20], [21]. Otra definición sugiere que los EVA son espacios diseñados de información, un espacio social en donde ocurre interacciones convirtiendo los espacios virtuales como un espacio virtual para la representación de información que puede ir desde texto hasta mundos inmersivos virtuales en tres dimensiones [20].

Dentro de los EVA, existe un subtipo que corresponde a los ambientes virtuales de aprendizaje en 3 dimensiones (EVA3D) que su característica principal recae en facilitar una interacción entre usuarios representados por avatares y entre usuarios y los diferentes objetos presentes en la plataforma [22]. Este tipo de plataformas alcanzó gran difusión con Second Life alrededor del año 2007 [23].

Una de las ventajas de los EVA es que pueden ser potenciados a través de herramientas conocidas como los Sistemas Inteligentes de Tutoría (SIT), los cuales están diseñados para proveer la misma ventaja instruccional que puede proveer un tutor humano especialista en una temática específica [24], para ello generalmente se puede apoyar de algoritmos de inteligencia artificial.

Otro aspecto que se debe tomar en consideración conforme a la línea de tiempo del curso del presente doctorado, es la emergencia sanitaria por COVID-19 (Coronavirus Disease 2019) que se produjo en nuestro medio a partir de marzo del 2020, en donde la región latinoamericana y especialmente nuestro país Ecuador [25], se caracterizó por la incertidumbre y los problemas que conlleva no estar preparado en el ámbito de la educación para una enseñanza de tipo virtual. Para esto varias organizaciones a nivel mundial promovieron la utilización de cualquier tipo de herramienta informática que evite la

propagación del virus del SARS-CoV2, entre este tipo de organizaciones se encuentran las relacionadas al ámbito educativo [26].

En países de Latinoamérica, se insistió por parte de sus gobiernos el impulso de diferentes plataformas que permita la educación virtual [27] y de esta manera evitar la interrupción del proceso educativo en los distintos niveles incluido el nivel de educación superior. Ecuador no fue ajeno a este proceso de virtualización de forma instantánea, aunque no fue inducida mediante un proceso adecuado.

Como característica que se atribuye a los EVA están los relacionados a la flexibilidad tanto en distancia como en horario para que los estudiantes se puedan conectar, la efectividad y asequibilidad en el costo [28] de acceso a los diferentes cursos que se ofertan por parte de las instituciones de educación superior.

Este trabajo de investigación requiere determinar una arquitectura para problemas de tipo ill-defined para ello partimos de un modelo de comportamiento colectivo de estudiantes diseñado con muy buenos resultados para problemas bien definidos denominado MAEVIF. Adicionalmente se aplicará una metodología para el desarrollo de los contenidos de aprendizaje como un modelo participativo y centrado en el usuario conocido como Metodología iPlus. Con estos dos marcos se realiza el diseño y desarrollo de una solución de un tutor inteligente para problemas de tipo ill-defined en un caso de aplicación con la temática de cableado estructurado.

1.2. Planteamiento del Problema

Los EVA son plataformas que tienen como finalidad facilitar la transmisión de conocimiento, de ahí la importancia de este proceso ampliamente conocido, según [29] los principales déficits de la gestión del conocimiento en cualquier organización se atribuye a una deficiente transferencia de conocimiento debido al excesivo tiempo en buscar información, y los costos que implica, además que se encuentran asociados errores recurrentes y donde el flujo de información esencial es inadecuado. Dentro de la gestión de conocimiento utilizando un EVA es esencial dentro de la transmisión de conocimiento para el ámbito educativo de una institución [30].

Para esto se puede definir algunos requerimientos para que un ambiente virtual sea considerado como un EVA: (1) El ambiente debe estar diseñado para soportar múltiples escenarios colaborativos de aprendizaje, (2) debe cumplir con un diseño que permita maximizar la flexibilidad en un espacio virtual, (3) el espacio virtual debe permitir incrementar la representación y el conocimiento del usuario, (4) la plataforma debe ser desarrollada para reducir la cantidad de carga extraña para los usuarios desde el punto de

vista de la interfaz, (5) entornos en donde se determinen los espacios virtuales centrados en torno a los contenidos de aprendizaje, (6) plataformas con un diseño ergonómico del espacio virtual debe primar para una gran audiencia de potenciales usuarios, (7) espacios virtuales considerados como espacios virtuales inclusivos, abiertos y sobre todo centrados en el usuario, y (8) plataformas que soporten una gran cantidad de personas que pueden tener diferentes roles [31], [32].

Otro aspecto que los estudiantes han logrado percibir como ventajas en la utilización de estas plataformas como herramientas de aprendizaje se pueden determinar: (1) la optimización de tiempo, especialmente cuando los estudiantes deben trasladarse de manera física por alguna razón externa, (2) el impacto y aprendizaje por parte de los estudiantes a aprender nuevas formas para desarrollar el aprendizaje, (3) el avance en el desarrollo de los contenidos de acuerdo a planificación, superando aspectos externos que pueden afectar como el clima o situaciones de emergencia que impiden el traslado normal de los estudiantes hasta el centro de estudios, (4) la percepción de los estudiantes en el tiempo optimizado, que puede ser aprovechado como tiempo extra de autoestudio, y finalmente (5) el acceso de manera fácil e instantánea a recursos en línea de acuerdo a la temática deseada [28], [33].

A pesar de las ventajas citadas, los EVA no escapan a problemas y limitaciones [34], [35] como: dificultad para identificar de forma eficiente el comportamiento de los participantes dentro de los EVA [36]–[38], la falta de herramientas para realizar una supervisión y seguimiento de la interacción de los estudiantes a través del avatar con los objetos presentes en el EVA 3D [39], [40], ausencia de indicadores que permitan establecer métricas para la realización del respectivo seguimiento a los participantes del EVA [41], ausencia de parámetros bien definidos para realizar una eficiente evaluación del aprendizaje [41], dificultades para determinar y evaluar cada uno de los aportes entregados por parte de los estudiantes [42], dificultades para mantener la motivación en la participación en el entorno por parte de los estudiantes [43], considerable cantidad de tiempo que el docente dedica a buscar signos de frustración, estrés o fatiga en los estudiantes a través de la interacción con el ambiente virtual [44], inconvenientes pedagógicos relacionados con el proceso de aprendizaje [45], [46], el requerimiento de número considerable de tutores humanos que deben guiar el proceso de aprendizaje a través del entorno virtual [46], [47]. Otra limitación que no han sido tratadas a través de los EVA son los problemas de tipo ill-defined [13]–[15], en donde su principal característica es no poseer una estructura definida en la determinación de una posible solución, además no puede tener una solución o por el contrario puede tener más de una solución equivalente.

Aunque existen investigaciones aplicadas que buscan aproximar soluciones a problemas de tipo "ill-defined" mediante algoritmos de inteligencia artificial, como el proyecto Canadarm [48], [49], estas iniciativas utilizan un tutor inteligente para entrenar a astronautas. Este sistema permite el manejo remoto de un brazo robótico para mover objetos en el espacio desde un punto inicial hasta su destino, obteniendo múltiples aproximaciones que son equivalentes a una solución.

Otro aspecto a considerar es la utilización de Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) tridimensionales para resolver problemas con estructuras definidas, conocidos como problemas bien definidos [50], [51]. Una aplicación de esto son los laboratorios virtuales de la Universidad Politécnica de Madrid, que emplean Open Simulator para crear un laboratorio de biotecnología. En este entorno, se implementan procedimientos y protocolos específicos, caracterizados por seguir un proceso determinado y cerrado que conduce a un único resultado. Por ejemplo, la elaboración de una mezcla con productos químicos requiere seguir un orden preciso para obtener el resultado deseado; de lo contrario, el objetivo no se alcanza, lo que demuestra el enfoque en problemas bien definidos.

Si bien existen trabajos que tratan de dar una aproximación a problemas de tipo ill-defined pero no lo hacen mediante un EVA menos aún un EVA 3D. Por otro lado existen trabajos que implementan EVA para entrenamiento en la solución pero para problemas bien definidos, no existen EVA 3D que den tratamiento a encontrar una aproximación para problemas de tipo ill-defined utilizando un tutor inteligente diseñado como un juego serio, es aquí donde nosotros pensamos plantear una arquitectura para este tipo de problemas.

Para esto se va a desarrollar artefactos como EVA en tres dimensiones que incluya tutores inteligentes para probar diferentes algoritmos de inteligencia artificial que brinden el soporte necesario para determinar aproximaciones a problemas de tipo ill-defined. Además se piensa en desarrollar el contenido con la temática de cableado estructurado en donde se pueda determinar tareas de tipo ill-defined pero utilizando una metodología para el diseño del contenido centrado en el usuario para desarrollarlo como un juego serio en tres dimensiones.

1.3. Propuesta

Nuestra contribución principal constituye el diseño y planteamiento de una arquitectura para el tratamiento de problemas de tipo ill-defined, para esto partiremos de la arquitectura MAEVIF (Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales a la Formación) que ha sido aplicada con buenos resultados en problemas bien definidos. De manera paralela se va a utilizar la metodología iPlus para el diseño de los contenidos de aprendizaje centrados en

el usuario. Con estos dos marcos de referencia, se realizará el diseño y desarrollo de una solución para el entrenamiento en tareas de tipo ill-defined mediante el desarrollo de un artefacto planteado como un juego serio. Los resultados obtenidos de esta implementación permitirá inferir en evoluciones para los dos marcos utilizados.

Las preguntas de investigación que se plantean en el presente trabajo son las siguientes:

- ¿Qué mejoras se puede proponer a la Arquitectura MAEVIF con el propósito de extender su aplicación para problemas de tipo ill-defined con el propósito de obtener soluciones a este tipo de problemas?
- ¿Cómo pueden modelarse problemas de tipo ill-defined dentro de un entorno virtual de aprendizaje en tres dimensiones, asegurando una representación efectiva que facilite la comprensión y la resolución de dichos problemas?
- ¿Cómo pueden modelarse problemas de tipo ill-defined dentro de un entorno virtual de aprendizaje en tres dimensiones, asegurando una representación efectiva que facilite la comprensión y la resolución de dichos problemas?
- ¿Cuál es el enfoque más efectivo para desarrollar aproximaciones a soluciones de problemas ill-defined dentro de Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D, asegurando que estas soluciones sean tanto prácticas como didácticamente valiosas?
- ¿De qué manera puede ser diseñada y desarrollada una aproximación innovadora a la resolución de problemas ill-defined, como los Sistemas Inteligentes de Tutoría, para optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D?
- ¿Qué temática permite representar de manera efectiva problemas de tipo ill-defined y, simultáneamente, facilitar la implementación con un Sistema Inteligentes de Tutoría para aproximar soluciones a estos problemas?

1.3.1. Objetivo General

El objetivo general de esta tesis es diseñar y desarrollar una arquitectura innovadora para abordar problemas de tipo "ill-defined" mediante la implementación de un Sistema Inteligente de Tutoría dentro de un Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones (EVA3D). Este entorno será estructurado como un juego serio, con contenidos diseñados a través de una metodología participativa y centrada en el usuario, garantizando que la

experiencia educativa sea tanto efectiva como inmersiva, adaptándose a las necesidades y características específicas de los usuarios.

1.3.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de investigación que se plantean en el presente trabajo son las siguientes:

- I. Definir las características fundamentales del framework MAEVIF (Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales de Aprendizaje a la Formación), para extender su aplicabilidad a problemas de tipo ill-defined.
- II. Realizar exhaustivas Revisiones Sistemáticas de la Literatura (RSL) enfocadas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje en 2D y 3D, con el propósito de identificar y analizar los desafíos asociados a problemas de tipo "ill-defined" en estas plataformas.
- III. Representar mediante un método el dominio de los problemas ill-defined dentro de un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D, asegurando que dicha representación promueva una comprensión clara y facilite la aproximación a una solución efectiva de estos problemas.
- IV. Identificar y desarrollar el enfoque más efectivo para crear aproximaciones a soluciones de problemas ill-defined dentro de Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D, garantizando que estas soluciones sean prácticas.
- V. Diseñar y desarrollar una aproximación innovadora para la resolución de problemas ill-defined utilizando Sistemas Inteligentes de Tutoría, con el propósito de optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D.
- VI. Desarrollar una temática que permita representar de manera efectiva problemas de tipo ill-defined y simultáneamente, facilitar su implementación en un Sistema Inteligente de Tutoría para guiar y aproximar soluciones a estos problemas de forma eficiente y adaptativa.
- VII. Validar el marco metodológico aplicado al diseño y desarrollo de un sistema de tutoría inteligente para Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D, orientado a resolver problemas de tipo ill-defined.

1.4. Metodología de Investigación

Para el diseño y construcción de esta metodología, se toma como base la arquitectura MAEVIF (Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales de Aprendizaje a la Formación) [17], [52], [53], que es un marco metodológico orientado al entrenamiento mediante

tutorías inteligentes para entornos virtuales de aprendizaje, tomando como base las arquitecturas tradicionales de los Sistemas de Tutoría.

Además la arquitectura MAEVIF, está diseñado para la solución de problemas bien definidos en entorno virtuales de aprendizaje, en nuestro caso se pretende realizar una adaptación de MAEVIF para la solución de problemas de tipo ill-defined.

Adicionalmente, se pretende mediante la metodología iPlus, el desarrollo de los contenidos de aprendizaje en el tema de Cableado Estructurado, debido a que es un marco metodológico para el desarrollo participativo y centrado en el usuario [54].

Con la confluencia de estos dos marcos metodológicos, se espera la propuesta de un marco metodológico para la solución de problemas ill-defined mediante la implementación de un sistema de tutoría inteligente dentro de un entorno virtual de aprendizaje en 3 dimensiones.

La mencionada propuesta debe ser analizada y evaluada mediante el desarrollo de una aplicación de un tutor inteligente en un entorno virtual de aprendizaje en donde el contenido sea diseñado con la utilización de una metodología centrada en el usuario como un juego serio mediante el método experimental, con el objetivo que con el soporte y ayuda de los expertos en la temática se puedan identificar fortalezas y debilidades mediante las pruebas a la aplicación.

1.5. Resultados esperados de la presente tesis

Los resultados de la presente investigación tienen sus aportes:

1. Desarrollo de un Marco Metodológico: Se espera crear un marco metodológico completo, acompañado de su respectivo metamodelo, que facilite el diseño de soluciones para problemas de tipo ill-defined. Este marco proporcionará una base estructurada y teórica para abordar problemas complejos mediante la incorporación de metodologías avanzadas y centradas en el usuario.
2. Proceso de Desarrollo de una Aplicación de Entrenamiento: Se busca establecer un proceso detallado para el desarrollo de una aplicación dedicada al entrenamiento en tareas de tipo ill-defined, específicamente en el área de cableado estructurado. Esta aplicación contará con la asistencia de un sistema inteligente de tutoría dentro de un entorno virtual de aprendizaje en tres dimensiones (EVA3D). El sistema de tutoría inteligente guiará a los usuarios a través de las tareas y apoyará la adquisición de conocimientos y habilidades prácticas en un ambiente interactivo e inmersivo.

1.6. Organización del documento

En este trabajo de tesis, se ha estructurado en seis capítulos, cada uno meticulosamente organizado y desarrollado con su respectivo contenido. A continuación, se ofrece un resumen detallado de lo abordado en cada capítulo.

- En el Capítulo 2 se aborda el estado del arte y la revisión sistemática de la literatura, enfocándose en recopilar investigaciones relacionadas con los Ambientes Virtuales de Aprendizaje. Se examinan los principales problemas, características distintivas y parámetros de medición de dichos ambientes, además de explorar cómo pueden clasificarse según tres perspectivas relevantes: Aprendizaje Personalizado, Aprendizaje Adaptativo e Intervención Educativa.
- En el Capítulo 3 se introduce la metodología de Investigación en Ciencia del Diseño (Design Science Research), aportando una guía fundamental para el desarrollo de este estudio investigativo. A través del diseño y la creación de diversos artefactos, se pretende expandir el horizonte del conocimiento al enfrentar problemas de alta complejidad y proponer soluciones innovadoras en el ámbito de estudio.
- En el Capítulo 4 se detalla la creación de un marco experimental destinado a abordar problemas de tipo indefinido. Este marco se fundamenta en el Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales de Aprendizaje a la Formación para Problemas Ill-Defined (MAEVIF-PID).
- El Capítulo 5 se centra en las evaluaciones y validaciones tanto de los artefactos desarrollados como de la metodología propuesta, para abordar problemas de naturaleza indefinida a través de la intervención de un Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente.
- Para concluir, en el Capítulo 6 se sintetizan las contribuciones significativas de esta investigación al ámbito de los sistemas de información y tutoría inteligente en entornos virtuales de aprendizaje, específicamente en la resolución de problemas de naturaleza indefinida. Se discuten las perspectivas emergentes de este estudio junto con las conclusiones alcanzadas y las recomendaciones pertinentes.

1.7. Resumen del Capítulo

En este capítulo inicial de la tesis, se ha dado inicio a la introducción del trabajo, donde se han expuesto el contexto y las motivaciones que han impulsado la investigación en torno

a la creación de un marco metodológico para abordar problemas de tipo indefinido en entornos virtuales de aprendizaje.

A continuación, se ha planteado la problemática en la cual se han identificado una serie de desafíos relacionados con los entornos virtuales de aprendizaje, centrándose especialmente en los problemas de naturaleza indefinida para resaltar la importancia de esta temática.

Posteriormente, se ha presentado la propuesta de solución para los problemas indefinidos en la formación de tareas guiadas por un Sistema Inteligente de Tutoría en entornos virtuales de aprendizaje tridimensionales. Se han delineado objetivos específicos que respalden el logro del objetivo general de este trabajo de investigación.

Se han establecido tanto el objetivo general como el desglose a través de los objetivos específicos planteados para la realización de esta investigación. Se han señalado las contribuciones que se pretenden realizar en este estudio.

Además, se ha detallado la propuesta del marco metodológico a seguir para encontrar una solución a la problemática planteada en el diseño y desarrollo de un sistema inteligente de tutoría para problemas indefinidos en entornos virtuales de aprendizaje.

Finalmente, se han expuesto los resultados esperados como consecuencia del desarrollo de este trabajo de investigación, centrándose particularmente en la propuesta del marco metodológico con su correspondiente metamodelo para el diseño de una solución para problemas de tipo indefinido y el proceso para el desarrollo de una aplicación destinada al entrenamiento de tareas indefinidas.

Capítulo 2: Estado del Arte y Trabajos Relacionados

Este capítulo ofrece una visión general de los fundamentos teóricos que sostienen el trabajo de esta tesis. Se presenta una revisión de investigaciones relacionadas con Entornos Virtuales de Aprendizaje en dos y tres dimensiones, además de explorar la arquitectura denominada Modelo para la Aplicación de Entornos Virtuales de Aprendizaje a la Formación (MAEVIF). También se abordan los problemas, clasificándolos en bien definidos e "ill-defined". Se incluye una exploración teórica de los Sistemas Inteligentes de Tutoría y una descripción de la metodología iPlus, utilizada para el diseño y desarrollo de contenidos sobre cableado estructurado, que será implementado y evaluado en la plataforma.

2.1. Entornos Virtuales de Aprendizaje

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) son considerados como una herramienta novedosa y de apoyo esencial para la enseñanza en todos los niveles de educación [55], [56]. Este tipo de entornos han demostrado su valía como herramientas complementarias al aprendizaje principalmente en ambientes en los cuales no se pueden desarrollar laboratorios físicos o en situaciones en las cuales no es posible un contacto directo con un instructor, como ocurrió durante la pandemia del COVID-19 [57].

2.1.1. Definiciones de Entornos Virtuales de Aprendizaje

Los EVA's se los puede entender [58]–[60] como sistemas de información electrónicos para el apoyo administrativo y didáctico de los procesos de aprendizaje en el ámbito de educación superior, además de proveer a los estudiantes con recursos de aprendizaje adecuados para el desarrollo de destrezas de manera sistemática para las cualificaciones previstas [61]–[63].

Un EVA entonces es un software diseñado para el apoyo tanto de la enseñanza como del aprendizaje que permite a los tutores y participantes interactuar en un ambiente integrado y en línea. Existen tres componentes básicos que deben estar presentes en EVA [64]–[66]:

El primer componente corresponde a la plataforma [67], aquí se consideran los componentes hardware y software diseñados para automatizar y administrar el desarrollo de las actividades académicas de formación.

El segundo componente corresponde a los contenidos. Los autores en [68] determinan que la calidad de los mismos deben ser una condición necesaria pero no suficiente para el diseño de un programa de formación satisfactorio. El diseño del contenido debe ser realizado por expertos en metodología didáctica y tomando en cuenta las siguientes características:

- El contenido se debe ajustar a las necesidades y posibilidades de los estudiantes.
- Debe tomar en cuenta tanto la cantidad como la calidad de la información presentada.
- Debe ser interactivo y no estático.
- Debe cumplir una estructura para que sea asimilado de forma fácil por parte de los estudiantes.
- Debe almacenar metadatos para la organización del contenido y visualizar la conexión semántica entre conceptos.

Finalmente un EVA debe poseer herramientas de comunicación [69]–[71], como una parte fundamental del ambiente académico. Las mismas deben permitir la interacción entre los diferentes agentes participantes en el proceso de aprendizaje. Estas herramientas se las puede clasificar de acuerdo con el instante de comunicación en:

- Herramientas Síncronas, que permiten la comunicación en tiempo real como chat, videoconferencia, pizarra electrónica.
- Herramientas Asíncronas, básicas para la comunicación en un EVA en cualquier momento y en cualquier lugar, como los foros, cartelera de noticias, correo electrónico, blogs y wikis.

Las herramientas de comunicación han llevado a que los EVAs sean considerados como plataformas colaborativas, lo que permite que exista una mayor interacción entre los estudiantes.

Entre las características más relevantes de un EVA según [72], se encuentran:

- Permiten la comunicación entre tutores y estudiantes.
- Proveen herramientas para evaluaciones sumativas y autoevaluaciones.
- Entregan un espacio virtual para la publicación de recursos y materiales para el desarrollo de actividades de aprendizaje.

- Contiene áreas virtuales para el trabajo compartido en grupos.
- Brinda secciones virtuales para apoyo a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.
- Provee herramientas para la administración y seguimiento a estudiantes.
- Contiene herramientas que los estudiantes pueden utilizar para gestionar documentos digitales.
- Plataformas que son consistentes y permiten la personalización de parámetros relacionados a su interfaz.
- Permiten una navegación estructurada tanto de tutores como estudiantes.

Un tipo de EVA son los Entornos Virtuales de Aprendizaje en tres dimensiones, los cuales tienen la capacidad de agregar una nueva dimensión espacial para el desarrollo de actividades de aprendizaje.

2.2. Revisión Sistemática de Literatura utilizando la metodología iKeyCriteria sobre características relevantes de los EVA

En el apartado anterior se introdujeron los conceptos asociados con los EVA, incluyendo su definición y características de forma breve, en esta sección se busca abordar la necesidad de identificar las características fundamentales de los EVA. Para este propósito, se empleará una metodología que combina enfoques cuantitativos y cualitativos conocida como iKeyCriteria [73]. Originalmente desarrollada para definir los dominios de los Juegos Serios, esta metodología se adapta de forma genérica a diversos campos.

Debido a su extensión en la formulación de forma detallada de la metodología como tal, se determina la explicación de la metodología a detalle en el Anexo 3 de este documento. A continuación se va a presentar la aplicación de la metodología para determinar las características relevantes de los Entornos Virtuales de Aprendizaje según la metodología iKeyCriteria.

2.2.1. Aplicación de la Metodología iKeyCriteria para determinar características relevantes de los Entornos Virtuales de Aprendizaje

Para optimizar la aplicación del método iKeyCriteria, los integrantes del Grupo de Investigación LudoLab, de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador, han desarrollado una herramienta automatizada. Esta herramienta facilita tanto la obtención de la Matriz Booleana por medio de análisis estadístico como a través de evaluaciones de expertos investigadores. Posteriormente,

emplea lógica matemática para categorizar los resultados. A continuación, se describe la herramienta que automatiza la aplicación del método iKeyCriteria.

2.2.1.1. Herramienta iKriteria

Consiste en una aplicación web denominada iKriteria que automatiza el proceso de aplicación del método iKeyCriteria y consta de tres módulos: módulo de información, administración y la aplicación del proceso.

2.2.1.1.1. Módulo Informativo

Este módulo contiene dos partes:

Página de inicio: Aquí se encuentra una descripción básica del método iKeyCriteria, que sirve para introducir a los usuarios nuevos en los principios y objetivos de la herramienta.

Manual básico: Se ofrece un manual que explica cómo utilizar correctamente el aplicativo. Este recurso es esencial para asegurar que los usuarios puedan manejar de manera efectiva la herramienta para realizar análisis de acuerdo con el método iKeyCriteria.

2.2.1.1.2. Módulo de Administración

Este módulo cumple una función crucial dentro de la herramienta, gestionando la administración de los usuarios y registrando sus actividades detalladamente. Opera de manera precisa con el foco puesto en dos estados principales del proceso de investigación:

Primer Estado - Ejecución del Método: Durante esta fase, mientras el investigador está activamente utilizando el método, la aplicación monitoriza y almacena de forma automática cada cambio de estado en el proceso. Esto incluye acciones como la adición o eliminación de archivos, así como el registro o la supresión de criterios utilizados en el método. Esta funcionalidad asegura que se mantenga un registro continuo y actualizado de las actividades del investigador, proporcionando una trazabilidad completa y facilitando la revisión de las acciones realizadas.

Segundo Estado - Finalización del Método: Una vez que el investigador completa la ejecución del método, la aplicación procede a registrar y almacenar de manera definitiva todos los archivos PDF, los criterios utilizados, y los resultados obtenidos. Este archivado sistematizado es esencial para preservar los outputs del proceso investigativo, permitiendo un acceso fácil y organizado para análisis futuros o revisiones.

2.2.1.1.3. Módulo de Aplicación

El Módulo de Aplicación de la herramienta que automatiza el método iKeyCriteria es fundamental para la ejecución efectiva del método. Este módulo se compone de cinco submódulos diseñados para facilitar el desarrollo y la aplicación del método de manera estructurada y eficiente:

Registro de Documentos

- Primera y Segunda Interfaz: Permiten al investigador cargar documentos en formato PDF. La primera interfaz está destinada para los documentos que corresponden al contexto de estudio (P), mientras que la segunda se utiliza para los documentos del contexto opuesto.
- Tercera Interfaz: Facilita la visualización de los documentos ya cargados, permitiendo al investigador revisar y confirmar que los documentos estén correctamente asociados a cada contexto de estudio.
- Cuarta Interfaz: Proporciona retroalimentación sobre la correcta carga de los documentos y orienta al investigador sobre cómo proceder una vez que los documentos están en la plataforma.

Registro de Criterios y Sinónimos

Este submódulo permite al investigador ingresar criterios y sus respectivos sinónimos mediante dos campos de texto. Estos términos son luego exhibidos en una tabla, facilitando la revisión y la gestión de los datos ingresados.

Selección del Tipo de Proceso

Aquí, el investigador puede elegir entre dos procesos. El primer proceso se basa en la opinión del experto investigador y utiliza la matriz booleana derivada del análisis para pasar a la obtención de resultados. El segundo proceso emplea la métrica tf-idf, donde el investigador seleccione el tipo de medida k para comparar en las etapas subsiguientes del análisis.

Selección del Tipo de Medida

Permite al investigador elegir entre diferentes medidas estadísticas descriptivas (mediana, moda, media y varianza) para calcular la variable k necesaria para la obtención de la matriz booleana.

Resultados

Este último submódulo muestra al investigador los resultados obtenidos, presentados a través de gráficos estadísticos circulares que categorizan los criterios y exhiben todas las matrices producidas durante el proceso. Además, ofrece la opción de descargar estos resultados en un archivo de hoja de cálculo para análisis o presentaciones futuras.

Esta aplicación iKriteria se encuentra disponible en la siguiente dirección web: <http://criteria-checker.epn.edu.ec/metodologia/>, y su pantalla de inicio, se puede apreciar en la Figura 2.1.

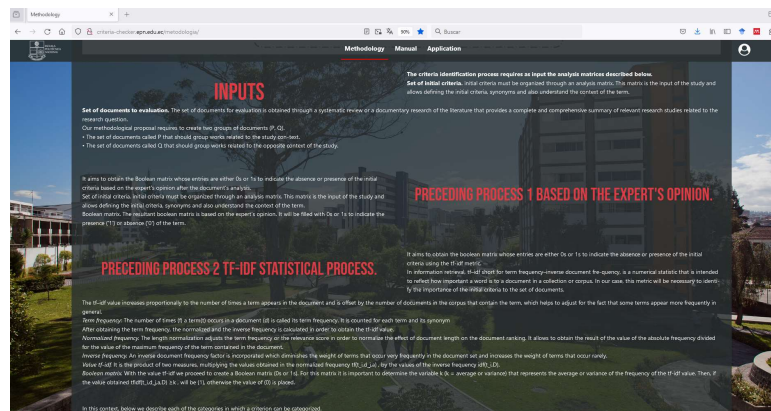


Figura 2.1. Aplicación web iKriteria.

2.2.1.2. Definición de Criterios Claves para determinar características relevantes de los EVA

Para aplicar efectivamente el método iKeyCriteria en la evaluación de las características relevantes de los EVA, es crucial comenzar por establecer de manera clara y precisa el contexto de estudio. Este paso inicial implica definir dos dimensiones críticas:

Contexto de Estudio Principal: Este se centra directamente en las "características relevantes de los Entornos Virtuales de Aprendizaje". Este será el marco principal de análisis y se refiere a la dimensión 'P' en el método iKeyCriteria.

Contexto de Estudio Opuesto: Después de definir el contexto principal, se identifica un contexto opuesto para proporcionar una perspectiva comparativa y contrastante. En este caso, el contexto opuesto podría ser las características de los Entornos Presenciales de Aprendizaje, designado como la dimensión 'Q'. Esto permite una comparación directa entre los ambientes virtuales y tradicionales, destacando las particularidades y ventajas de los EVA.

Una vez establecidas estas dos dimensiones, se aplica la métrica $tf-idf$ (frecuencia de término – frecuencia inversa de documento). Este paso matemático es esencial para cuantificar la importancia de los términos dentro de los documentos en relación con ambos contextos. Esta métrica ayuda a identificar los términos que son estadísticamente significativos para los EVA en comparación con el contexto opuesto, lo cual es crucial para discernir los criterios clave que describen las características únicas y efectivas de los EVA.

El contexto de estudio principal se define como ‘características relevantes de los ‘Entornos Virtuales de Aprendizaje’, para la aplicación del método iKeyCriteria corresponde a la dimensión ‘P’, por el contrario el contexto de estudio opuesto corresponde a las características de los Entornos Presenciales de Aprendizaje en este caso de estudio correspondiente a la dimensión ‘Q’.

Para aplicar el método iKeyCriteria en la identificación de las características clave de los Entornos Virtuales de Aprendizaje, los documentos esenciales son artículos de investigación que se han recopilado empleando la metodología de Kitchenham [74], a través de una RSL Revisión Sistemática de Literatura (SLR Systematic Literature Review). Este proceso garantiza que los documentos seleccionados cumplan rigurosamente con los criterios de búsqueda establecidos para este estudio, ofreciendo una base documental relevante y focalizada.

Después de implementar la RSL y siguiendo los criterios de inclusión y exclusión específicos definidos por el investigador experto en función de los contextos de estudio, se identificaron un total de 22 documentos. Estos documentos constituyen los datos de entrada para la fase inicial del método iKeyCriteria. A continuación, se utiliza la herramienta iKriteria para facilitar y compartir la especificación de los criterios iniciales derivados de esta colección de documentos.

La Tabla 2.1 documenta estos criterios iniciales, estableciendo así una base sólida para comenzar el estudio del contexto de los Entornos Virtuales de Aprendizaje. Esta tabla no solo sirve como referencia inicial para el análisis posterior mediante el método iKeyCriteria, sino que también asegura que todos los aspectos pertinentes se consideren de manera exhaustiva desde el inicio del estudio.

A continuación se procede a ingresar como datos de entrada todos los documentos del contexto de estudio que conforman la colección de documentos correspondiente a la Dimensión ‘P’ son: [20], [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [34], [82], [83], [84], [85], [86]; y, la colección de documentos que pertenecen al contexto opuesto de estudio correspondiente a la dimensión ‘Q’ son: [87], [88], [89], [90], [91], [92], [93], [94]. En la Figura

2.2, se puede apreciar los documentos ingresados al sistema iKriteria para los dos contextos de estudio.

Critero	Sinónimos	Criterio	Sinónimos
communication	exchanging information, comunicación, intercambio de información, message, mensaje	tools for management	management and tracking of students, herramientas de administración, tools, management resources, management solutions
self-assessment	selfassessment, autoevaluación, auto-evaluación, student assessment, assessment, evaluación, evaluation	tools for tracking	herramientas de seguimiento, management and tracking of students, tracking instruments, tracking resources, tracking utilities, tracking aids
summative assessment	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluation	student tools	herramientas para estudiantes, student resources, student aids, student instruments
learning resources	recursos de aprendizaje, learning, recursos, materiales	customizable interface	interfaz personalizable, consistent and customisable look and feel, adaptable interface, tailorable interface, personalizable interface, gui, interface
shared areas	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared, compartida, áreas compartidas de trabajo	consistent interface	interfaz consistente, consistent and customisable look and feel, interface, uniform interface, standardized interface, reliable interface, cohesive interface
learning materials	recursos de aprendizaje, learning, resources, recursos	navigation structure	estructurada navegación, navegación estructurada, navigational framework, navigation layout, navigation system, navigation
support for students	ayuda para estudiantes, help, support, ayuda, asistencia, student assistance, student guidance, student aid	delivery of learning resources and materials	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, materials, resources, distribution of educational materials, provision of learning resources, dissemination of educational materials, supply of instructional resources

Tabla 2.1 Etapa Entrada: Matriz de Criterios Iniciales

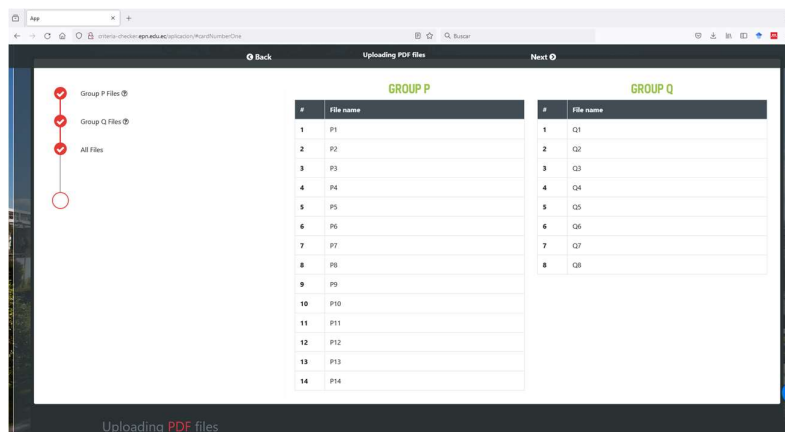


Figura 2.2. Ingreso Documentos Dimensiones P y Q .

Una vez que los documentos de estudio han sido cargados en el sistema iKriteria, el siguiente paso es la introducción de los criterios base o criterios iniciales que son fundamentales para establecer el patrón de criterios claves. Este proceso es crucial, ya que los criterios iniciales funcionan como la fundación para el análisis subsiguiente y la identificación de patrones significativos dentro del campo de estudio.

En la Figura 2.3, se muestra cómo se realiza el registro de estos criterios junto con sus respectivos sinónimos en el sistema. Esta representación visual facilita la comprensión de cómo se organizan y se introducen los criterios dentro de iKriteria. Cada criterio, junto con sus sinónimos, es meticulosamente registrado para asegurarse de que todos los términos relevantes sean considerados durante el análisis. Esta inclusión de sinónimos es especialmente importante para abarcar variantes terminológicas que podrían aparecer en los documentos analizados, asegurando así una cobertura comprensiva y una clasificación efectiva durante la ejecución del método iKeyCriteria.

En la Tabla 2.2 se detalla una lista exhaustiva de los criterios clave obtenidos y sus sinónimos, junto con las respectivas definiciones y el contexto en el que estos son relevantes para la RSL aplicada con la metodología iKey Criteria. Esta tabla es fundamental porque no sólo identifica los términos importantes dentro del estudio, sino que también los clarifica y contextualiza dentro del contexto de estudio.

Criteria	Synonyms
1 <input type="checkbox"/> communication	exchange information, conversational, intercambio de información, mensaje, mensaje
2 <input type="checkbox"/> self-assessment	self-assessment, auto-evaluación, auto-evaluación, student assessment, autoevaluación, evaluación autovalorada
3 <input type="checkbox"/> summative assessment	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluación
4 <input type="checkbox"/> learning resources	recursos de aprendizaje, learning resources, materiales
5 <input type="checkbox"/> shared areas	shared work, group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartidas, shared, compartido, áreas compartidas de trabajo
6 <input type="checkbox"/> learning resources	recursos de aprendizaje, learning resources, recursos
7 <input type="checkbox"/> support for students	ayuda para estudiantes, help, support, ayuda, asistencia, student assistance, student guidance, student aid
8 <input type="checkbox"/> tools for management	management and tracking of student, herramientas de administración, tools, management resources, management systems
9 <input type="checkbox"/> tools for trading	herramientas de negociación, management and trading of student, trading instruments, trading resources, trading offers, trading job
10 <input type="checkbox"/> student tools	herramientas para estudiantes, student resources, student aids, student resources
11 <input type="checkbox"/> customizable interface	interface personalizable, consistent and customizable look and feel, adaptable interface, adaptable interface, personalizable interface, gui, interface
12 <input type="checkbox"/> consistent interface	interface consistente, consistent and customizable look and feel, interface, uniform interface, standardized interface, reliable interface, cohesive interface
13 <input type="checkbox"/> navigation structure	estructura de navegación, navegación orientada, navegación basada, navegación basada, navigation system, navigation
14 <input type="checkbox"/> delivery of learning resources and materials	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, materiales, recursos

Figura 2.3. Registro de criterios iniciales y sus sinónimos.

Después de introducir los criterios iniciales y sus sinónimos en el sistema, el próximo paso es elegir el tipo de proceso antecedente adecuado para el análisis. En este caso particular, se ha seleccionado el proceso antecedente 2 que implica la aplicación de la métrica estadística *tf-idf* (frecuencia de término – frecuencia inversa de documento). La selección del método *tf-idf* como proceso antecedente en el análisis se representa

visualmente en la Figura 2.4 del sistema iKriteria. En esta interfaz, el usuario tiene la posibilidad de visualizar y confirmar la elección de esta métrica estadística

Criterio	Definición	Contexto	Sinónimos
communication	Permite la comunicación entre los participantes	Determinar la existencia del criterio en el contexto de estudio	exchanging information, comunicación, intercambio de información, message, mensaje
self-assessment	Provee herramientas para que el estudiante realice su propio seguimiento	Si el EVA tiene herramientas para autoevaluación.	selfassessment, autoevaluación, auto-evaluación, student assessment, assessment, evaluación, evaluation
summative assessment	Permite realizar evaluaciones parciales para control del aprendizaje	El EVA debe proveer herramientas para realizar evaluaciones parciales	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluation
learning resources	Proveen en diferente formato los contenidos a tratar	EVA debe permitir compartir los contenidos en diferente formato	recursos de aprendizaje, learning, recursos, materiales
shared areas	Espacios virtuales compartidos para desarrollar diferentes actividades de aprendizaje	El entorno debe proporcionar distintas herramientas para	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared, compartida, áreas compartidas de trabajo
learning materials	Contenido de aprendizaje en diferentes formatos	La plataforma debe proporcionar diferentes formas para compartir	recursos de aprendizaje, learning, resources, recursos
support for students	Provee instrucciones para solucionar diferentes problemas que se presentan	El entorno debe proveer asistencia al estudiante	ayuda para estudiantes, help, support, ayuda, asistencia, student assistance, student guidance, student aid
tools for management	Herramientas para la gestión de usuarios, cursos, asignaturas y contenidos	El EVA debe proporcionar diferentes niveles de gestión para usuarios	management and tracking of students, herramientas de administración, tools, management resources, management solutions
tools for tracking	Herramientas para realizar un seguimientos automatizado de los participantes	La plataforma debe proveer diferentes herramientas para realizar un seguimiento de usuarios	herramientas de seguimiento, management and tracking of students, tracking instruments, tracking resources, tracking utilities, tracking aids
student tools	Herramientas para que los estudiantes accedan a los contenidos y desarrollen las tareas asignadas	El entorno debe proporcionar herramientas para el desarrollo de actividades	herramientas para estudiantes, student resources, student aids, student instruments
customizable interface	La interfaz contiene varios parámetros configurables	El EVA debe proporcionar los parámetros para configurarlos para mejorar la experiencia	interfaz personalizable, consistent and customisable look and feel, adaptable interface, tailorable interface, personalizable interface, gui, interface
consistent interface	Interfaz que contiene elementos suficientes para desarrollar las actividades de aprendizaje	La plataforma debe proporcionar una experiencia relevante para los usuarios	interfaz consistente, consistent and customisable look and feel, interface, uniform interface, standardized interface, reliable interface, cohesive interface
navigation structure	Proporciona elementos para que la navegación en la plataforma de interacción sea eficiente	El entorno debe contener los elementos necesarios para que la navegación sea efectiva	estructurada navegación, navegación estructurada, navigational framework, navigation layout, navigation system, navigation
delivery of learning resources and materials	Determinar diferentes espacios, materiales y herramientas para el intercambio de la información	El EVA debe proveer a los participantes diferentes espacios y herramientas para el intercambio de información de aprendizaje en diferentes formatos.	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, resources, distribution of educational materials, provision of learning resources, dissemination of educational materials, supply of instructional resources

Tabla 2.2 Etapa Entrada: Matriz de Criterios Iniciales – Matriz de Análisis

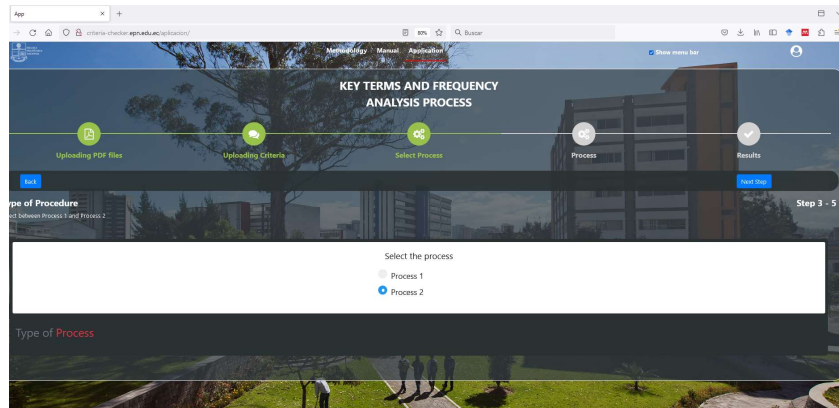


Figura 2.4. Selección proceso antecedente métrica $tf-idf$.

Tras la elección de utilizar la métrica $tf-idf$ como el proceso antecedente, se procede a elaborar y comprobar si el valor de $tf-idf(t_i, d_j, a, D)$ alcanza o supera un umbral determinado, k . En el sistema, se utiliza una matriz booleana donde se asigna un valor de 1 cuando existe una coincidencia, es decir $(tfidf(t_i, d_j, a, D) \geq k)$, y un valor de 0 en el caso contrario. Aquí, k representa la frecuencia del valor $tf-idf$ correspondiente a las métricas estadísticas de la media, mediana, moda y varianza.

Este proceso estratégico permite al investigador seleccionar la medida estadística que desea utilizar para calcular k y obtener la tabla booleana adecuada. Para este caso específico, se ha seleccionado la mediana como la medida estadística para calcular k . La elección de la mediana ayuda a mitigar el impacto de valores atípicos en el conjunto de datos, proporcionando un punto de corte más representativo para establecer la relevancia de los términos en los documentos.

En la Figura 2.5 del sistema iKriteria, se muestra un resumen de las tablas que se generan a partir del análisis $tf-idf$. Para facilitar una revisión detallada de cada tabla generada, el investigador puede interactuar con el sistema haciendo clic en el botón 'Show'. Este botón despliega una vista detallada de los resultados del cálculo $tf-idf$ para cada documento analizado según los criterios establecidos, permitiendo al investigador un análisis más profundo y concreto de los datos.

En la Tabla 1.17, se presentan los resultados de los criterios clave que han sido categorizados utilizando el proceso de análisis en el cual se seleccionó la mediana como valor de k . Este enfoque permite identificar de manera efectiva aquellos términos que

superan el valor medio de la distribución *tf-idf*, considerándolos así como significativos dentro del conjunto de documentos analizados.



Result Tables	
Absolute Term Frequency Matrix	Show
Normalized frequency (TF) Matrix	Show
Inverse document frequency (IDF) Matrix	Show
TF-IDF Matrix	Show
Boolean Matrix	Show
Logic Patterns	Show
Results	Show

Figura 2.5. Resumen de tablas resultantes con proceso basado en la métrica *tf-idf*.

Este método, al usar la mediana, asegura que los criterios seleccionados son representativos y evita la influencia desproporcionada de valores atípicamente altos o bajos que podrían distorsionar la interpretación de los datos. La mediana, por ser un valor central en una secuencia numérica ordenada, proporciona un umbral equilibrado que refleja una perspectiva más genuina de lo que es frecuentemente importante.

La categorización en la Tabla 1.17 facilita una visualización clara de cómo cada criterio se alinea con la relevancia establecida por el análisis *tf-idf* utilizando la mediana como referencia. Esto provee una base sólida para decisiones adicionales respecto a la investigación o la implementación de estrategias basadas en los EVA, ayudando a los investigadores a concentrarse en aspectos que son verdaderamente pertinentes según el conjunto de datos analizados.

En la Figura 2.6, se presentan los resultados obtenidos de la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) utilizando la metodología iKeyCriteria. Los criterios clave identificados a través de este análisis meticuloso incluyen 'autoevaluación', 'evaluación sumativa', 'áreas de trabajo compartidas', y 'entrega de materiales y recursos de aprendizaje'. Estos términos reflejan aspectos esenciales y distintivos de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), subrayando características que los diferencian de los entornos de aprendizaje tradicionales o presenciales. En contraste, iKeyCriteria señala 10 términos que no se consideran criterios clave para los EVA: 'comunicación', 'recursos de aprendizaje', 'materiales de aprendizaje', 'ayuda para estudiantes', 'herramientas para gestión educativa', 'herramientas para seguimiento para estudiantes', 'herramientas para estudiantes', 'interfaz personalizable', 'interfaz robusta' y 'navegación estructurada'.

Criterio	Sinónimos	Patrón Lógico
self-assessment	selfassessment, autoevaluación, auto-evaluación, student assessment, assessment, evaluación, evaluation	No necesaria y no Suficiente
summative assessment	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluation	No necesaria y no Suficiente
shared areas	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared, compartida, áreas compartidas de trabajo	Suficiente y no Necesaria
delivery of learning resources and materials	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, materials, resources, distribution of educational materials, provision of learning resources, dissemination of educational materials, supply of instructional resources	Suficiente y no Necesaria

Tabla 2.3 Resultado final patrón de criterios claves

A continuación, se explica brevemente la relevancia de cada criterio identificado:

Autoevaluación: Este criterio refleja la capacidad de los EVA para permitir que los estudiantes evalúen su propio aprendizaje mediante diversas herramientas y tecnologías. Esto es fundamental para facilitar el aprendizaje autónomo y reflexivo.

Evaluación Sumativa: La inclusión de este criterio indica que los EVA ofrecen métodos estructurados para evaluar el rendimiento del estudiante al final de un módulo o curso, a menudo utilizando tecnologías digitales que pueden automatizar parte del proceso de evaluación y proporcionar retroalimentación instantánea.

Áreas de trabajo compartidas: Este término destaca la capacidad de los EVA para crear espacios virtuales donde los estudiantes pueden colaborar y compartir información en tiempo real o de manera asincrónica, ampliando las oportunidades para el aprendizaje colaborativo y la interacción social.

Entrega de Materiales y Recursos de Aprendizaje: Refleja la función de los EVA en proporcionar acceso fácil y a menudo inmediato a una amplia variedad de recursos educativos digitales, desde textos y videos hasta simulaciones interactivas y tutoriales en línea.

Estos elementos han sido destacados como características comunes y significativas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) pero notoriamente ausentes o desarrolladas de manera diferente en los Entornos Presenciales de Aprendizaje.

La identificación de estos criterios claves subraya las propiedades distintivas de los EVA que facilitan una modalidad de aprendizaje más flexible y autónoma. Comprender estos diferenciales es crucial para los investigadores y desarrolladores de EVA y para los educadores que buscan maximizar el potencial de las tecnologías de aprendizaje digital. La identificación de estas características clave también sugiere áreas en las que los EVA pueden ser especialmente beneficiosos en comparación con los métodos de enseñanza más tradicionales.

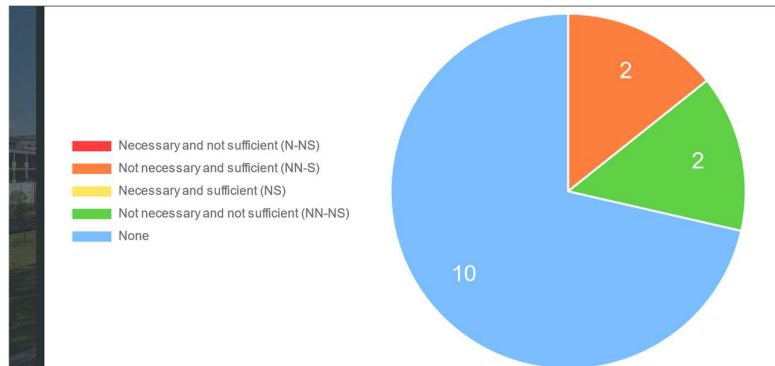


Figura 2.6. Resultado gráfico aplicación iKeyCriteria de las características del EVA

En la Figura 2.7, se presenta un resumen visual de los resultados generados por la aplicación iKriteria, una herramienta esencial en la implementación del método iKeyCriteria para la evaluación sistemática de los documentos relevantes a los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA). Este resumen gráfico proporciona una panorámica clara y concisa de los hallazgos clave obtenidos del análisis, permitiendo a los investigadores y a los interesados obtener una comprensión rápida y efectiva de los datos procesados.

Criteria	Logical Pattern
communication	Ninguna
self-assessment	No necesaria y no suficiente
summative assessment	No necesaria y no suficiente
learning resources	Ninguna
shared areas	Condición suficiente y no necesaria
learning resources	Ninguna
support for students	Ninguna
tools for management	Ninguna
tools for tracking	Ninguna
student tools	Ninguna
customizable interface	Ninguna
consistent interface	Ninguna
navigation structure	Ninguna
delivery of learning resources and materials	Condición suficiente y no necesaria

Figura 2.7. Resultado aplicación iKeyCriteria de las características del EVA

2.2.1.3. Resultado de las características relevantes de los EVA aplicando la metodología iKey Criteria.

La interpretación de los resultados obtenidos a través de la metodología iKeyCriteria revela varias ideas interesantes acerca de la presencia y la relevancia de ciertos criterios en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) en comparación con los Entornos Presenciales de Aprendizaje.

Autoevaluación y Evaluación Sumativa:

Estos criterios son catalogados como 'No necesario y no suficiente'. Esto implica que tanto la autoevaluación como la evaluación sumativa son prácticas comunes que se encuentran tanto en los EVA como en los entornos presenciales. Esta clasificación indica que aunque estas prácticas son importantes en el contexto educativo general, no son exclusivas ni distintivas de los entornos virtuales. Su presencia en ambos tipos de entornos sugiere que son elementos fundamentales de los procesos educativos modernos en general, independientemente del medio.

Áreas de Trabajo Compartidas y Entrega de Materiales y Recursos de Aprendizaje:

Estos criterios se ajustan al patrón de 'Suficiente y no Necesaria', lo que indica que estos criterios aparecen al menos una vez en los EVA y no en los entornos presenciales de estudio. Esto sugiere que tales características son más específicas y potencialmente exclusivas de los EVA. Las áreas de trabajo compartidas reflejan la capacidad única de los EVA de facilitar espacios colaborativos digitales donde los recursos pueden ser compartidos y discutidos en tiempo real o asincrónicamente, superando las limitaciones geográficas. Por otro lado, la entrega de materiales y recursos de aprendizaje en los EVA destaca la naturaleza digital y la accesibilidad que permiten a los estudiantes acceder a recursos educativos de una manera mucho más flexible y extensa que en los métodos tradicionales presenciales.

La distinción entre estos dos grupos de criterios ayuda a identificar qué aspectos de los EVA ofrecen ventajas únicas en comparación con los entornos presenciales. Esta diferenciación es crucial para los diseñadores de estos entornos virtuales y los educadores, ya que proporciona una guía sobre qué características potenciar o incorporar para aprovechar al máximo las capacidades educativas de los entornos virtuales.

2.3. Entornos Virtuales de Aprendizaje en tres Dimensiones

Un EVA en tres dimensiones (EVA3D) corresponde a un entorno que permite desarrollar las actividades de aprendizaje de manera interactiva utilizando tres dimensiones espaciales. Se puede considerar como un espacio virtual que se puede acceder por medio de un computador y que en lugar de presentar solo gráficos planos en dos dimensiones, aquí son objetos [95]–[98].

Una ventaja sobre los EVA en dos dimensiones es que en estos EVA3D la percepción del entorno por parte de los estudiantes es más completa. Es por ello que los autores [99], consideran que existe una mejora de aprendizaje de aproximadamente un 10.67 % en los estudiantes que desarrollaron el proceso de aprendizaje en EVA3D por sobre aquellos que lo hicieron dos dimensiones.

Otro término abarcado en los EVA 3D son los mundos virtuales, en donde miles de personas pueden interactuar de forma simultánea en un mismo espacio en tres dimensiones simulado. Generalmente los miembros participan en estos mundos con sus avatares que son una representación gráfica de ellos mismos [100]. Los mundos virtuales desarrollan avances en la informática social con implicaciones críticas en diferentes áreas de desarrollo de las actividades humanas como educación, negocios, ciencias sociales, ciencias tecnológicas y la sociedad misma [101].

El autor [102] considera que los EVA 3D son plataformas que permiten a los diseñadores de contenido aplicar su imaginación. La mencionada capacidad de interacción mediante avatares [103] unido a capacidades de comunicación mediante herramientas de texto o audio [104] han permitido que las plataformas EVA3D, que fueron desarrolladas originalmente para entretenimiento y juegos, tengan actualmente diversos propósitos, entre ellos los relacionados al proceso de aprendizaje [105]–[107].

En relación con los efectos que pueden producir en los participantes, los mundos virtuales deben incluir características que, aunque no sean suficientes, son necesarias para que la plataforma sea considerada como una plataforma EVA3D, estas características son [108]:

- Incrementar la motivación y el compromiso para la participación de los estudiantes.
- Permitir la virtualización de prácticas que serían muy poco probables de realizarlas en el entorno virtual.
- Mejorar la representación espacial del conocimiento en cualquiera de las áreas de investigación.

- Facilitar mejora en la transferencia de conocimiento y habilidades que se desarrollan en un ambiente en tres dimensiones.
- Permitir el desarrollo del aprendizaje mediante ambientes colaborativos.

2.3.1. Problemas de los Entornos Virtuales de Aprendizaje 3D

A pesar de las mejoras que ofrecen los EVA en 3D frente a los ambientes en dos dimensiones, éstos no escapan a los problemas que se presentan en tres momentos: (1) en la planificación y diseño de las actividades, y la plataforma como tal; (2) en el desarrollo de las actividades que el estudiante debe cumplir; y (3) la evaluación de las actividades realizadas por los estudiantes y el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje. Entre los problemas que se han identificado en estas fases podemos citar:

- Identificación de comportamiento conflictivo por parte de los estudiantes [36]–[38].
- Inconvenientes en el seguimiento de las interacciones de los estudiantes con los elementos presentes en el ambiente virtual [39], [40].
- Ausencia de indicadores para realizar el seguimiento del progreso de los estudiantes en los cursos del entorno virtual [41].
- Inexistencia de definición e implementación de parámetros de evaluación bien definidos [41].
- Dificultades para realizar la evaluación de contribuciones tanto individuales como colectivas mientras los estudiantes desarrollan las tareas propuestas en los cursos del entorno virtual [42].
- Conflictos para mantener a los estudiantes comprometidos y motivados durante el desarrollo del curso [43].
- Consumo excesivo de tiempo en la supervisión por parte de los docentes en la búsqueda de signos de dudas, frustración, estrés o fatiga por parte de los estudiantes [44].
- Problemas de tipo pedagógico que son inherentes a proceso de aprendizaje tradicional [45], [46].
- Ausencia de tutores con experiencia que guíe al estudiante en el proceso de aprendizaje [46], [47].

Estos son problemas comunes que se presentan en la planificación, diseño, desarrollo de contenidos y actividades que el estudiante debe realizar a través de un curso utilizando

las bondades que nos presenta un EVA3D. Las soluciones presentadas a estos problemas se abordan en la siguiente sección.

2.3.2. Perspectivas sobre Entornos Virtuales de Aprendizaje 3D

En relación con los EVA3D, se los puede agrupar de acuerdo con tres perspectivas que se definen a continuación:

2.3.2.1. Aprendizaje Personalizado

Esta perspectiva se refiere a la enseñanza en donde los EVA's se los puede personalizar para satisfacer las necesidades del estudiante. Esta mejora en el proceso de aprendizaje se basa en el análisis de los datos capturados a través del EVA3D para lograr contenidos o desafíos adaptados a cada estudiante. Esta personalización incrementa la motivación de los estudiantes; además, facilita el diseño de estrategias por parte del docente [109]. A continuación, se presentan los trabajos que se adaptan a este enfoque:

En [110], se propone un framework para la recolección y análisis de datos relacionados a entornos virtuales orientados a la educación. Para ello se ha diseñado y desarrollado un EVA de un caso de estudio llamado Usalpharma Lab., el cual es un laboratorio en Second Life. Este laboratorio virtual contiene todo el equipamiento, instalaciones y documentación necesaria para la enseñanza de "Buenas prácticas de laboratorio". Tanto estudiantes y docentes son representados en el entorno virtual como avatares. En la simulación de las prácticas, el avatar del docente expone los conocimientos teóricos a ser impartidos en la clase. Luego este avatar guía a los estudiantes en las actividades propuestas para cumplir la parte práctica de la clase que serán evaluadas. Todas estas acciones son registradas en la base de datos por cada usuario, registrándose cada evento realizado.

Los datos son analizados posteriormente de acuerdo con un framework propuesto a través de sus capas: (1) Capa de Descripción de Evidencia que es encargada de recolectar la evidencia de las interacciones entre el avatar del estudiante y el ambiente virtual. (2) Capa de Recolección que es la responsable de procesar los datos enviados a la capa de descripción de evidencia. (3) Capa de Almacenamiento, en la cual se almacenan los datos que son procesados en la capa de recolección. (4) Capa de Análisis, en donde se analiza los datos y mapea la información de la base de datos relacionada a procedimientos estadísticos y se aplica un método de minería de datos. Y, finalmente (5) Capa de Presentación, la cual es la responsable de presentar la información al usuario final o cualquier aplicación de terceros integrada a esta arquitectura.

La principal característica de este enfoque es que el estudiante se convierte en el centro de atención en el proceso de aprendizaje. Para ello se capturan los datos correspondientes

a las interacciones iniciales para luego ser analizadas a través de sus cinco capas. Con la información obtenida los administradores de los cursos pueden tomar decisiones entorno a la información estadística y de minería de datos que se genera. Este enfoque permite, además, desarrollar esquemas de aprendizaje en donde la investigación y experimentación individual son promovidos. También proporciona una única trayectoria centrada en el estudiante.

El trabajo de [111] centra su esfuerzo en la identificación y validación de los patrones de comportamiento de los usuarios para evitar o reducir la deserción en la participación de los cursos. Para esto, los autores enfocan su atención en resaltar las ventajas que poseen tanto los contenidos, la estructura y las interacciones que ofrece un EVA3D con relación a un EVA.

Luego de realizar clases de prueba, tanto estudiantes como docentes proceden a evaluar aspectos relacionados a la relevancia y aceptación del EVA3D utilizando encuestas. De los resultados obtenidos, los administradores de los cursos pueden tomar decisiones para ejecutar las respectivas acciones para evitar la deserción de estudiantes. Además, se pueden ejecutar acciones para la mejora continua tanto en los contenidos, estructura y las interacciones que se presentan en el EVA3D. Los investigadores apuntan a dos aspectos de la importancia en educación de un EVA3D: (1) la versatilidad de la interacción que pueden tener los estudiantes con otros avatares dentro del EVA, estas interacciones pueden ser chat de voz, chat de texto, gestos entre avatares. Y, (2) la libertad de los movimientos dentro del ambiente virtual como el desplazamiento entre los diferentes espacios virtuales del EVA3D.

Otro trabajo enmarcado como Aprendizaje Personalizado es [112]. En este trabajo los investigadores reportan el desarrollo de una metodología que centra su atención en el estudio del comportamiento de estudiantes con autismo a través de mundos virtuales.

Para recolectar datos los autores definen un esquema con tres niveles para analizar las interacciones de los usuarios: (1) el nivel denominado 'Primer Nivel Modo Interacción' que describe las interacciones consideradas recíprocas (aquella en la cual si una parte inicia una interacción se produzca una respuesta efectiva de la otra parte); (2) el nivel denominado 'Segundo Nivel Modo Interacción' en el cual se consideran aspectos como la duración de actividades de los usuarios y los patrones de interacción social entre los participantes del entorno virtual; (3) finalmente en el tercer nivel 'Nivel de Contexto' es en donde se describe el compromiso de los estudiantes para realizar las tareas propuestas por parte del docente. En este último nivel recaen todas las consideraciones sobre ayudas tecnológicas que se los puede proveer a través de la plataforma virtual.

Gracias a la aproximación descrita, los autores del trabajo personalizan diferentes aspectos relacionados con la interacción social en usuarios con autismo, para lo cual usan datos recolectados por dos vías: la plataforma virtual, pero también por intermedio de cámaras que son conectadas y sincronizadas a la interacción del EVA para determinar los gestos que producen los usuarios en la interacción social con otros avatares del EVA3D.

En esta misma línea, en el trabajo [113], los autores aplican métodos de Analítica de Aprendizaje para estudiar aspectos relacionados con los desórdenes de comportamiento social. Para esto, los investigadores han diseñado y desarrollado una plataforma virtual denominada iSocial. Los investigadores enfocan su atención en comprender la interacción de los avatares de usuarios con desórdenes de comportamiento social al desarrollar las actividades propuestas a través del ambiente virtual. En este contexto, los datos recolectados se los obtiene de dos maneras: (1) la primera forma es registrando la interacción de movimientos y las respectivas posiciones de los avatares, y (2) mediante la grabación de gestos y movimientos físicos en el mundo real a través de cámaras de vídeo y con la respectiva sincronización con los movimientos registrados en el entorno virtual. La principal contribución de este trabajo radica en cómo los investigadores usan técnicas de visualización para entender el comportamiento de los estudiantes.

Otra investigación que se alinea con el enfoque de aprendizaje personalizado, corresponde a [114], en ella los autores reportan sus experiencias en el estudio de oficina virtual enfocada en enseñanza sobre aspectos de seguridad de la información. Este entorno virtual fue diseñado y desarrollado a través de Second Life. El objetivo central del ambiente es estudiar el impacto de la obtención de logros de aprendizaje mediante el modelo constructivista. Para ello los autores personalizaron el proceso de aprendizaje en dos grupos focales. El primero denominado 'experimental' fue utilizado para inducir y probar mejoras para el entorno virtual, para luego evaluar los resultados del impacto de estas mejoras. Luego de esto, se analizan cuáles fueron los cambios que produjeron una mejor percepción en la consecución de objetivos por parte de los estudiantes con relación a los estudiantes pertenecientes al grupo de control. Este proceso de prueba y error permite evaluar estrategias de aprendizaje y retener solo aquellas que demuestren una eficiencia y efectividad sobre un método de aprendizaje que se utiliza antes de ser inducidas.

En [51], los autores presentan un modelo predictivo para mundos virtuales utilizados en educación. Al utilizar este modelo se puede predecir el comportamiento de estudiantes utilizando los datos centrados en secuencias de errores comunes. Los investigadores recolectaron datos de logs que contenían los errores y los clasificaron, mientras observaron la marca de tiempo en que se producía el error hasta que el estudiante finalice la práctica.

Luego de ello, cada grupo clasificado era representado por un 'autómata' que es utilizado para la generación de una tipología sobre los estudiantes analizados. Los autores implementaron así un 'Predictor del Comportamiento del Estudiante', el cual predice posibles acciones del estudiante, tomando en cuenta las últimas acciones. Este tipo de análisis puede ser utilizado para personalizar el proceso de aprendizaje para los estudiantes basados en sus propias acciones y su evolución. El modelo propuesto por los investigadores pretende ayudar a los estudiantes a ejecutar acciones y alcanzar los objetivos de aprendizaje utilizando métodos de predicción.

Otro estudio que conlleva este enfoque es [115] en donde los autores describen la evolución de las herramientas informáticas para la transición desde aprendizaje electrónico (e-learning) hasta aprendizaje virtual (v-learning). Adicionalmente, los investigadores analizan algunos factores como la motivación en estudiantes jóvenes mientras visitan una librería virtual en 3D diseñada en Second Life. En el estudio se desarrolla una descripción de las principales herramientas que son utilizadas para la transición desde e-learning a v-learning. Además, se reportan las implicaciones psicológicas que la experiencia en mundos virtuales tiene sobre el usuario.

2.3.2.2. Aprendizaje Adaptativo

Este enfoque centra su esfuerzo en la adaptación automatizada del diseño del aprendizaje y las metodologías acorde a los esquemas cognitivos de los estudiantes, especialmente en las áreas donde se identifican dificultades para el estudiante [116].

Estas adaptaciones son el resultado del análisis de los datos que se captura mientras los estudiantes desarrollan las actividades del curso, muy similar al aprendizaje personalizado. Sin embargo, aunque estas dos perspectivas pueden parecerse, mantienen una diferencia. Mientras que el aprendizaje personalizado se refiere a la personalización realizada por un instructor, el aprendizaje adaptativo se refiere a las técnicas que permiten la modificación automática de las instrucciones en tiempo real. A continuación se presenta un estudio que ha seguido este enfoque.

En [117], los autores proponen un framework para el uso de mundos virtuales enfocado en la identificación del flujo de aprendizaje y la verificación de la satisfacción de los usuarios utilizando técnicas de minería de procesos. El trabajo opera sobre a plataforma para mundos virtuales denominado OPENET4EVE. En ella, los autores proponen una característica en el proceso de aprendizaje en mundos virtuales que puede monitorear y registrar los eventos generados tanto por los estudiantes como por los profesores. Luego, se utiliza un sistema de minería de procesos que procesa los datos registrados en los logs

de la plataforma virtual. Para ello se realiza lo siguiente: (1) se recolectan los datos de manera automatizada para luego proceder a analizarlos y así entender el comportamiento observado por parte de los estudiantes en las actividades propuestas; (2) se determina la brecha e inconsistencias entre las actividades desarrolladas por el avatar del estudiante y lo que el docente planificó para cada actividad; y (3) se analizan los datos recolectados para determinar si las actividades propuestas a través del entorno virtual contribuyen a cumplir los logros de aprendizaje. Así, los entornos virtuales puedan tomar como base el framework basado en la minería de procesos para recolectar y analizar la información de los archivos logs para determinar si el flujo del aprendizaje en el cumplimiento de las actividades propuestas contribuye de manera significativa a alcanzar los objetivos de aprendizaje.

2.3.2.3. Intervención Educativa

Este enfoque provee una herramienta útil para reducir la deserción en los estudiantes y promover el aprendizaje basado en competencias. El objetivo principal es tener una influencia directa en el desarrollo de las destrezas y capacidades del estudiante para que el entrenamiento sea satisfactorio [118]. En este sentido, mediante los datos que se pueden recolectar a través de la plataforma educativa, se pueden obtener predicciones sobre las actitudes y el comportamiento del estudiante frente al EVA3D en determinados contenidos, evaluaciones o trabajos grupales.

Dentro de este enfoque, en [100] se explora el alcance de mundos virtuales y adopta una tipología para comunidades virtuales que se basa en la cinco fuerzas de Michel Porter [119]. Para cada comunidad, se describen 5 elementos: propósito, lugar, plataformas, población y modelo de negocios. Los autores seleccionaron como caso de estudio un ambiente virtual diseñado bajo la plataforma Second Life para la aplicación de dos encuestas y posterior análisis de resultados. Los investigadores describen los lineamientos para futuras implementaciones de mundos virtuales enfocados a la educación, ciencias sociales y humanísticas.

Las cinco fuerzas de Porter fueron utilizadas para proponer adaptaciones en el diseño y desarrollo de mundos virtuales para la proveer a los estudiantes las pautas que se necesitan en el desarrollo de destrezas para el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje.

No.	Problema	Aprendizaje Personalizado	Aprendizaje Adaptativo	Intervención Educativa
P1	Identificación de comportamiento conflictivo por parte de los estudiantes	[36] [111] [112] [113] [114] [51] [115]	[117]	
P2	Inconvenientes en el seguimiento de las interacciones de los estudiantes con los elementos presentes en el ambiente virtual	[36] [111] [112] [113] [114] [51] [115]	[117]	[100]
P3	Ausencia de indicadores para realizar el seguimiento del progreso de los estudiantes en los cursos del entorno virtual	[36] [112]	[117]	
P4	Inexistencia de definición e implementación de parámetros de evaluación bien definidos			[100]
P5	Dificultades para realizar la evaluación de contribuciones tanto individuales como colectivas mientras los estudiantes desarrollan las tareas propuestas en los cursos del EVA	[36] [112] [113] [114] [51] [115]		
P6	Conflictos para mantener a los estudiantes comprometidos y motivados durante el desarrollo del curso	[111] [112] [113] [115]		
P7	Consumo excesivo de tiempo en la supervisión por parte de los docentes en la búsqueda de signos de dudas, frustración, estrés o fatiga por parte de los estudiantes	[36] [114]		
P8	Problemas de tipo pedagógico que son inherentes a proceso de aprendizaje tradicional	[36] [115]		
P9	Ausencia de tutores con experiencia que guíe al estudiante en el proceso de aprendizaje	[36] [111] [112] [113] [114] [115]	[117]	

Tabla 2.4: Problemas relacionados al uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D en el ámbito Educativo

En la Tabla 2.4 se resume cómo cada contribución descrita en los tres enfoques: Aprendizaje Personalizado, Aprendizaje Adaptativo e Intervención Educativa y ofrece

soluciones para los problemas más comunes en los EVA3D. La mayoría de las contribuciones se centran en el Aprendizaje Personalizado, con investigaciones [36] [111] [112] [113] [114] [51] [115], específicamente atacan los problemas P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8 y P9. Por el contrario el trabajo [117] que se enmarcan en la perspectiva de Aprendizaje Adaptativo trata de brindar una solución para los problemas: P1, P2, P3 y P9. Finalmente la investigación [100], dentro del enfoque de Intervención Educativa ofrece un solución para los problemas P2 y P4.

2.4. Sistemas de Tutoría

Se puede determinar que los sistemas de tutoría centran su atención en la utilización de sistemas inteligentes para optimizar y mejorar la eficacia de la enseñanza utilizando elementos computacionales [120]. Eso conlleva a que estos sistemas sean también conocidos como Sistemas Inteligentes de Tutoría SIT (ITS Intelligent Tutoring Systems).

En los SIT se necesita integrar inteligencia artificial en el desarrollo de instrucciones asistidas por computador para crear sistemas que puedan adaptarse de manera inteligente a las necesidades de cada estudiante [121]–[124]. Los SIT pueden, además, brindar el apoyo necesario en la identificación de áreas de dificultad en el desarrollo de las competencias de cada estudiante y adaptar las instrucciones que debe expresar al usuario de forma personalizada. Carbonell sugiere que la Inteligencia Artificial puede utilizarse para modelar tanto el conocimiento como el comportamiento del tutor humano, para brindar una experiencia que, a más de ser personalizada, sea también más efectiva. Una característica importante de los SIT, es que estos sistemas son capaces de entregar instrucciones para guiar al usuario a realizar alguna actividad [125]. Es importante para esto el adoptar estrategias y metodologías para diseñar las tutorías inteligentes [126]–[128], toman en cuenta un modelamiento adecuado del conocimiento para facilitar una retroalimentación personalizada y efectiva al estudiante [129].

En el trabajo de Wenger [130] en 1987, se registra una primera propuesta sobre la arquitectura de un SIT. La arquitectura (Figura 2.8) presenta la descripción de un SIT mediante cuatro módulos: Comunicación, Experto, Estudiante y Tutoría.

El módulo de comunicación es la interfaz entre el SIT y el Entorno de Aprendizaje por Computador y es el encargado de recibir las peticiones de tutoría y direccionarlas adecuadamente al tutor automático para una respuesta adecuada.

En el módulo de Tutoría se implementa la estrategia que permite comunicar las instrucciones que son generados por el módulo Experto.

El módulo del Estudiante contiene la información sobre cada uno de los usuarios, centrandose su atención en datos cognitivos para permitir adaptaciones personalizadas.

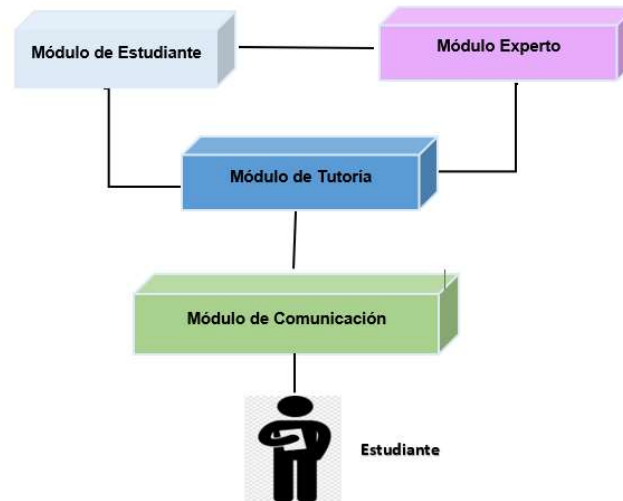


Figura 2.8 Arquitectura de Sistema Inteligente de Tutoría

Finalmente, el módulo Experto contiene la información del conocimiento que el estudiante debe aprender en función a las competencias, y sobre todo las destrezas que se pretende que el estudiante las desarrolle.

2.4.1. Andamiaje en los Sistemas Inteligentes de Tutoría

El término andamiaje hace referencia a la construcción de una estructura que brinda soporte en el desplazamiento de un punto inicial hasta un punto final. Este concepto al llevarlo a la tutoría para el aprendizaje fue determinado para que un tutor humano tenga la destreza que apoyar a los estudiantes a cumplir los objetivos de aprendizaje.

Según [131], el concepto de andamiaje puede ser trasladado al ámbito de SITs en EVAs bajo el nombre 'andamiaje técnico', donde define al uso de cualquier medio computacional como medio para desarrollar el andamiaje.

En su trabajo [132], los autores determinan que implementar un software para educación brinda la oportunidad de entregar un apoyo personalizado para cada usuario teniendo como premisa las respectivas destrezas de cada estudiante. Esto facilita el crecimiento de cada estudiante adaptando el nivel de dificultad del sistema conforme el estudiante va desarrollando sus destrezas.

Un aspecto que se debe considerar es que un tutor humano puede inferir de forma intuitiva, por el contrario un tutor automatizado lo que puede hacer es inferir a partir de la información previamente recolectada por el sistema [133], para seleccionar el nivel adecuado de tutoría para el estudiante.

Otro aspecto para tomar en cuenta es la calibración del andamiaje para cada estudiante, debido a que si el nivel de tutoría es excesivo, el problema a resolver por parte del estudiante será muy fácil y esto conlleva a que se vuelva muy aburrido. Por el contrario, si el nivel de apoyo es reducido o insuficiente, la tarea se volverá frustrante para el estudiante, lo que desembocará en su abandono o deserción [134].

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el comportamiento de los participantes dentro de EVA debido a que para los tutores automatizados suele convertirse en un reto el identificarlo, y así decidir la mejor estrategia para proveer la tutoría. Para el tutor humano, la mayoría de las veces este comportamiento se lo puede detectar de forma intuitiva. Para esto se debe diseñar y desarrollar al tutor automático de una forma correcta para detectar con mayor precisión el aspecto relacionado al estado anímico del estudiante [135].

2.4.2. Regulación del aprendizaje en Sistemas Inteligentes de Tutoría

Es necesario regular el aprendizaje en los SIT porque los estudiantes no siempre son conscientes de los conocimientos que dominan o las destrezas que han desarrollado. Este aspecto suele ser muy subjetivo para cada estudiante.

Una de las primeras estrategias de regulación del aprendizaje en los SIT es la Co-regulación [136], que fusiona la autorregulación implícita de un tutor automatizado y la regulación de forma colaborativa entre el estudiante y el tutor.

Una segunda estrategia corresponde a la Regulación Externa, que consiste en la selección por parte del sistema de los objetivos de estudio y otros componentes que se necesita en el desarrollo del proceso de aprendizaje, esta estrategia tiene su peso para el diseño de agentes pedagógicos [137], [138].

En lo referente al aprendizaje autorregulado se determinan las siguientes fases [139]: (1) fase de reflexión previa al aprendizaje autorregulado en donde se debe definir que sea el SIT quién apoye al estudiante para establecer un plan inicial para la consecución de los objetivos de aprendizaje determinados.

El SIT puede contribuir en la selección de la estrategia de autoevaluación que se adapte mejor al estudiante. Otra estrategia para las fases de ejecución y autorreflexión por parte del SIT, es la denominada Búsqueda de Ayuda [140], que consiste en la capacidad de

solicitar ayuda cuando el estudiante lo crea conveniente, generalmente cuando el estudiante no tenga el conocimiento para resolver el problema o cuando no tenga la destreza necesaria para corregir un error.

Una estrategia adicional corresponde a la autoexplicación [141], [75], en donde el estudiante debe interiorizar el nuevo concepto y luego proceder a explicarlo con sus propios términos, mediante esto el SIT puede detectar si los conceptos necesitan una mayor asistencia para su comprensión. Generalmente la autoexplicación se lo realiza dentro de un EVA en la implementación de un menú para que el estudiante seleccione de entre varias opciones la definición del concepto solicitado [142], [143].

2.5. Arquitectura MAEVIF

La arquitectura MAEVIF [17], [18], [53], acrónimo de Arquitectura Multiagente de Entornos Virtuales de Entrenamiento con Tutoría Inteligente, ha sido desarrollado por el grupo de investigación de la Escuela de Ingenieros Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Esta arquitectura surge debido a que las arquitecturas tradicionales de los SITs, denotan algunas deficiencias y vacíos para los requerimientos de un entorno virtual de entrenamiento de tipo multiusuarios y utilizados generalmente para entrenamiento colaborativo [18]. Siendo muy utilizada en entornos de problemas bien definidos [144]–[147].

MAEVIF agrega la posibilidad de que el tutor automático tenga conocimiento de manera explícita sobre los objetos del EVA incluyendo detalles sobre su posición absoluta, posición relativa, su forma o estado. Este conocimiento permite interactuar con estos objetos o personalizar la ayuda sobre ellos en los mensajes de tutoría.

Como se mencionó, por ser una arquitectura multiagente puede encajar de manera rápida y fácil con los requerimientos de los EVA, debido a que la arquitectura posee la característica de extensibilidad, lo que permite agregar de manera rápida y fácil nuevas funcionalidades incorporando nuevos agentes. Esto se lo realiza para 2 objetivos: (1) el primero, mejorar la calidad de la tutoría automatizada por el SIT, y (2) para adaptarse a sus propias características al EVA [148], [149].

MAEVIF se enfoca en la manera de modelar de forma semántica el conocimiento que el estudiante va adquiriendo como resultado del entrenamiento por intermedio de un EVA con un SIT automatizado. Centra su atención en inferir de manera constante lo que el

estudiante ya sabe y lo que todavía le resta por conocer mediante el comportamiento y tomando en cuenta las características personales de cada estudiante [149], [150].

Para esto, MAEVIF necesita que todas las acciones que sean realizadas por el estudiante dentro del EVA (puede ser por intermedio de su avatar si es un EVA3D) sean validadas por un agente tutor y almacenadas por un agente de modelado del estudiante, en forma de traza de actividad de dicho estudiante. Esto debe ser actualizado en cada nueva acción, al mismo tiempo que se actualizan las creencias sobre el conocimiento del estudiante aplicando el razonamiento no-monótono. Otra actualización se generará al instante en el que un estudiante realice alguna pregunta al tutor automático o cuando el tutor automático le presente alguna pista de referencia durante la práctica [148].

La Figura 2.9 presenta la arquitectura de MAEVIF. Se puede apreciar cada uno de los agentes que intervienen en el SIT, con sus definiciones para asistir a los estudiantes en problemas bien definidos:

- El Agente de Comunicación Global tiene como objetivo facilitar la interacción entre el Entorno Virtual de Aprendizaje y el SIT.
- El Agente de Comunicación con el Estudiante se encarga de la comunicación entre los estudiantes y el SIT, existiendo una instancia de este agente para cada estudiante.

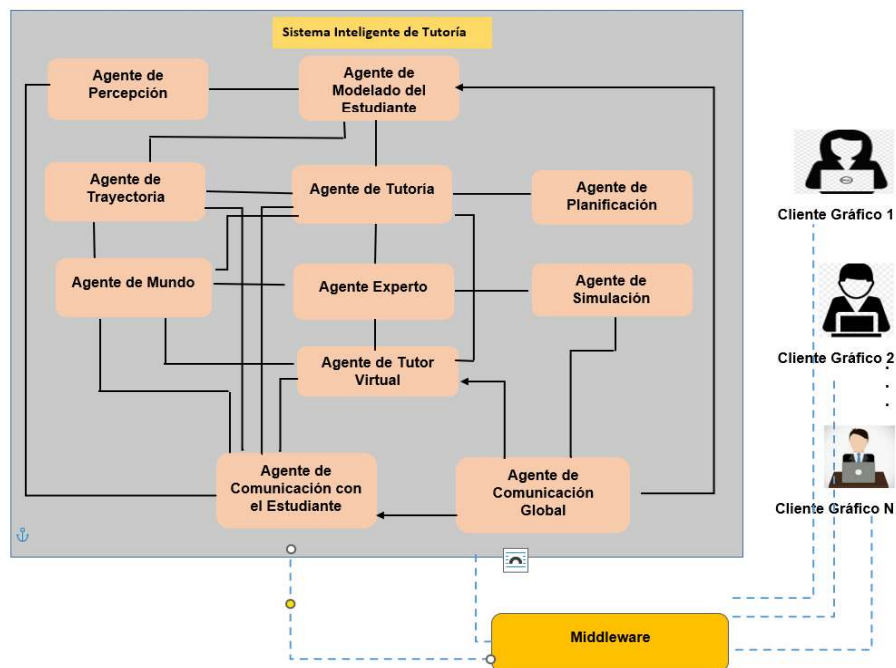


Figura 2.9 Arquitectura MAEVIF

- El Agente de Planificación proporciona al SIT un plan o secuencia de acciones necesarias durante el proceso de entrenamiento. Si el estudiante se desvía del plan inicial, se puede calcular una nueva secuencia basada en la última acción realizada por el estudiante.
- El Agente Experto posee información sobre las acciones que el estudiante puede o no puede realizar durante el proceso de entrenamiento junto con sus condiciones previas y posteriores. Esta información se utiliza para validar las acciones del estudiante y para calcular el plan realizado por el Agente de Planificación.
- El Agente de Tutoría cuyo objetivo es proponer actividades a los estudiantes en función de su conocimiento actual. También se encarga de monitorear las acciones de cada alumno comparándolas con el plan proporcionado por el Agente de Planificación. En caso de entrenamiento colaborativo, este agente forma equipos y asigna roles a los participantes.
- El Agente de Simulación es el que realiza la simulación de acciones realizadas por el estudiante o de los posibles efectos de acciones aún no realizadas. Esto es útil cuando un estudiante necesita saber qué podría suceder después de ejecutar una acción específica.
- El Agente de Mundo es el que tiene la información geométrica y semántica sobre los objetos 2D/3D del EVA y el avatar. Esta información se utiliza tanto para la tutoría como para validar las acciones del estudiante.
- El Agente de Trayectoria se encarga de calcular la ruta óptima cuando el Agente de Tutoría determina que la siguiente acción del estudiante debe realizarse en otro lugar del entorno virtual. Esto permite guiar al alumno o evaluar la calidad de la trayectoria seguida en comparación con la óptima.
- El Agente de Percepción dota a los tutores virtuales de capacidades perceptivas realistas, limitando su visión al campo visual (lugares, objetos y avatares). Esta información también puede ser utilizada para detectar distracciones del estudiante o si es necesario que gire para realizar o seguir una demostración.
- El Agente de Modelado del Estudiante registra todas las acciones, evaluaciones y otros conocimientos relevantes de cada estudiante. Esta información se utiliza para proporcionar una tutoría adaptada a las necesidades de cada alumno.

MAEVIF se desarrolló principalmente para que sea adaptable a un EVA debido a que soporta el concepto de multiusuario, es por ello que es necesario determinar un mecanismo

para identificar el conocimiento de cada estudiante con relación a los objetivos de aprendizaje que podrían compartir varios estudiantes [18].

El modelado del estudiante se enfoca en diseñar y representar de forma semántica el conocimiento que el estudiante ha adquirido durante el entrenamiento, además de como inferir en cada momento lo que sabe o no a través de la observación del comportamiento y sus características personales [149], [150].

Las acciones que son ejecutadas por el estudiante deben ser validadas por el agente tutor, luego deben ser almacenadas para un análisis. Como se mencionó, el modelo debe actualizarse con el nivel del conocimiento del estudiante después de cada acción realizada por el avatar o cuando éste realiza una consulta al tutor automático.

2.6. Resolución de Problemas

Como problema se puede entender a una tarea pendiente cuya resolución involucra ejecutar una serie de pasos, pero la forma de ¿cómo resolverlo? puede requerir de diferentes métodos de estructuración de problemas [151].

Existe en la práctica un extenso número de tipos de problemas los cuales van a requerir un diferente método de resolución de acuerdo con su tipología [152]. Algunos se los relaciona directamente con tareas de razonamiento analógico como por ejemplo los problemas matemático aritmético; otros son de tipo argumentativo, por ejemplo, problemas de tipo legal; otros más son de tipo científico como aquellos que cumplen con el respectivo método científico. Cada uno de ellos requiere la utilización de un método de resolución diferente de acuerdo con su tipología y su contexto.

Los problemas se pueden diferenciar también por su estructura [11], separándose entre problemas bien estructurados o conocidos como problemas bien definidos y los problemas mal estructurados (ill-structured) o mal definidos (ill-defined).

Kitchner [11] propuso un modelo de procesamiento cognitivo de tres niveles, el cual identifica tres tipos de habilidades que se ponen en práctica en la resolución de estos dos tipos de problemas. Al aplicar este modelo, los problemas bien definidos pueden resolverse, en la mayoría de los casos, utilizando habilidades del nivel más básico (nivel 1), el cual aplica reglas y estrategias inferenciales para la solución de problemas. En menor frecuencia, los problemas bien definidos se resuelven aplicando un procesamiento cognitivo de nivel 2, el mismo que involucra procesos de metacognición utilizados para seleccionar y monitorear las habilidades del nivel 1.

En cambio, los problemas de tipo ill-defined requieren para su resolución el nivel superior de habilidades, es decir el nivel 3. Este nivel involucra procesos para monitorear la naturaleza epistémica de problemas. Este monitoreo epistémico se refiere a las suposiciones que uno hace durante la resolución de problemas sobre los límites y la certeza del conocimiento [11].

El conocimiento epistémico difiere del cognitivo (nivel 2) en la medida en la cual el primero se enfoca la legitimidad de las soluciones más que los procesos utilizados para alcanzar la solución. Según Kitchner [11] los problemas bien definidos pueden resolverse sin hacer suposiciones epistémicas porque conducen a soluciones determinadas y garantizadas, por el contrario los problemas de tipo ill-defined no pueden resolverse sin supuestos epistémicos debido a que no tienen soluciones seguras y garantizadas.

A continuación, se presenta una discusión sobre la definición tanto de los problemas bien definidos como de los mal definidos. Se prestará mayor atención a estos últimos por constituir el corazón del presente trabajo.

2.6.1. Problemas Bien Definidos

Los problemas bien definidos son aquellos en los cuales existe una o varias soluciones, las cuales son conocidas y correctas. En general, se los puede encajar en los siguientes casos [11]:

- (1) Problemas que tienen una única solución.
- (2) Problemas para los cuales existe una estrategia de solución que se puede implementar en diferentes variantes.
- (3) Problemas que tienen un número determinado de estrategias de solución frecuentemente utilizadas que pueden implementarse de diferentes formas.
- (4) Problemas con una gran variedad de posibles estrategias de solución donde cada solución puede evaluarse de forma automática si son correctas o incorrectas.
- (5) Problemas en donde la corrección de la solución no se puede determinar de forma automática.

Generalmente para este tipo de problemas existe una solución correcta que puede ser alcanzada mediante la ejecución de un procedimiento claramente definido. En contraste, los problemas ill-defined pueden tener múltiples soluciones diferentes o incluso no pueden tener solución alguna. Además estos últimos no poseen un procedimiento que garantice

alcanzar la solución deseada, por consiguiente requieren de procesos cognitivos separados [12], como se detalla a continuación.

2.6.2. Problemas Ill-Defined

Los primeros investigadores que usaron el término de problemas ill-defined corresponden a [13], [14]. En sus trabajos, ellos hicieron énfasis en la estructura del problema y los métodos que se pueden utilizar para resolverlos.

De acuerdo a Simon [15], un problema ill-defined es un problema que cumple con cualquiera de las siguientes características:

- (1) Es un problema complejo con un punto indefinido de partida
- (2) Es un problema con múltiples y discutibles soluciones, y
- (3) Las estrategias de solución son poco claras en la dirección.

Según Lynch [153], se lo puede determinar como un dominio que incluye algunos problemas pero sobre todo la tutoría apunta al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas de tipo ill-structured.

En este tipo de problemas existen vacíos sobre cómo dotar a los problemas de una estructura suficiente para tratar de trabajar en una solución [15], [154]–[157]. Para esto se puede adoptar una estrategia de giro de perspectiva para determinar si los problemas están mal estructurados en aspectos importantes [158]. Otras aproximaciones han intentado buscar mecanismos para poder tratarlos como si fuesen problemas de tipo well-defined [15].

En la literatura existen varias definiciones en torno a lo que es un problema ill-defined. Muchos de estas, como se verá a continuación, han sido postulados dentro de las áreas de investigación de inteligencia artificial y del apoyo en la toma de decisiones.

En inteligencia artificial, Minsky [159] definió, a inicios de la década de 1960, los dominios de tipo ill-defined como aquellos que no tienen un procedimiento para su tratamiento. Investigaciones posteriores en este campo retoman esta definición. A partir de esta definición, en 1964 Reitman [160] busca imponer una estructura explícita a la definición de Minsky, para ello determina que el único requisito para que una tarea sea considerada como ill-defined es que el resultado sea producto de una ‘fuga’.

Pero no es hasta 1969 en donde, mediante la investigación de Newell [161] plantea la duda del ¿por qué un problema podía parecer como bien definido para un encargado de solucionar el problema, pero para otro podía parecer como ill-defined? A partir de esto en

el trabajo conjunto de Newell y Simon [162], reutiliza el framework planteado para considerar problemas frecuentemente enmarcados como ill-defined en el área de arquitectura. Para ello, los autores consideran características más relevantes como la falta de una clara descomposición de la estructura de un problema, y la relación entre la definición y el alcance. Esto se puede ejemplificar en una partida de ajedrez, en donde un solo movimiento es claramente definido, pero ganar la partida completa no está definida. Las investigaciones que siguieron esta base fueron [163], [164].

Esta línea de razonamiento sobre que un mismo caso como el propuesto con el juego de ajedrez, en el que se puede considerar tanto como un problema de tipo well-defined como de tipo ill-defined, surge por parte de la psicología en el trabajo [165]. El trabajo de Johnson [166] basa su trabajo en nociones de ill-defined en la resolución de problemas expertos. Lawrence [167] basa su trabajo en el campo de investigación de derecho y leyes. Todos estos tres trabajos consideran lo planteado por Reitman [160] sobre 'restricciones abiertas' presentes en problemas ill-defined, además enfatizan sobre propagación de restricciones en la resolución de problemas de tipo ill-defined.

En 2004, en el trabajo de Ashley [168] se determina que los problemas de tipo ill-defined tienen las siguientes características relevantes: (1) los problemas de este tipo carecen de una respuesta definitiva, (2) la respuesta a este tipo de problemas dependen en un alto grado de la concepción del problema, y (3) la resolución de estos problemas requieren determinar y revisar conceptos relevantes y supervisarlos. Los autores utilizaron estos principios en un caso de estudio en donde desarrollaron un tutor inteligente para el campo de ética aplicada.

2.6.2.1. Características de problemas ill-defined

Según Lynch [153], para que un dominio sea considerado como ill-defined, debe contener en su estructura características relevantes que las vamos a describir a continuación:

2.6.2.1.1. Verificabilidad

Para entender esta característica podemos citar un ejemplo clásico de teoría de mecánica newtoniana. Podemos plantear la siguiente interrogante: ¿Cuál es la velocidad que vuela una golondrina sin carga? Para resolver esta inquietud bastaría con aplicar la teoría newtoniana, además su respuesta puede ser calculada utilizando programación y luego verificar empíricamente con un grado arbitrario de precisión.

Pero este no es el caso de ámbitos relacionados a las actividades humanas como es el caso del derecho jurídico. En este caso, los argumentos que son utilizados por cualquiera

de las partes en un litigio pueden juzgarse funcionalmente si ganan o pierden el caso. Pueden también evaluarse de manera estética como argumentos buenos o malos, pero no existe un estándar inequívoco para clasificarlos. Frecuentemente pueden existir argumentos válidos a favor o en contra de algunas soluciones, pero la mayoría de las veces no existe una respuesta correcta.

Incluso existen dominios como los que se relacionan con la música y la arquitectura cierto grado de verificabilidad es aún menor. Se pueden determinar algunos argumentos tanto a favor como en contra, pero estos argumentos son necesariamente cualitativos. Otro ejemplo puede ser citado el argumento de Brolin [169] en contra de la arquitectura moderna, en este caso el autor basa argumentación netamente en juicios de valor estéticos, no en métricas cuantitativas o absolutas, y de manera subjetiva se puede concluir que la obra maestra de una persona se convierte en la basura de otro.

2.6.2.1.2. Teorías Formales

Esta característica se refiere a la existencia de teorías formales válidas, como la mecánica newtoniana, como un medio para determinar el resultado de un problema y la verificación del mismo [153]. En Física para que una teoría sea considerada como formal deben validarse sus predicciones de manera empírica, es decir, se describe con precisión todos los fenómenos relevantes. Este es el caso de los físicos que están involucrados en el proceso continuo de formación de teorías y cuyo objetivo final es desarrollar una teoría cohesiva y única que pueda explicar todos los fenómenos físicos.

Para los físicos, no todo puede ser comprobado de manera fácil. Por ejemplo, en el caso de la astrofísica, la verificación empírica es insostenible. En este caso pueden coexistir varias teorías en competencia y si surgen fenómenos comprobables, es posible que alguna de ellas no pueda ser refutada. Tanto en este caso como el descubrimiento científico, la argumentación puede implicar un grado de 'interpretación' que se aproxima al ejemplo citado sobre leyes y derecho.

En ese mismo contexto en derecho y leyes, los abogados participan también en un proceso continuo de estructuración de dominios [170]–[172], pero el objetivo generalmente suele ser prescriptivo y no descriptivo [172], [173]. En este contexto, las teorías jurídicas formales suelen basarse en estatutos o decisiones de casos y prescriben el camino a seguir en un caso específico, pero no necesariamente lo que se debe hacer. Es por ello que este tipo de teorías en el ámbito legal y del derecho se las considera como relativamente específicas y no se espera su generalización en todos los campos jurídicos. Si bien estas prescripciones tienen una base normativa, el problema es que suelen cambiar con el

tiempo. Es por ello que los intentos formales de modelar la estructura de la ley suelen estar en constante cambio y evolución [174].

En consecuencia, se puede determinar que los físicos buscan formalizar teorías de acuerdo a los fenómenos presentes en el universo. Por el contrario, los abogados inventan estas teorías según su necesidad, y suelen evitar algunas teorías por considerarlas demasiado restrictivas. Si bien estas teorías pueden aceptarse [175]–[177], normalmente se utilizan solo para guiar intuiciones no para dictar resultados [164].

2.6.2.1.3. Estructura de Tarea

El dominio del ejemplo citado de la Física como ciencia es en gran medida un dominio descriptivo [153]. En los libros de física, la mayoría de los problemas son similares al problema anterior, entregan ciertos datos y solicitan el cálculo en función a estos datos utilizando una teoría ya formalizada. Por el contrario, los físicos investigadores, buscan formular nuevas teorías que expliquen los fenómenos observados y observar fenómenos que pueden utilizarse para refutar teorías existentes. En el desarrollo de estas dos tareas se requiere de elementos de diseño de tipo ill-defined.

El área del derecho es un dominio tanto analítico pero también de diseño. En esta línea el análisis jurídico incluye determinar qué leyes o teorías son aplicables a la situación actual y qué resultado prescribiría [171], [172], [178]. De esto se desprende que estas tareas sean consideradas como ill-defined, al igual que un diagnóstico médico [163]. El diseño de tareas de derecho y leyes incluye la formación de argumentos que apoyaría o refutaría el análisis para lograr el objetivo deseado. En el citado ejemplo de la arquitectura en donde las tareas de diseño son esenciales, el objetivo es la innovación y no la repetición de diseños anteriores. En este caso las teorías formales pueden utilizarse para enseñar o guiar intuiciones.

2.6.2.1.4. Conceptos de consistencia abierta

La consistencia abierta es considerada como un concepto abstracto tal como ‘vehículo’ y ‘espacio’, conceptos que tienen una indeterminación inherente [179], pero además carecen de una definición absoluta. Estos conceptos son una característica definitoria de las teorías jurídicas [178], [180], [181] y de teorías arquitectónicas como el lenguaje de patrones, en donde se vuelven conflictivos cuando deben aplicarse a elementos específicos.

Aunque la falta de definición absoluta pasa también en Física, debido a que los físicos buscan describir los fenómenos del mundo real. Todavía existen teorías como la energía y

los puntos de tiempo que no se puede probar empíricamente. Pero estos conceptos a su vez sirven de aporte para la definición de fenómenos como los agujeros negros. Entonces, no existe una teoría absoluta, de la misma forma que ocurre en los ejemplos relacionados con derecho y arquitectura, en donde la aplicación de una teoría depende de la aplicación de sus términos [15], [160], [168].

2.6.2.1.5. Subproblemas superpuestos

Para la resolución de problemas puede ser una opción el descomponer un problema determinado en varios subproblemas [162]–[164]. Pero en el caso de problemas de tipo ill-defined, estos no siempre se pueden descomponer en subproblemas que se conviertan en independientes y fáciles de resolver. En el ejemplo citado de la velocidad de vuelo de una golondrina, podemos apoyarnos de conceptos de mecánica newtoniana como la masa de la golondrina o la aceleración que imprime este animal al volar, estos dos valores se los puede calcular de manera independiente, es decir, no se necesita del valor de la masa de la golondrina para poder determinar su aceleración y viceversa.

Como ejemplo antagónico al anterior se puede determinar el problema de diseñar una casa para la golondrina. Este problema lo podríamos dividirlo en varios subproblemas como elegir un sitio en donde construirlo o determinar el tamaño de la casa. Estos subproblemas planteados no son independientes, debido a que el sitio donde se va a construir va a limitar el tamaño de la casa y también desde el punto de vista del tamaño de la casa va a limitar los sitios en donde se puede construir. Por consiguiente la respuesta al primer subproblema directamente constriñe al otro subproblema. Además que ninguno de estos subproblemas puede resolverse sin considerar el efecto que tiene sobre el otro subproblema.

En estos estudios [15], [160], [163], [164], los investigadores han observado que las personas que solucionan este tipo de problemas frecuentemente lo afrontan resolviendo este tipo de subproblemas en paralelo, es decir, a medida que ejecutan un paso para la resolución de un subproblema evalúan en paralelo las limitaciones que causa sobre los demás subproblemas.

En consecuencia, si la descomposición no puede obtener como resultado subproblemas independientes y bien definidos, no se puede determinar si se reduce la complejidad en el problema general.

2.7. Juegos Serios

2.7.1. Juegos

Para entender el alcance y la relevancia del concepto de los juegos serios, vamos a determinar primero lo que implica un juego dentro del campo educativo. Para ello vamos a puntualizar diferentes aspectos y características que describen de mejor manera los juegos.

De acuerdo a Carrión [54], [182], [183], existe una dificultad de concretar una definición integral de lo que es un juego. Este hecho se agrava cuando un juego en vídeo aborda una práctica sociocultural postmoderna, posicionado como un discurso de actualidad y un medio de expresión para alcanzar claves interpretativas con nuevas identidades.

Uno de los pioneros en la definición de juegos es Huizinga quien ya en la década de 1930 [184] afirmaba que el juego es una necesidad inherente al accionar de las personas con significado intrínseco y propósito desinteresado, de modo que la cultura emerge a partir del juego mismo.

En cambio, desde la perspectiva matemática, Suits en su estudio [185] determina que jugar un juego debe intentar alcanzar un estado de cosas, utilizando únicamente las reglas descritas y permitidas y como manifiesta [182]. Esta definición de la década de 1970, pertenece a una época en donde aún no se difundían de manera masiva los videojuegos.

Callois en su libro [186] describe seis características que describen a un juego:

- (1) Libre, en donde jugar no es obligatorio, caso contrario el juego pierde su valioso atractivo de ser considerado divertido.
- (2) Separado, corresponde a que debe ser limitado previamente tanto en espacio y tiempo.
- (3) Incierto, el curso de desarrollo del juego no debe ser determinado previamente, no puede esperarse un resultado de manera anticipada, además puede añadirse innovaciones como parte de la iniciativa del jugador.
- (4) Improductivo, no esperar que mediante el juego se genere bienes, riquezas ni elementos materiales, pero se permite el intercambio de bienes entre jugadores
- (5) Regido por Reglas, las mismas que deben ser establecidas previamente. Estas reglas pueden tener sus excepciones, pero deben ser aceptadas en convención con los jugadores participantes.

- (6) Fantasía, debe considerarse como una especial conciencia de una realidad paralela o una irrealidad libre, no debe relacionarse necesariamente con la vida real.

2.7.2. Juegos Serios

Estas definiciones sin embargo no determinan dos aspectos. El primero se relaciona con la perspectiva digital, es decir, hasta aquí los conceptos netamente se han centrados en juegos que se pueden desarrollar de manera física. El segundo aspecto involucra el tipo de contenido que se desea transmitir, para que un juego o videojuego pueda ser considerado como juego serio [187]–[190].

En la década de 1970 Clark Abt [191] determinó que un juego serio debe contener de manera explícita un propósito educativo. El mismo debe ser planificado y cuidadosamente pensado, en donde la finalidad no sea la diversión. Sin embargo, el propósito serio no debe implicar que un juego serio no deba ser también entretenido. En esta definición propuesta por Clark, todavía no se determina que el juego puede ser digital, debido a que los video juegos para la década señalada todavía no lograron extender su difusión.

Por el contrario Sawyer en su trabajo [192] redefinió el concepto de juegos serios, tomando en cuenta el aspecto digital en la concepción de un juego. Por consiguiente se puede definir como un juego serio a una aplicación informática diseñada y desarrollada por programadores e investigadores industriales, en donde el propósito principal del mismo no es el entretenimiento.

Otra definición que tiene en cuenta el aspecto digital para un juego, corresponde a Zyda Michael en su trabajo [193], quien lo define como una competencia mental que se juega mediante un computador siguiendo reglas específicas y que mediante el entretenimiento que produce, puede promover objetivos de capacitación en aspectos relacionados con educación, salud, política pública y comunicación estratégica; independientemente si el ámbito es de tipo gubernamental o corporativo. Adicionalmente Zyda afirma que la principal diferencia entre un juego serio y un video juego es la pedagogía que se necesita para infundir la instrucción en la experiencia de usuario en el juego.

Marques [194] en su trabajo determina que los juegos serios corresponde a un programa informático utilizado como medio didáctico para apoyar al estudiante a alcanzar los objetivos planteados en el proceso de aprendizaje a través de la pedagogía.

Finalmente Alvarez Julián [195], [196] propone que un juego serio puede ser visto como una aplicación informática en donde su propósito inicial es combinar aspectos serios como la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación o la información, con aspectos lúdicos propios del video juego, mediante la implementación de un escenario pedagógico que a

nivel computacional corresponde a la ejecución de elementos multimedia (audio y video), una narrativa y reglas establecidas.

De acuerdo con los investigadores citados, la mayoría coincide que el propósito de un juego serio no es el entretenimiento por sí mismo. Por el contrario coinciden que el eje debe ser el contenido que se desea transmitir mediante la planificación y desarrollo de un escenario donde se pueda implementar una narrativa acorde a los objetivos pedagógicos de aprendizaje que se desea alcanzar [197]–[199].

Para describir las características que poseen los juegos serios utilizaremos como referencia el framework Design, Play and Experience (Diseño, Juego y Experiencia de Usuario) generalmente conocido como framework DPE [200] que permite agrupar las características comunes de los juegos serios.

2.7.3. Framework Design, Play and Experience

Cómo se puede apreciar en la Figura 2.10, el framework DPE [200] está compuesto de fases y capas que brindan el apoyo necesario para guiar el diseño de una plataforma virtual para ordenar y categorizar elementos esenciales a considerar en la planificación y diseño.

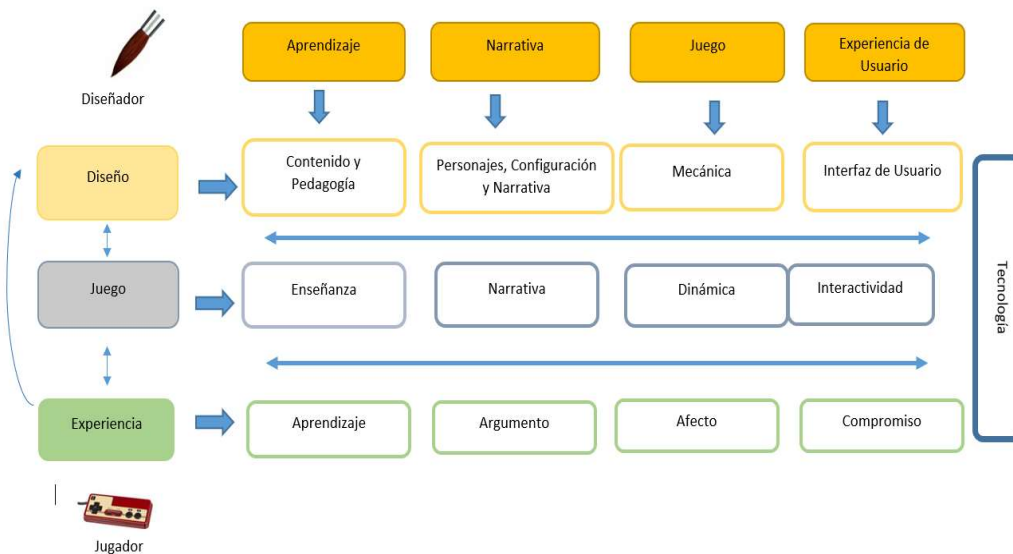


Figura 2.10 Framework DPE

El framework está dividido en tres fases: Diseño del escenario (Design), el juego que el usuario ejecuta con la plataforma (Play) y la Experiencia del usuario luego de jugar con la plataforma (Experience).

En conjunto, el framework DPE determina cuatro capas: Aprendizaje, Narrativa, Juego y Experiencia de Usuario, estas capas deben ser consideradas a lo largo de todo el ciclo del Juego Serio.

2.7.3.1. Capa de Aprendizaje

Mediante esta capa, los diseñadores determinan el contenido que se desea transmitir, el cual puede ser de tipo informativo o de entrenamiento. Además se puede empezar la planificación de metodologías que puedan dar soporte a la información o contenido que se desea que los participantes conozcan e interioricen.

2.7.3.2. Capa Narrativa

En esta capa se debe determinar la narrativa mediante la cual se desea transmitir la información o el contenido deseado. Para esto se debe planificar y diseñar el escenario en donde se desarrolla la narrativa del juego, adicionalmente se determina los personajes y objetos con los que van a tener interacción con el avatar o personaje del usuario.

2.7.3.3. Capa de Juego

Esta capa desarrolla las interacciones que el jugador puede obtener, mediante el escenario y las interacciones con los objetos y demás personajes definidos en la narrativa. Para esto se redefine 3 subcapas: Mecánica, Dinámica y Afecto.

- Subcapa Mecánica. En esta subcapa se determina qué elementos va a contener el escenario del juego para la interacción con el usuario, además se pone en práctica la narrativa planificada en la capa que le antecede.
- Subcapa Dinámica. Se determina la interacción del personaje principal con los diferentes elementos presentes en el escenario, esto incluye la dinámica al cumplir cada una de las actividades planificadas en la narrativa.
- Subcapa Afecto. Mediante esta subcapa se determina la percepción por parte de los usuarios al completar las actividades propuestas, esto puede determinar en un alto grado si se está cumpliendo la finalidad del juego serio.

2.7.3.4. Capa Experiencia de Usuario

Luego que el usuario ha completado las actividades propuestas, de acuerdo con la narrativa definida por los diseñadores del juego, se determinan los aspectos inherentes desde la perspectiva del usuario para optimizar el rendimiento del juego serio y cumplir su finalidad. Para ello se determina tres aspectos: (1) la Interfaz de usuario para que sea el nexo entre el juego serio y el participante, (2) la interactividad que corresponde al grado de

estímulo y respuesta entre el usuario y los elementos determinados por los diseñadores que incluye el escenario, los objetos, personajes y la dinámica entre ellos, y (3) el enganche para determinar un grado equilibrado de dificultad para que no sea demasiado fácil o difícil para el participante.

CAPAS	DISEÑO	JUGAR	EXPERIENCIA
SERIA	Contenido Serio	Enseñanza	Aprendizaje
NARRATIVA	Narrativa, personajes y escenario	Construir narrativa	Historia
GAMIFICACIÓN	Mecánicas	Dinámicas	Afecto
EXPERIENCIA DEL USUARIO	Interfaz Usuario	Interactividad	Enganche

Tabla 2.5. Rediseño Framework DPE según [54], [183]

Carrión [54], [183] ha adaptado el framework DPE para la planificación, diseño y desarrollo de juegos serios correspondientes a su autoría. En su adaptación existen dos cambios significativos: la redefinición de la 'Capa de Aprendizaje' por la 'Capa Seria', y la adición de un elemento de gamificación que consiste en la aplicación de las características de juego en los elementos de video juego, en donde la finalidad no es el entretenimiento, sino promover la motivación y el compromiso. Esta redefinición se lo puede resumir en la Tabla 2.5.

2.7.4. Características de los Juegos Serios

A continuación se presenta características de los juegos serios de acuerdo con las capas del framework de Carrión [182]. Además, se establece una serie de trabajos de juegos serios que se enmarcan en cada una de las capas del framework.

2.7.4.1. Capa de Aprendizaje

Hace referencia a dos aspectos, el contenido a transmitir y la pedagogía que va a contener en este caso el juego serio, se pueden determinar las siguientes características: definición del tema del trabajo, el público hacia quien se desea dirigir el juego, los objetivos de aprendizaje que se desea alcanzar. Además de precisar las evaluaciones centradas en el trabajo, duración de las diferentes actividades propuestas en el juego, el tipo de concurrencia en el juego (individual o colectivo), el género, el propósito y el alcance del juego serio. Finalmente, esta capa debe establecer una correcta distribución de tareas y la

retroalimentación que produce el juego serio. Como finalidad se determina la estimulación de las habilidades de acuerdo con el propósito para el cual es diseñado y construido el juego serio. Los trabajos que apoyan estas características son [193], [200]–[210].

2.7.4.2. Capa Narrativa

Como se determinó en la sección anterior, en esta capa del framework se debe determinar el escenario, los personajes y la narrativa del juego serio. Tiene como características relevantes: el diseño de la historia del juego, los escenarios del juego, los personajes que interactúan con el personaje principal, los movimientos e interacciones del personaje principal con los objetos del juego serio, y la selección del tipo de avatar que el usuario crea conveniente, estas características son apoyadas con los trabajos [193], [200], [201], [204], [205], [207], [209], [211].

2.7.4.3. Capa de Juego

Esta capa comprende los aspectos relacionados con la mecánica y dinámica que debe contener el escenario y sus objetos incluyendo los personajes del juego. Como características importantes de esta capa se puede definir: diseño y desarrollo de técnicas de gamificación, especificación del grado de jugabilidad o la funcionalidad del juego serio, un grado accesible de interacción entre el jugador con el juego en donde puede existir las diferentes recompensas que el jugador puede absorber como confianza, curiosidad, satisfacción, diversión y atracción, los siguientes trabajos encajan en estas características [200], [202], [203], [205], [210]–[217].

2.7.4.4. Capa Experiencia de Usuario

Mediante esta capa se determina el entretenimiento y las sensaciones que produce el juego serio en el usuario. Se resaltan las siguientes características: la estética y tipo de gráficos del juego, visualización de mensajes en el entorno del juego serio, las narraciones ejecutadas, los escenarios y la interacción del personaje principal con el resto de los personajes y con los objetos pertenecientes al entorno del juego serio. Finalmente, en esta capa el juego debe permitir el interés, la inmersión y la concentración por parte del jugador, los trabajos que coinciden con estas características son [200]–[213], [216]–[223].

2.8. Metodología iPlus

La metodología iPlus, es considerada como una metodología genérica y aplicable a cualquier tipo de juego serio debido a su flexibilidad iPlus es susceptible a ser utilizada en diversos ámbitos ofreciendo un gran acoplamiento para poder trabajar de manera paralela con otras metodologías ágiles aprovechando los factores motivacionales planificados y

aplicados a través de la mecánica del juego serio para lograr los objetivos de aprendizaje de manera interactiva [54], [224].

La metodología plantea una fase para determinar los requerimientos, los mismos que son consensuados con la interacción entre expertos y los usuarios finales. Para estos iPlus brinda opciones para generar y seleccionar aportes de manera activa y creativa. Además propone un enfoque colaborativo en donde los diseñadores y los usuarios centran su atención en los requerimientos que el usuario tiene en cada fase del proceso de diseño y desarrollo del juego [224].

Luego de determinar los requerimientos del usuario, el proceso de diseño empieza con la definición del problema tomando en cuenta las necesidades propias de cada juego y los resultados de aprendizaje que se desea alcanzar. Para esto se debe considerar la narrativa [200], los objetivos pedagógicos, el escenario donde se va a desarrollar el juego y el componente lúdico [54].

La metodología iPlus estructura los diferentes elementos que intervienen en un juego serio como: personaje principal, personajes, escenario, objetos propios del escenario con los que interactúa el personaje principal, grado de interacción entre los componentes del escenario, narrativa, objetivos de aprendizaje. Para esto la metodología propone cinco fases para el proceso de planificación, diseño y desarrollo del juego serio.

2.8.1. Fases de Metodología iPlus

Como se puede apreciar en la Figura 2.11, la metodología iPlus consta de cinco fases: Fase de Identificación, Fase de Objetivos Pedagógicos, Fase Guión Lúdico del juego, Fase Gameplay y Fase de Refinamiento. En cada una de estas cinco fases de la metodología iPlus se debe considerar cinco elementos: método, los participantes, herramientas a utilizar, materiales y artefactos [183].

2.8.1.1. Elementos de las fases de la metodología iPlus

Antes de adentrarse en la descripción detallada de cada fase de la metodología, es fundamental examinar y clarificar los elementos esenciales que participan a lo largo del proceso de diseño y desarrollo de los juegos serios. Estos componentes actúan como pilares que sustentan el flujo de trabajo y aseguran que cada etapa de la metodología se integre de manera cohesiva y eficaz. Mediante una comprensión clara de estos elementos, se facilita una implementación más estructurada y dirigida del proceso, permitiendo el cumplimiento de los objetivos establecidos para los juegos serios.

2.8.1.1.1. Método

Como método se puede considerar a la secuencia de las fases del proceso general que permite el diseño y desarrollo del juego serio [19].

2.8.1.1.2. Participantes

Los participantes son aquellos actores que están involucrados en la planificación, diseño, desarrollo e implementación del juego serio, se destacan: participantes expertos y participantes usuarios. Los participantes expertos generalmente son: psicólogos, pedagogos, diseñadores de video juegos, desarrolladores de software, expertos en la temática del video juego. Por otro lado, los participantes usuarios pueden ser: propietarios del producto, usuarios finales y jugadores [19].

2.8.1.1.3. Herramientas

Las herramientas a través de las cuales se apoya la metodología iPlus a lo largo de las etapas para el diseño del juego serio son: modelos, teorías, técnicas, estándares y géneros sobre video juegos. De ellas se pueden citar los siguientes:

- Taxonomía de Bloom: consiste en una herramienta ampliamente difundida que jerarquiza los dominios de aprendizaje, en la metodología iPlus se utiliza como marco referencia para la formulación de los objetivos de aprendizaje que se desea alcanzar por parte del estudiante en función de sus competencias (conocimiento, habilidades y actitudes) [225], [226].
- Teoría del Aprendizaje de las Inteligencias Múltiples: Gardner Howard las define como la capacidad de las personas de diversificar sus habilidades y no reducirlas al resultado de pruebas de inteligencia, su impulsor identifica ocho tipos de inteligencia: lingüística, lógico-matemática, espacial, musical, corporal-kinestésica, intrapersonal, interpersonal y naturalista [227]–[231].
- Brainstorming: consiste en una herramienta diseñada para grupos de personas que necesitan trabajar en conjunto para lograr objetivos en común o solucionar problemas [232]–[234].
- Diagrama de afinidad: también conocido como mapa de afinidad, es una herramienta que permite organizar la información de manera visual. Se lo puede utilizar para organizar ideas, opiniones, temas, datos, problemas y determinar la relación que existe entre los elementos organizados [235], [236].

- Gamificación: proviene del anglicismo game, esta técnica consiste en trasladar aspectos del juego (mecánica, dinámica, elementos) a un contexto serio (educativo o profesional) con el objetivo de obtener mejores resultados en la resolución de problemas específicos [214], [215].
- Gameplay: al igual que el término gamificación proviene del anglicismo game. Esta herramienta centra su atención en el diseño y desarrollo de funcionalidades que se debe implementar en el escenario del juego serio. Estas funcionalidades se asocian directamente a las acciones que se puede ejecutar en un juego serio como: crear, evitar, destruir, elegir, mover, comunicar, disparar, escribir, vocalizar y transformar [237], [238].
- Géneros de Video juegos: esta herramienta apoya a la metodología iPlus en la clasificación del juego serio tomando en cuenta su jugabilidad, para esto se puede tomar en cuenta los aspectos relacionados como: roles, simulaciones, razonamiento, estrategias, acciones ejecutadas, acciones evitadas, narrativa, actividades propuestas [239], [240].

2.8.1.1.4. Materiales

Para el correcto desarrollo de la metodología iPlus se utilizan un conjunto de recursos para apoyar a los participantes en la correcta planificación, diseño, desarrollo e implementación del juego serio, estos son: formulario de identificación para facilitar la ubicación del tipo de participante y su función dentro del diseño, formulario de entrevista utilizado para obtener requerimientos por parte de los usuarios finales, formulario de objetivos pedagógicos para tener en claro las competencias que se desea desarrollar en el jugador, tarjetas gameplay para describir las funcionalidades a ser implementadas, pólits para apoyar con notas rápidas de comunicación en sus distintos colores, bolígrafos multicolores para escribir las respectivas notas de acuerdo con su color [19].

2.8.1.1.5. Artefactos

Los artefactos son los productos que son utilizados tanto de manera directa como indirecta en el desarrollo e implementación del juego serio y pueden ser utilizados de manera indistinta a lo largo de las fases que guían la metodología iPlus. Los artefactos más utilizados son: Gamescript que son documentos correspondientes a la narrativa del juego serio, Gameplay específicamente las mecánicas que guían la jugabilidad en el juego y las User Stories en donde se detalla los aspectos relacionados con las historias de usuario [19].

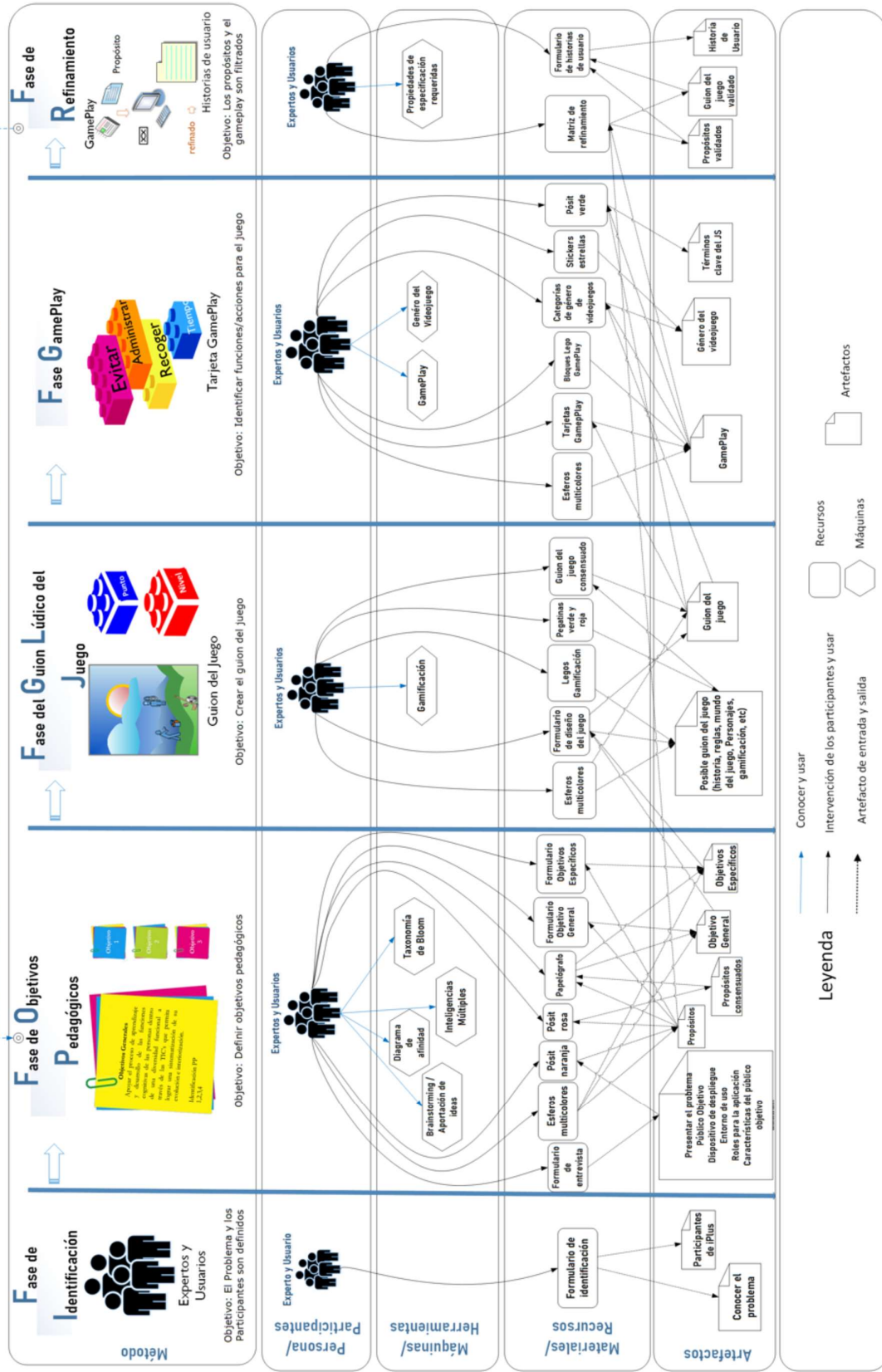


Figura 2.11 Fases de la Metodología iPlus [183]

2.8.1.2. Fase 1: Identificación

En esta fase de diseño el proceso se inicia como en la mayoría de metodologías de desarrollo de software centrando su atención en el propietario del producto (cliente). Es necesario identificar adecuadamente las necesidades y requisitos educativos específicos para la definición del problema general. Por otro lado se requiere la identificación de los participantes que van a intervenir en el proceso de diseño y desarrollo del juego serio para ello se requiere registrar la reunión participativa de trabajo en el formulario de identificación [19].

Los elementos de esta fase son:

- **Método:** el propietario del producto define el problema general a ser resuelto y el requerimiento de identificar a los participantes de la metodología iPlus.
- **Participantes:** En esta fase inicial de identificación de la metodología iPlus, dos actores principales desempeñan roles fundamentales: el facilitador de la metodología y el propietario del producto.
- **Materiales y Recursos:** se requiere el registro en el formulario de identificación para plasmar las necesidades específicas del cliente (persona, institución u organización propietaria del producto). Se registra los datos descriptivos del propietario del producto como nombres completos, rol, correo electrónico, teléfono. Adicionalmente se requiere el modelo de los participantes y se establece la fecha de la reunión de trabajo.
- **Artefactos:** como resultado de esta fase inicial de la metodología son los participantes con su registro.

2.8.1.3. Fase 2: Objetivos Pedagógicos

Esta fase es la continuación de la fase de identificación y tiene su peso en la intervención de la parte experta. Para esto se definen de manera consensuada los objetivos generales y específicos entre el propietario del producto, el experto en la metodología y los expertos pedagógicos (Tabla 2.6). El participante que guía estas actividades es el experto de la metodología y es el encargado de orientar el desarrollo de las actividades evitando interrupciones, desviación o partir de supuestos [19].

Para el diseño del juego serio en esta etapa de la metodología se determina tres etapas: bienvenida, presentaciones y establecimiento de reglas.

- (1) **Bienvenida:** en donde el facilitador experto de la metodología les da la bienvenida a los participantes y realiza una inducción al contexto del proyecto.

- (2) Presentaciones: utilizando una mesa redonda cada participante se identifica e indica su rol y su experticia.
- (3) Establecimiento de reglas de la fase: el experto de la metodología explica los lineamientos que se debe seguir para obtener una participación colaborativa en el diseño del juego serio.

Los elementos de esta fase son:

- Método: el experto en la metodología es el responsable de realizar la inducción en la presentación del juego. Además se encarga de realizar la entrevista al propietario del producto para obtener los requerimientos y comprender el alcance del producto a obtener. Para esto los participantes deben anotar sus ideas en los pósits de color naranja para llevar un registro espontáneo. Luego deben agrupar las ideas individuales mediante un diagrama de afinidad para determinar los propósitos generales consensuados. Para esto el experto pedagógico debe redactar los objetivos generales y específicos registrados y relacionados con los propósitos organizados.
- Participantes: en esta fase deben participar el Facilitador de la metodología iPlus, propietario del producto, participantes de la metodología iPlus como el experto en juegos, desarrollador de software, diseñador gráfico y experto pedagógico.
- Herramientas: en esta fase se deben utilizar las siguientes herramientas: Taxonomía de Bloom [225], [226], Teoría del aprendizaje de inteligencias múltiples [227]–[231], Lluvia de ideas [232]–[234], Diagrama de afinidad [235], [236].
- Materiales y Recursos: durante el proceso de identificación de requerimientos, el uso del Formulario de Entrevista es esencial. Esta herramienta permite la recopilación organizada y detallada de las necesidades de los usuarios. Para aprovechar al máximo este recurso, se aconseja formular preguntas que profundicen en los aspectos clave de la experiencia del usuario. Estas interrogaciones pueden incluir:
 - ¿Qué quiere enseñar con esta aplicación?
 - ¿Nos gustaría que ampliara el problema que presenta en su entorno de trabajo en general?
 - ¿Cuál es el objetivo que quiere que logre la aplicación?

- ¿Quiénes son los usuarios finales del producto final?
- ¿Cuáles son las características de los usuarios finales?
- ¿Qué competencias (habilidades, conocimientos, aptitudes y actitudes) se desea estimular y/o desarrollar?

Al final se debe obtener un documento de especificación que debe contener los detalles del problema a solucionar, caracterización del perfil de usuario y los requerimientos técnicos que el desarrollador lo debe tener presente.

Otros materiales que se utilizan son: bolígrafos multicolores para identificar a cada participante en esta fase, Pósits de color naranja para anotar las ideas que se obtienen en la entrevista del propietario del producto y de color rosado para escribir las ideas o propósitos generalizados permitiendo agrupar ideas individuales, adicionalmente papelógrafo para desarrollar los diagramas de afinidad.

Finalmente se requiere de dos tipos de formularios, uno para registrar el objetivo general que describe la idea central de lo que se espera lograr al finalizar el trabajo y otro formulario para determinar los objetivos específicos donde se describirá los procesos para lograr el objetivo general. Para ello los objetivos específicos se debe deducir del objetivo general y se debe relacionar con las ideas y propósitos.

ELEMENTOS
Descripción del problema
Tema de enseñanza
Objetivos de aprendizaje
Público objetivo
Edad público objetivo
Características público objetivo
Competencias para desarrollarse
Tipo de juego
Entorno de uso
Dispositivo para visualizar el juego
Información que se visualizará
Roles

Tabla 2.6. Elementos principales obtenidos del formulario de entrevista

Artefactos: los artefactos producto de la presente fase son dos: la descripción de necesidades y limitaciones y la segunda corresponde a la determinación de objetivos pedagógicos.

2.8.1.4. Fase 3: Guión Lúdico del Juego

El objetivo primordial de la presente fase corresponde al desarrollo y elaboración del documento denominado 'Documento de diseño del juego' [19] que se basa en los requerimientos obtenidos por parte del propietario del producto. Para ello se requiere la participación conjunta de expertos y usuarios para determinar la planificación y diseño de posibles escenarios para el juego serio. Los participantes se reúnen con el propietario del producto para definir y consensuan para filtrar ideas. Para esto es clave la participación del diseñador del juego en la creación de un guión que se vaya refinando hasta obtener una versión que sea un consenso por el resto de los participantes. El guión debe contener los siguientes elementos:

- Narrativa: comprende la historia que debe existir detrás del objetivo de aprendizaje y es considerado como el componente de entretenimiento que detalla los eventos o situaciones en el mundo del juego.
- Contenido de aprendizaje: corresponde a las competencias que el propietario del producto quiere transmitir a través de la ejecución del juego serio. Para esto las competencias son conocimientos, habilidades y actitudes a ser desarrolladas por parte de los usuarios finales.
- Personajes principales: son los objetos que el jugador puede controlar directamente en el juego serio, estos objetos pueden ser: personas, avatares, animales u objetos en 2 o 3 dimensiones.
- Reglas del juego: son las normas mediante las cuales se debe regir las acciones e interacciones de los jugadores dentro de los distintos escenarios de juego pertenecientes al entorno virtual.
- Mundos de juego: se refiere a los múltiples escenarios que se implementan en el juego serio.
- Elementos multimedia: corresponde a los medios que se utilizan para establecer una comunicación entre las acciones realizadas en el escenario del juego y el jugador, en donde su función es orientar sobre la información para superar los desafíos implementados en el juego serio en diferentes formatos como video, sonido y texto.

- Técnicas de gamificación: son los mecanismos o elementos que motivan la participación de los usuarios en el juego serio, con la finalidad de asegurar el compromiso de los jugadores a largo plazo. Estos elementos pueden ser puntaje, niveles o tablas de clasificación implementados en el juego serio.

Se considera dos pasos previos para el desarrollo de la fase, la introducción y la familiarización de los componentes del juego.

- Introducción: el experto de la metodología realiza una inducción de los aspectos relevantes como las reglas y actividades que se debe cumplir en esta fase.
- Familiarización de los componentes de diseño del Juego Serio: como parte de la inducción se presentan los elementos de gamificación que pueden ser considerados en el proceso de diseño y desarrollo del juego serio.

Los elementos de esta fase son:

- Método: se define la función del juego en base al objetivo general determinado en la fase 2 de la metodología, para esto se conceptualizan los diferentes escenarios que pueden contener el juego con el aporte en voz alta de los participantes. El propietario del producto es el encargado de discernir las mejores propuestas para el guión del juego de acuerdo con su criterio. Luego de esto, se debe llegar a un acuerdo entre el propietario del producto y los participantes para determinar la versión final del guión del juego. Finalmente se considera el resto de los insumos como la narrativa, el contenido de aprendizaje, personajes tanto principales como secundarios, reglas de juego, escenarios de los mundos virtuales, elementos multimedia y elementos de gamificación.
- Participantes: en esta fase participan todos: propietario del producto, expertos de diseño de video juegos, expertos en desarrollo de software, expertos pedagógicos, psicólogos, usuarios finales (gamers).
- Herramientas: esta fase se apoya en un alto grado de la gamificación [214], [215] con el establecimiento de niveles, puntaje a obtener, tablas de clasificación, premios e insignias, desafíos, personalización del avatar.
- Materiales: los materiales que se utilizan en esta fase son: Formulario de Diseño del Juego para visualizar el diseño de los elementos que lo conforman, bolígrafos multicolor para la identificación de cada participante iPlus, piezas legos para diseñar las mecánicas del juego, pegatinas de color verde para

aprobar las ideas y de color rojo para descartar las ideas, Guión del juego consensuados en el formato previo para la creación del artefacto final.

- Artefactos: en esta fase se obtiene como un producto la versión final del Guión Lúdico del Juego.

2.8.1.5. Fase 4: GamePlay

En esta fase de la metodología iPlus tiene como finalidad la especificación de las funciones y acciones que se ejecutarán conforme al producto obtenido en la fase anterior. El término GamePlay [237], [238] determina las acciones que ejecuta el jugador al interactuar con el video juego, las más comunes son: saltar, recoger, crear, evadir, elegir, mover, escribir, disparar y administrar. En esta fase el diseñador del video juego se convierte en el participante más importante y se debe obtener como producto de esta fase las tarjetas GamePlay, el género del vídeo juego [239], [240] (rol, aventura, simulación razonamiento, acción o estrategia) y los términos clave que nos permitirán nombrar al juego serio [19].

En esta fase se incrementa dos pasos previos a los de la fase anterior, estos son:

- Introducción: el experto de la metodología iPlus explica las actividades que se van a realizar en esta fase.
- Familiarización con Legos GamePlay: se realiza una inducción con apoyo de los legos para el diseño y desarrollo de las funcionalidades del juego.
- Presentación de las reglas de la fase GamePlay: en este paso se desarrolla la aplicación de las normas que va a guiar para el desarrollo de las actividades presentes en esta fase.
- GamePlay: en este paso previo de debe esbozar de manera creativa las tarjetas gameplay.

Los elementos propios de esta fase son:

- Método: el experto de la metodología determina y guía las actividades a desarrollarse. Para ello los participantes utilizan los bloques organizados de las tarjetas GamePlay para visualizar las funciones del juego serio tomando como base el guión lúdico desarrollado en la fase anterior. Como resultado de esta fase son las tarjetas GamePlay que deben ser presentadas con un elemento multimedia que corresponde a un audio con la explicación para identificar ideas complementarias. Finalmente el facilitador de la metodología explica los tipos de video juegos disponibles para que los participantes puedan seleccionar el

género apropiado con la asesoría del diseñador de juego y utilizando la técnica Brainstorming [232]–[234] en donde el objetivo es generar términos clave para consensuar un nombre para el juego serio [19].

- Participantes: en la presente fase se considera la colaboración de todos los participantes.
- Herramientas: para el desarrollo de la fase se requiere de los legos GamePlay [237], [238] y de los Géneros de video juegos [239], [240].
- Materiales: Bolígrafos multicolor para la identificación a cada participante, Bloques lego GamePlay para considerar los posibles escenarios del mundo del juego, Tarjetas GamePlay que son utilizados en el diseño de las mecánicas de interacción entre el jugador principal y los objetos presentes en el juego serio, Géneros de video juegos para encajar el tipo de juego de acuerdo a sus características, Stickers tipo estrella para lograr un consenso mediante la votación por el género adecuado y finalmente los pósits de color verde para registrar los términos clave con relación al contexto del juego serio.
- Artefactos: como producto de la presente fase son tres: las tarjetas GamePlay que describen las mecánicas del juego, Género de video juegos para determinar el género del juego y los términos clave para definir el nombre del juego serio.

2.8.1.6. Fase 5: Refinamiento

Corresponde a la fase final de la metodología iPlus y el objetivo primordial es la validación de cada uno de los requerimientos en función de cada característica que debe tener el juego serio. Luego se debe filtrar las tarjetas GamePlus para evitar elementos redundantes o aquellos que se sean descartados en la implementación del juego serio. Para esto utilizamos la matriz de refinamiento que cumple con las especificaciones requeridas por la norma ISO [241]–[243]. Se debe tomar en cuenta que las responsabilidades de las actividades que se deben ejecutar en esta fase son competencia del desarrollador de software y del propietario del producto. Finalmente el resultado de esta fase son las historias de usuario que deben estar en concordancia con los objetivos determinados en la fase dos de la metodología, en donde el propietario del producto es el encargado de validar y aprobar cada historia de usuario [19].

En esta fase solo se determina un paso previo que pertenece al refinamiento para esto se debe validar de manera minuciosa los requerimientos utilizando la matriz de refinamiento en la depuración de propósitos y funcionalidades.

Los elementos de esta fase son:

- Método: el procedimiento de esta fase empieza con la elaboración de la matriz de refinamiento de los requerimientos establecidos, además se debe verificar las tarjetas GamePlay y los propósitos definidos en la segunda fase. Esto con la finalidad de garantizar que se los pueda implementar en el juego serio diseñado. Paralelamente se deben generar las respectivas historias de usuario para que posteriormente el desarrollador las valide en una reunión con el propietario del producto.
- Participantes: en el desarrollo y ejecución de las actividades de esta fase deben estar presentes el propietario del producto y el desarrollador de software.
- Herramientas: corresponde la validación de los requerimientos que deben cumplir con las características determinadas en [242], [243], que son descritas a continuación:
 - Necesario, que define como esencial para evitar una deficiencia que afecte al conjunto de parámetros requeridos al ser excluidos.
 - Apropiado, que determina que el requerimiento es relevante al nivel de cada entidad correspondiente.
 - Sin ambigüedades, un requerimiento sin ambigüedades es aquel que está formulado de tal manera que existe una sola interpretación posible.
 - Completo, esta característica establece que el requerimiento debe ser descriptivo para comprender la condición.
 - Singular, determina que el requerimiento establece una sola característica independientemente si necesita de múltiples condiciones para su cumplimiento.
 - Factible, establece que el requerimiento se pueda implementar en el juego, para esto el nivel de riesgo debe ser aceptable tomando en cuenta las limitaciones del entorno y del sistema.
 - Verificable, implica que el requerimiento debe ser examinado utilizando como herramienta los casos de prueba en desarrollo de software.
 - Correcto, un requerimiento correcto es aquel que refleja con precisión lo que el usuario final realmente necesita.

- Conforme, esta es la última característica y determina que el requerimiento se debe ajustar a un estilo o plantilla.
- Materiales y Recursos: establece la utilización de dos materiales, la matriz de refinamiento y el formulario de historias de usuario, detallados a continuación:
 - Matriz de refinamiento, es utilizada para la validación de propósitos y funcionalidades determinados para el juego serio, la matriz comprende un conjunto de interrogantes basadas en la norma ISO [242], [243], para esto se debe completar los requerimientos de manera previa para contestar a las siguientes preguntas:
 - ¿Son claras las necesidades, no hay ambigüedad?
 - ¿Los requisitos representan las necesidades reales del cliente?
 - ¿Son apropiados los requisitos, están dentro del alcance del proyecto?
 - ¿Los requisitos son factibles de cumplir a pesar de las limitaciones del sistema?
 - ¿Las necesidades son verificables a través de casos de prueba?
 - La matriz de refinamiento se complementa con las funcionalidades establecidas en las tarjetas GamePlay. Por otro lado, las siguientes interrogantes permiten la validación de la funcionalidad del juego serio tomando como base satisfacer las necesidades del usuario final:
 - ¿El diseño funcional del juego se ajusta al formato de la tarjeta GamePlay?
 - ¿Las tarjetas GamePlay están completas, incluyen legos GamePlay?
 - ¿Hay sinergia entre el guión lúdico del juego y la tarjeta GamePlay?
 - ¿Es apropiado para el diseño del juego serio definido?
 - ¿La tarjeta GamePlay está relacionada con la funcionalidad que necesita el cliente, según su alcance? ¿Es correcto?
 - ¿Es verificable la tarjeta GamePlay?

- Formulario de historias de usuarios: apoyan al desarrollador de software en la especificación de las historias de usuarios, útiles como entrada para las metodologías de desarrollo de software.
- Artefactos: como artefacto de salida de la fase final, constan las historias de usuario que luego servirán como entrada en el desarrollo del juego serio.

2.8.2. Metamodelo de la Metodología iPlus

El núcleo del metamodelo de la metodología iPlus se basa en las definiciones propuestas por Zyda Michael [193], quien manifiesta en su trabajo que los elementos importantes de un video serio son el video juego con sus respectivos componentes narrativos como historia, arte, software y el contenido pedagógico. Por otro lado, Carrión [19] añade a estos componentes los conceptos de gamificación, jugabilidad, género y participantes.

El metamodelo de la metodología iPlus se puede apreciar en la Figura 2.12, de donde se puede desprender la clase Juego serio que corresponde al desarrollo de una historia por intermedio de una clase denominada Clase Guión Lúdico. Esta clase contiene la narrativa, el contenido de aprendizaje, los personajes, los mundos del juego, las reglas y los elementos de gamificación en su respectiva 'Clase Gamificacion'. Además, corresponde la clasificación del juego en un género a través de la 'Clase GeneroVideoJuego', adicionalmente se debe establecer las mecánicas de jugabilidad en su 'Clase Gameplay' que contiene las acciones que se debe implementar en el escenario del juego.

La 'Clase GamePlayRefinado' contiene además de la clase GamePlay, el contenido de las tarjetas de jugabilidad o tarjetas GamePlay y la evolución de la clase GamePlay mejoradas a través de la matriz de refinamiento para satisfacer las necesidades del propietario del producto.

En adición se encuentran las clases que involucran a los participantes de la metodología iPlus corresponde a la 'Clase Participante', los usuarios expertos en diferentes áreas del conocimiento corresponden a la 'Clase Experto', los usuarios finales son agrupados en la 'Clase UsuarioFinal', los diseñadores del juego serio que participaron en las reuniones de trabajo se enmarcan en la 'Clase Reunion' y el facilitador de la metodología en la 'Clase Facilitador'.

Finalmente se debe considerar las clases relacionadas con los objetivos, para esto la clase que determina los objetivos pedagógicos para que el juego serio tenga fines educativos se enmarca en la 'Clase ObjetivosPedagogicos' e incluye: los objetivos pedagógicos generales en la 'Clase ObjetivoGeneral', los objetivos pedagógicos

específicos dentro de la 'Clase ObjetivoEspecifico', además del objetivo general se desprende los propósitos que son encajados en la 'Clase Propósito'. Estos propósitos deben ser consensuados entre los correspondientes participantes hasta determinar la 'Clase PropositoAcordado' y mejorado a través de la respectiva matriz de refinamiento en la 'Clase PropositoRefinado', de los propósitos se desprenden las historias de usuarios que son utilizadas como entrada en cualquier metodología de desarrollo en la 'Clase HistoriaDeUsuario'.

A continuación se presenta el metamodelo de la metodología iPlus.

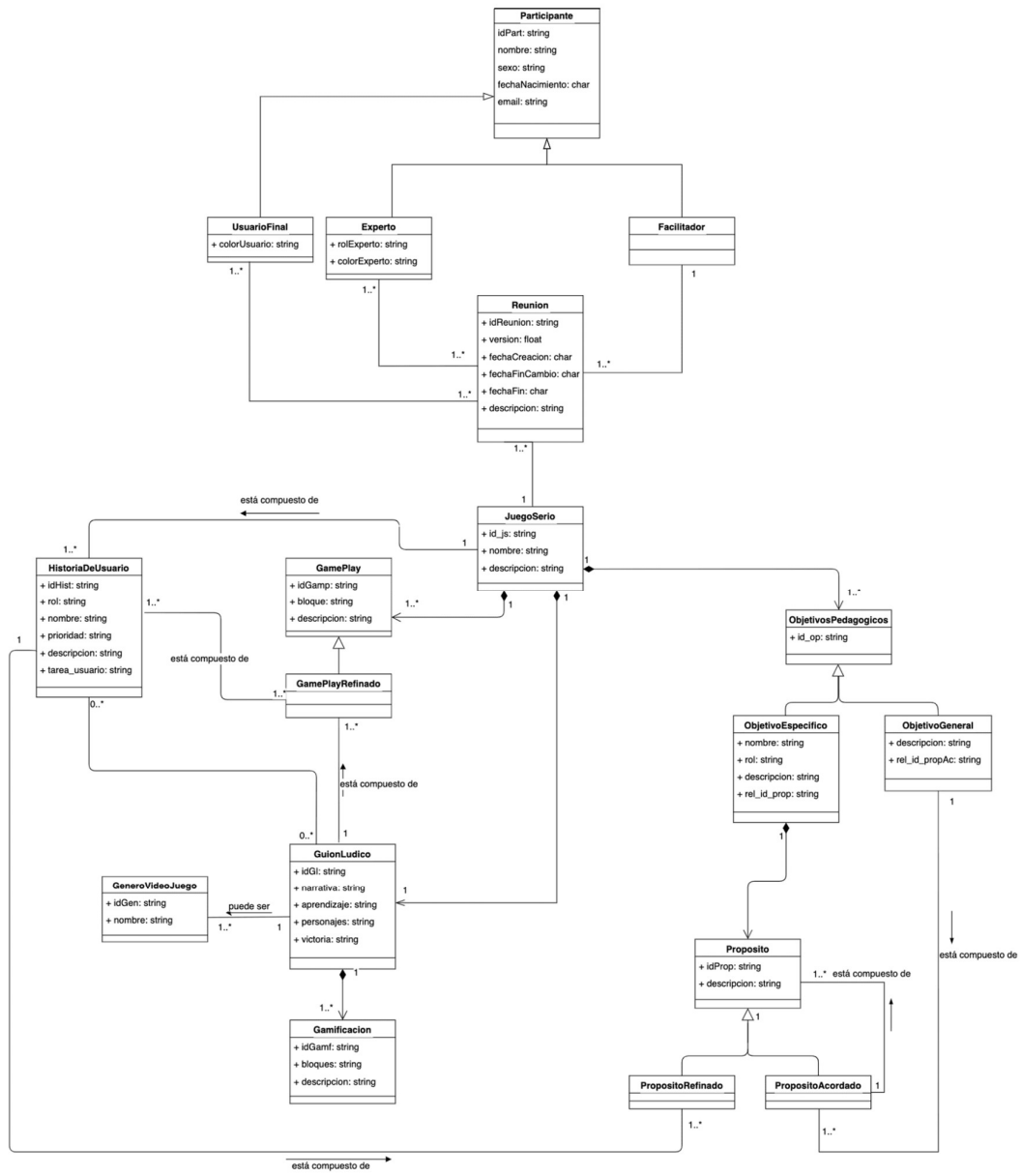


Figura 2.12. Metamodelo Metodología iPlus [183].

2.9. Resumen del Capítulo

En relación con los dos tipos de problemas revisados en este capítulo, de acuerdo con el alcance de nuestro trabajo de investigación se va a hacer énfasis en problemas ill-defined [49]. Los problemas de este tipo se enmarcan en las siguientes características: (1) dominios que tienen problemas con varias soluciones discutibles y sin ningún procedimiento claro para evaluar la solución propuesta, (2) dominios que no tienen una información clara o una teoría de dominio completa para determinar el resultado de un problema y probar la validez de la solución, (3) dominios en donde las tareas implican el diseño de nuevos artefactos o el análisis de información incompleta y potencialmente incorrecta sobre un entorno cambiante para la toma de decisiones, (4) dominios que incorporan conceptos abstractos que son parcialmente indeterminados o no tienen una definición absoluta, y finalmente (5) dominios que incluyen problemas complejos que no pueden dividirse en subproblemas pequeños e independientes que se convierta en fáciles de resolver.

Además de los tipos de problemas, en este capítulo se han revisado algunas definiciones sobre lo concerniente a juegos y juegos serios. Estos se diferencian principalmente por su finalidad. Así, los juegos serios incorporan de manera imperiosa una necesidad de transmitir conocimiento a través de una narrativa, apoyándose de elementos multimedia que soporten el proceso para el logro de objetivos de aprendizaje en ámbitos: educativos, de salud, política pública y comunicación estratégica.

Se realiza una exhaustiva Revisión Sistemática de Literatura con el objetivo de identificar las características relevantes y necesarias de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA). Para ello, se combinó la metodología de Kitchenham con la metodología iKeyCriteria, propuesta por Carrión. Este enfoque metodológico integrado permitió una identificación detallada y precisa de las características esenciales que deben poseer los EVA, proporcionando una base sólida para el desarrollo y la optimización de estas plataformas educativas.

En el marco de juegos serios, en este capítulo se presentó el framework DPE (Design, Play and Experience), en donde por intermedio de sus cuatro capas (Aprendizaje, Narrativa, Juego y Experiencia del Usuario) y sus tres fases (Diseño, Juego y Experiencia) se determinan los lineamientos para el diseño de un juego serio. Con la descripción del framework DPE, se procedió a determinar cada una de las características más relevantes en cada una de las cuatro capas definidas (Aprendizaje, Narrativa, Juego y Experiencia del Usuario). Luego se presentaron trabajos relacionados que encajan en las características descritas de cada capa perteneciente al framework DPE.

Finalmente se realiza una descripción de cada una de las cinco fases de la metodología iPlus, una metodología lúdica enfocada en el usuario para el desarrollo de un juego serio. La primera fase de la metodología se denomina de Identificación, en donde el propietario del producto define sus requerimientos y necesidades para identificar el problema general a ser resuelto. Además, en esta fase se deben definir los participantes necesarios para el diseño del juego serio en las siguientes etapas. La segunda fase se denomina Objetivos Pedagógicos y en ella debe definir, de manera participativa y consensuada, los objetivos generales y específicos con la asesoría del experto pedagógico. La tercera fase corresponde a la creación de Guión Lúdico del Juego, cuyo objetivo es la redacción del Documento de diseño del juego tomando en cuenta las necesidades y requisitos del propietario del producto y con el apoyo del diseñador del juego y los expertos en las diferentes áreas de conocimiento. La siguiente fase se denomina GamePlay que maneja como objetivo primordial la especificación de las funciones y acciones y bajo los lineamientos especificados en el guión del juego, obteniendo como resultado 3 artefactos: (1) la identificación del género del video juego, (2) las tarjetas GamePlay, y (3) términos clave para definir el nombre del juego. La quinta y última fase corresponde a la fase de Refinamiento en donde el desarrollador de software desarrolla la matriz de refinamiento para validar los requerimientos, asegurando que sean ejecutables en el juego serio. Esto desemboca en la redacción de las historias de usuario que permitirán que el propietario del producto las pueda validar como artefacto de la fase final.

Capítulo 3: Metodología

Este capítulo expone la investigación utilizando la metodología de Investigación de Ciencia del Diseño (DSR, por sus siglas en inglés). Se establece un marco experimental que se describe y se desarrolla a través de la creación y evolución de diversos artefactos. Estos han sido fundamentales para avanzar en la investigación y han culminado en el diseño de una arquitectura destinada a resolver problemas mal definidos relacionados con el cableado estructurado.

3.1. Metodología Design Science Research

El paradigma de la metodología Design Science Research (DSR), fundamentado en los conceptos descritos por Simon [244], se origina en la ingeniería y las ciencias de lo artificial. Se caracteriza por su enfoque primordial en la resolución de problemas, mejorando el conocimiento humano a través del diseño y desarrollo de artefactos innovadores que ofrecen soluciones a desafíos del mundo real [245]. Dada su amplia aplicabilidad, DSR ha capturado un gran interés, particularmente por su capacidad de impulsar la innovación en organizaciones y contribuir a la transformación sostenible de las sociedades [246], [247].

El objetivo principal de DSR es extender los límites de las capacidades humanas mediante la creación de nuevos y sobre todo, innovadores artefactos, que incluyen constructos, modelos, métodos e instanciaciones [245], [248]. Además, busca generar conocimiento sobre cómo los procesos o entidades deben ser construidos, a menudo mediante acción humana, para alcanzar objetivos determinados.

DSR se establece como un paradigma investigativo esencial para diversas áreas como la ingeniería, arquitectura, negocios, economía y disciplinas vinculadas con la Tecnología de la Información, enfocándose en el desarrollo de soluciones originales para problemas significativos de diseño [245], [248].

3.1.1. Fases del Proceso de Investigación de Ciencia de Diseño.

El enfoque para determinar el proceso de Solución de DSR se ha fundamentado en diversos modelos, como los citados por los trabajos [249]–[251]. Sin embargo, el modelo más ampliamente reconocido es el propuesto por Peffers [252].

El esquema metodológico de Ciencias del Diseño se representa en la Figura 3.1, detallando una secuencia de seis etapas: la identificación y motivación del problema, la definición de los objetivos de una solución, el diseño y desarrollo, la demostración, la

evaluación y la comunicación. A continuación, se procede a describir minuciosamente cada fase de DSR.

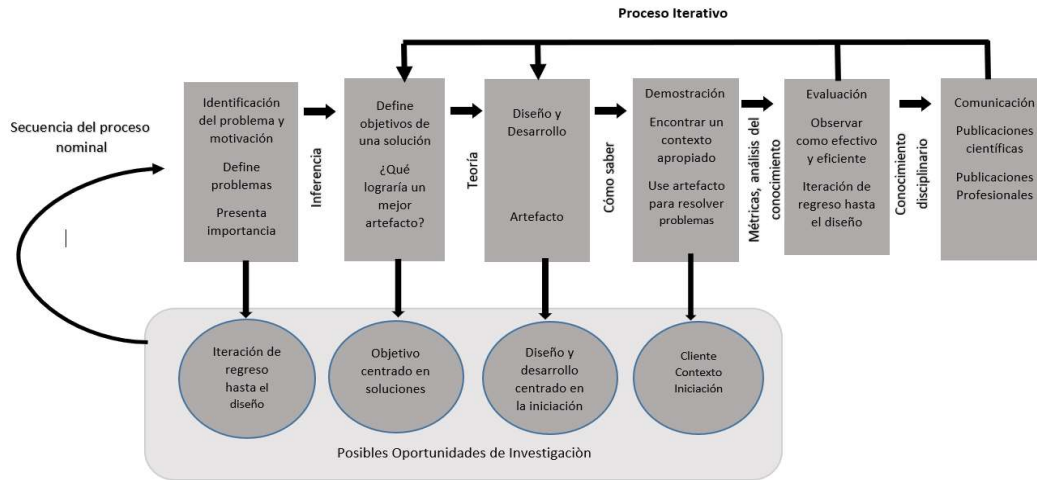


Figura 3.1 Fases Design Science Research [252]

Además, se indica en la Figura 3.1 que la adaptación del Design Science Research (DSR) propuesta por Peffers [252], presenta cuatro posibles puntos de entrada: Iniciación centrada en el problema, solución centrada en el objetivo, punto de inicio centrado en el diseño y desarrollo, e iniciación en el contexto o cliente. Estos puntos de entrada actúan como vínculos que permiten que el proceso de desarrollo a través de DSR se transforme en un ciclo iterativo.

3.1.1.1. Identificación y motivación del problema

Dentro de la etapa de Identificación y motivación del problema, se requiere la definición precisa del problema de investigación y la validación de la importancia de encontrar una solución. Esta validación busca cumplir dos propósitos: primero, motivar tanto al investigador como al público objetivo de la investigación a buscar una solución, y segundo, facilitar que la audiencia comprenda la perspectiva del investigador sobre el problema [251], [252]. Los recursos esenciales para llevar a cabo esta fase incluyen el conocimiento detallado del problema en cuestión y la relevancia de hallar una solución.

3.1.1.2. Definición de los objetivos de una solución

En la fase de Definición de los objetivos de una solución, se derivan los objetivos necesarios para la resolución a partir de la definición y motivación del problema, junto con el entendimiento de su viabilidad y factibilidad [251], [252]. Estos objetivos pueden ser

cuantitativos, permitiendo establecer los aspectos en los cuales una solución deseable superaría la situación actual, o cualitativos, por ejemplo, describiendo cómo se espera que un nuevo artefacto resuelva problemas previamente no abordados. Estos objetivos deben ser deducidos de manera lógica a partir de la especificación del problema.

3.1.1.3. Diseño y desarrollo

En la etapa de Diseño y desarrollo, se procede al desarrollo de un artefacto. En el contexto de DSR, un artefacto puede referirse a cualquier objeto diseñado que incorpore una contribución investigativa en su creación. Es fundamental incluir la actividad que define la funcionalidad deseada del artefacto, así como su arquitectura, mediante la conceptualización de un prototipo que servirá de base para continuar con la creación del artefacto definitivo [251], [252].

3.1.1.4. Demostración

En la etapa de Demostración, se requiere la presentación del artefacto creado en la fase previa, siendo crucial que dicho artefacto resuelva una o más situaciones problemáticas específicas. Para lograr esto, es fundamental considerar su utilización en diversos contextos, como experimentos, simulaciones, estudios de caso o pruebas adecuadas [251], [252].

3.1.1.5. Evaluación

Durante la Etapa de Evaluación, se busca evaluar el nivel de éxito que el artefacto ofrece al menos en una solución del problema planteado. Esta evaluación implica comparar los objetivos planteados con los resultados obtenidos al aplicar el artefacto en situaciones reales. Dependiendo de la naturaleza, contexto y entorno del problema y el artefacto, la evaluación puede adoptar múltiples enfoques. Al final de este proceso, los investigadores pueden optar por regresar a la fase de Diseño y Desarrollo para mejorar la efectividad del artefacto o continuar con la etapa de comunicación, reservando posibles mejoras para futuras investigaciones [251], [252].

3.1.1.6. Comunicación

La fase de Comunicación se encarga de transmitir todos los aspectos relacionados con el problema y el artefacto creado a las partes interesadas y relevantes. Para lograrlo, es crucial determinar las formas idóneas de comunicación de acuerdo con los objetivos de investigación y el perfil de la audiencia, incluyendo a los expertos de la industria [251], [252].

3.2. Marco Experimental

Para el marco del presente trabajo de doctorado, se aplica como metodología principal Ciencia del Diseño a través del desarrollo de varios artefactos que ha permitido la evolución de manera iterativa para diseñar la propuesta deseada que implica obtener una contribución en la arquitectura MAEVIF para la resolución de problemas de tipo ill-defined, para esto también se cuenta con la participación de diversos actores, interesados y expertos en las áreas de conocimiento como: informática, cableado estructurado, pedagogía y educación en general.

3.2.1. Aproximación a la Metodología DSR

La investigación actual se alinea con la metodología Design Science Research o Ciencia del Diseño, al centrarse en el desarrollo de varios artefactos. Estos artefactos son Entornos Virtuales de Aprendizaje en tres dimensiones, concebidos específicamente para abordar problemas clasificados como ill-defined (Figura 3.2).

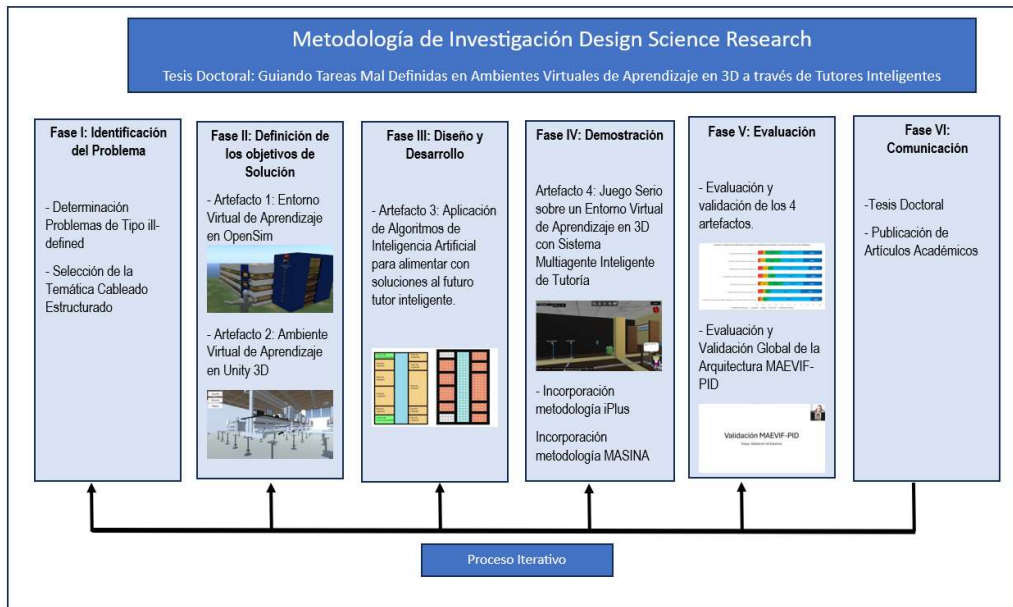


Figura 3.2 Marco Experimental: Metodología Design Science Research

En el contexto de este estudio, se han desarrollado cuatro artefactos diferentes. Cada uno de ellos será analizado en profundidad a través de las distintas fases de DSR, ilustrando el proceso iterativo aplicado en su diseño y desarrollo. Esta metodología iterativa ha permitido una evolución constante de los artefactos, dirigida a la consecución de soluciones efectivas para problemas ill-defined dentro de la esfera del Cableado Estructurado.

Además, la metodología DSR es altamente apropiada para esta investigación por varias razones adicionales. Es ampliamente utilizada en el campo de la ingeniería y se destaca por su enfoque principal en la resolución de problemas, lo que facilita la mejora del conocimiento humano mediante el diseño de artefactos innovadores.

La elección del Cableado Estructurado como temática no es aleatoria; se debe a que proporciona un contexto ideal para abordar problemas ill-defined, debido a las tareas específicas que implica, las cuales se ajustan de manera precisa a los desafíos que presenta este tipo de problemas. Los detalles específicos de cada artefacto y su contribución a la solución del problema serán explicados en las fases correspondientes de la metodología DSR.

A continuación, se presentan las fases de la metodología DSR, delineando el proceso iterativo utilizado para el desarrollo de los diversos artefactos que han sido fundamentales en el progreso de esta investigación.

3.3. Etapa I DSR: Identificación y motivación del problema

A lo largo de las revisiones sistemáticas de literatura realizadas en el contexto de esta tesis doctoral, se ha constatado la ausencia de soluciones específicas para problemas ill-defined en el ámbito de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVAs) en tres dimensiones. Esta identificación subraya la necesidad urgente a la que se pretende responder: la creación de un artefacto que contribuya significativamente al conocimiento existente.

El artefacto proyectado es un EVA3D que integra un tutor inteligente diseñado para guiar a los estudiantes a través de tareas orientadas a la resolución de problemas ill-defined, empleando una temática particular. Esta temática no solo facilita la aplicación específica del aprendizaje, sino que también propone modificar y enriquecer la existente arquitectura MAEVIF, actualmente estructurada para abordar problemas bien definidos en entornos tridimensionales virtuales.

Con esta contribución, se busca no solo apoyar a los estudiantes en la resolución efectiva de problemas ill-defined mediante recursos digitales avanzados, sino también ampliar el cuerpo teórico y práctico de conocimiento con respecto a la funcionalidad y el diseño de los EVAs, especialmente en lo que respecta a problemas complejos que requieren una orientación y soporte educacional especializado y adaptable.

Para elaborar el contenido del artefacto, se utiliza la metodología iPlus, que se selecciona por su naturaleza genérica y su capacidad de adaptarse a cualquier contexto que requiera el desarrollo de una narrativa para la creación y expansión de un juego serio.

Esta metodología también permite la integración paralela con otras metodologías; en este caso, se combina con la arquitectura MAEVIF para sugerir cambios y adaptaciones destinados a la gestión de problemas ill-defined, aprovechando su notable flexibilidad. Además, para el desarrollo del cuarto artefacto, se requiere implementar una metodología específica para Sistemas Multiagentes, dada la naturaleza del artefacto y la arquitectura MAEVIF que estipula la ejecución simultánea de múltiples agentes, este y todos los artefactos se encuentran a detalle en cada una de las etapas de la presente metodología DSR.

3.4. Etapa II DSR: Identificación de los Objetivos de la Solución

En esta etapa de la investigación, es fundamental identificar los objetivos clave para la construcción de los artefactos que permitirán contribuir al conocimiento mediante el diseño de una arquitectura innovadora. El propósito principal es desarrollar un marco teórico que facilite el tratamiento de problemas de tipo ill-defined (mal definidos).

Para alcanzar este objetivo, a lo largo del estudio y desarrollo de la presente tesis, se han generado un total de cuatro artefactos distintos. Cada uno de estos artefactos ha sido diseñado con un propósito específico, orientado a resolver un aspecto particular del problema y a avanzar en la comprensión y solución de problemas complejos. De esta manera, cada artefacto ha aportado de manera significativa al conocimiento necesario para proponer una arquitectura robusta y efectiva en el tratamiento de problemas ill-defined

Además, se debe seleccionar la temática para la representación tanto de los problemas de tipo ill-defined y de las tareas que ayuden a representar estos problemas para que el estudiante desarrolle las actividades planteadas con la finalidad de buscar y encontrar una solución a estos tipos de problemas.

Durante la construcción de varios artefactos se va determinando de forma iterativa nuevas oportunidades para desarrollarlos y contribuir a la arquitectura MAEVIF para el planteamiento de problemas de tipo ill-defined.

3.4.1. Selección de la temática

Se ha seleccionado la temática de Cableado Estructurado, debido a que esta selección proporciona un contexto ideal para el planteamiento de problemas de tipo ill-defined que los estudiantes pueden resolver con la asistencia de un tutor inteligente en un Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones (EVA3D).

La complejidad del Cableado Estructurado permite exponer a los estudiantes a problemas que no cuentan con una única solución o que pueden tener varias soluciones

equivalentes, fomentando así un aprendizaje profundo y reflexivo. Para ilustrar esta aplicación, se propone el desarrollo de dos ejemplos específicos de problemas ill-defined.

Caso I: El primer escenario implica determinar la ubicación óptima de un rack de comunicaciones en un laboratorio de computación. Para abordar este problema, se debe desarrollar un artefacto dentro de un EVA3D que represente en tres dimensiones el mencionado laboratorio. La solución óptima para la ubicación del rack de comunicaciones dependerá de varios factores, como el número de puntos de red a implementar en el laboratorio y la ubicación de estos puntos de red. El desafío se centra en definir la construcción de la infraestructura de red, lo cual plantea varias incógnitas:

- ¿Cuál será la ruta óptima que debería conectar todos los puntos de red con el rack de comunicaciones?
- ¿Dónde deberían ubicarse los puntos de red dentro del laboratorio?
- ¿La estructura del cableado debería ser instalada en el piso falso o en el techo falso del edificio?
- ¿En qué paredes del laboratorio deberían colocarse los elementos para la conexión del cableado estructurado?

Estos interrogantes reflejan la naturaleza ill-defined del problema y subrayan la necesidad de un enfoque flexible y crítico por parte de los estudiantes, guiados por un tutor inteligente dentro del EVA3D diseñado para este propósito.

Caso II: El segundo caso aborda otro escenario representativo de problemas ill-defined dentro de la temática de Cableado Estructurado, focalizado en la ubicación óptima del datacenter o cuarto de comunicaciones. Este problema se complejiza debido a la necesidad de considerar múltiples variables relacionadas con la infraestructura de un edificio destinado a albergar diversos laboratorios de computación.

Número de laboratorios: Es crucial determinar cuántos laboratorios de computación se planea implementar dentro del edificio. Esta decisión impactará directamente en la necesidad de recursos y en el diseño general del cableado estructurado.

Distribución de los laboratorios: A diferencia de una distribución que podría limitarse a un único piso, los laboratorios pueden estar ubicados en varios niveles del edificio. Esto introduce una dimensión adicional de complejidad en la planificación del cableado, ya que afecta la longitud y la ruta del cableado necesario para conectividad óptima.

Ubicación de los racks de comunicaciones: Cada laboratorio poseerá un rack de comunicaciones, que actúa como el hub principal para ese espacio particular. La ubicación de estos racks debe ser estratégicamente planificada para optimizar la conectividad con el backbone central del cableado estructurado del edificio, para el planteamiento de este problema se debe formular las siguientes interrogantes claves del diseño del problema de tipo ill-defined:

- ¿Cuántos laboratorios de computación decide incluir el estudiante en su diseño?
- ¿Están estos laboratorios preparados con su propio cableado estructurado interno ya implementado, o necesita ser diseñado desde cero?
- ¿En qué parte de cada laboratorio está situado el rack de comunicaciones, y cómo influirá esto en la conexión al sistema central de cableado del edificio?
- ¿Cómo se distribuyen los laboratorios en relación con el plano horizontal del edificio?
- ¿Cómo están distribuidos verticalmente los laboratorios a lo largo de los pisos del edificio?

Este conjunto de preguntas subraya la naturaleza ill-defined del problema, donde puede haber múltiples respuestas correctas o equivalentes, dependiendo de cómo cada uno de estos factores se maneje durante el diseño. Resolver estos problemas exige un enfoque cimentado en el análisis meticuloso y la evaluación crítica, habilidades que se fomentan efectivamente a través del uso de un EVA3D con tutor inteligente, que guía a los estudiantes a través del proceso de toma de decisiones y les permite experimentar con diferentes configuraciones de manera virtual antes de llegar a una conclusión.

A través de estos dos casos prácticos, se ilustra cómo se pueden plantear problemas de tipo ill-defined, lo cual fundamenta la elección de la temática de Cableado Estructurado. Esta área no solo brinda situaciones complejas y multifacéticas para el análisis y la resolución de problemas, sino que también desafía a los estudiantes a aplicar conocimientos teóricos en escenarios que exigen una planificación estratégica y decisiones críticas bajo condiciones de incertidumbre y variabilidad.

3.4.2. Diseño y desarrollo de artefactos preliminares

Para comprender mejor la mecánica, dinámica y funcionamiento de los Entornos Virtuales de Aprendizaje en tres dimensiones (EVA3D), así como las tecnologías esenciales para su diseño y desarrollo, y especialmente aquellos factores invisibles que influyen en la creación de un artefacto con un Tutor Inteligente para lidiar con problemas

ill-defined, se han creado dos artefactos preliminares. Cada uno de estos artefactos aborda aspectos críticos del proceso y sienta las bases para futuras expansiones y refinamientos de manera iterativa de acuerdo con la metodología DSR. A continuación se detallan estos dos primeros artefactos.

3.4.3. Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim

En el transcurso de esta iniciativa, se planteó la creación, desarrollo e implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje en Tres Dimensiones (EVA3D) concebido para la enseñanza especializada de cableado estructurado en el ámbito de las ciencias informáticas.

El artefacto virtual desarrollado [253] representa la estructura física a escala de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional, situada en la ciudad de Quito, Ecuador. Antes de acceder, el estudiante debe registrar una cuenta de usuario en un sitio web específico, como se muestra en la Figura 3.3. Posteriormente, se requerirá que instale en su computadora un navegador compatible con mundos virtuales, que incluye opciones como Hippo OpenSim Viewer [254], Kokua Viewer [255] y Singularity Viewer [256] a partir de su versión 1925.

En el desarrollo de este innovador artefacto, se empleó la plataforma OpenSimulator [257]. Para lograrlo, se llevó a cabo una exploración detallada de la metodología de desarrollo de software con el fin de garantizar la viabilidad del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), basándose en su ciclo de desarrollo y entregables. La concepción de este proyecto se materializó mediante el framework DPE (Design Play and Experience) [200], [258]. Este marco conceptual establece claramente la interacción entre dos actores fundamentales: el diseñador y el participante del juego educativo. A continuación, se expondrán los elementos relativos al diseño del videojuego, el proceso de aprendizaje, la configuración y la retroalimentación generada por la experiencia del usuario.



Figura 3.3. Página de inicio del Artefacto desarrollado en la plataforma OpenSim

.Siguiendo las pautas mencionadas previamente, se procederá a describir de manera detallada el contenido del presente artefacto de acuerdo con las diversas capas del framework DPE:

3.4.3.1. Capa Aprendizaje

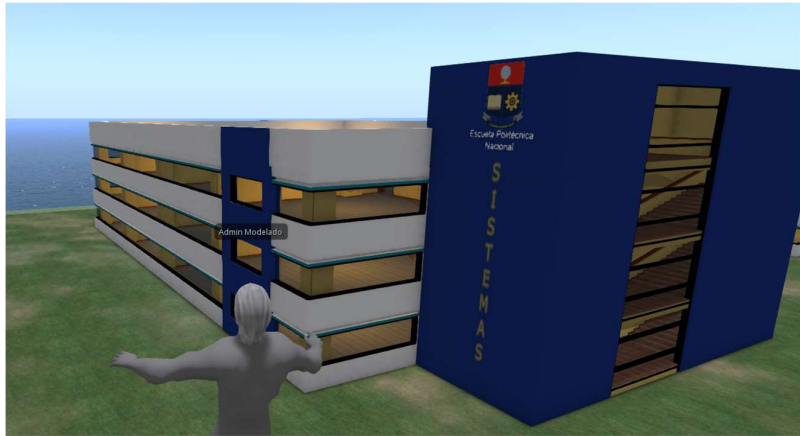


Figura 3.4. Edificio virtualizado de la facultad de Ingeniería de Sistemas en la plataforma OpenSim

En la fase de aprendizaje, se delimitaron los conocimientos a ser impartidos a través del entorno virtual de la Facultad de Ingeniería de Sistemas (Figura 3.4), centrándose en la temática de Cableado Estructurado desde una perspectiva práctica. Dentro del entorno virtual, se presentan conceptos básicos de cableado estructurado, como:

- Se establece que la conexión no puede extenderse a más de 100 metros.
- El avatar seleccionado por el estudiante debe mantener una distancia mínima de 35 cm entre cualquier cableado de datos estructurado y los cables eléctricos en todo el edificio de la facultad.
- Se instruye a evitar curvaturas cerradas menores a 90° para preservar la integridad del cable de datos.

Adicionalmente, en esta etapa se definieron elementos del entorno con los que el jugador puede interactuar, con el objetivo de ser diseñados e implementados en el juego. Estos elementos deben estar en conformidad con los estándares establecidos en el campo del cableado estructurado.

3.4.3.2. Capa Narrativa

A través de la capa narrativa, se ha construido un escenario envolvente que sirve como vehículo para la transmisión efectiva de los conceptos clave relacionados con el cableado estructurado en acción. Este entorno virtual se ambienta específicamente en la Facultad de Ingeniería de Sistemas, detallando meticulosamente tanto los laboratorios como las oficinas de los docentes, lo que brinda una representación vívida y realista.

Al delinear esta capa narrativa, se han perfilado los protagonistas encargados de guiar la experiencia educativa: el avatar del estudiante y el avatar del profesor. Estos personajes cobran vida dentro de este entorno interactivo, cumpliendo roles específicos para enriquecer la narrativa y la experiencia de aprendizaje.

Además, se ha considerado minuciosamente el inventario de objetos que estos personajes virtuales podrán manipular, enfocándose en elementos claves como cajetines RJ-45, gabinetes de comunicación, computadoras, escritorios especializados, canaletas de diversas funciones y estaciones de trabajo diseñadas para simular entornos reales. Estos objetos han sido cuidadosamente integrados en el escenario virtual, como se ilustra detalladamente en la Figura 3.5.

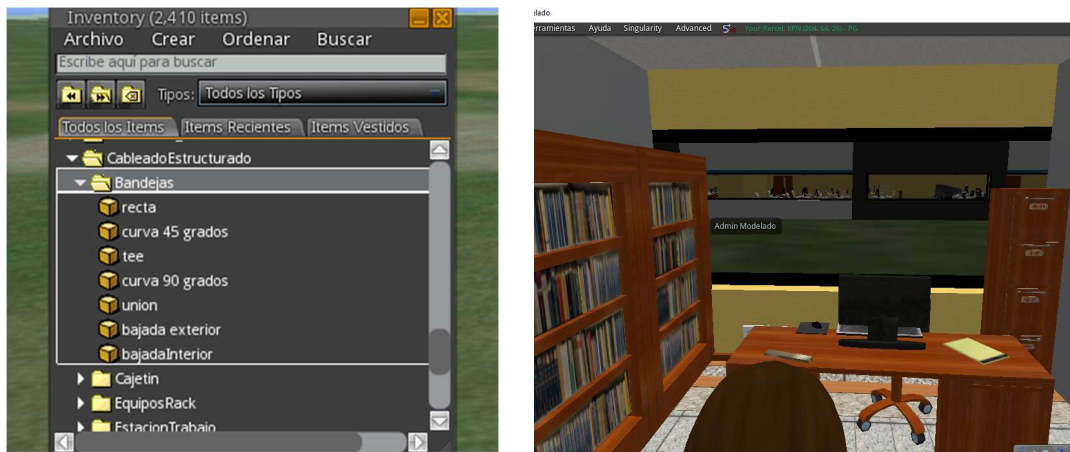


Figura 3.5. Escenas del EVA3D. A la izquierda, la ilustración de los objetos disponibles en el inventario y a la derecha, objetos presentes en el escenario.

3.4.3.3. Capa de Juego

En la capa de Juego, se han desarrollado las interacciones entre los personajes, tanto el docente como el estudiante, con los objetos que forman parte del escenario virtual como se visualiza en la Figura 3.6, en donde se han definido dos niveles de interacción detallados a continuación:

El primer nivel de interacción se ha diseñado para que el estudiante realice una inducción inicial con una duración de aproximadamente 20 a 30 minutos, guiado por el avatar del docente a través de un recorrido por la infraestructura del edificio de la facultad en el entorno virtual. Durante este recorrido, el docente tutor llevará a cabo diversas acciones, entre las que se incluyen desplazamientos por el edificio, apertura y cierre de puertas, control de la iluminación de los laboratorios y otros espacios, manipulación de objetos en el escenario, utilización de efectos para destacar elementos como ductos de cableado o paredes transparentes, determinación de la ubicación precisa de los objetos, eliminación de elementos innecesarios y guía sobre el acceso e implementación de objetos del inventario por parte del estudiante en el ambiente virtual.

En el segundo nivel de interacción, el avatar del estudiante asume un papel protagónico tras la fase de inducción y tour virtual. En esta etapa, el docente plantea al estudiante actividades para verificar la asimilación de los conocimientos básicos, que pueden incluir:

- Implementación de un laboratorio de computación conforme a las normas de cableado estructurado. El estudiante, a través de su avatar, podrá acceder a los objetos del inventario para configurar el escenario solicitado, incluyendo elementos como computadoras, escritorios, cajetines RJ-45 y canaletas.

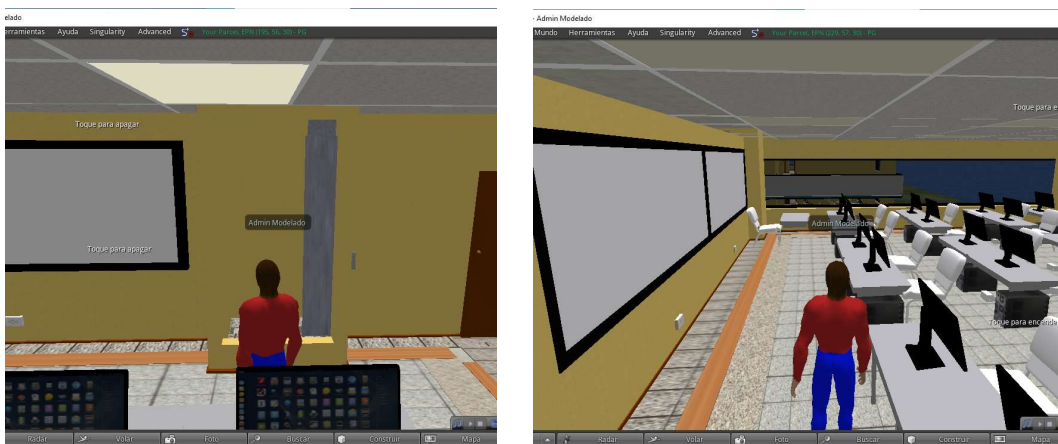


Figura 3.6. Escenas del EVA3D. A la izquierda, la ilustración de la construcción del sistema de cableado estructurado mediante canaletas, a la derecha la implementación de un laboratorio de computación.

- Creación de una estructura de cableado estructurado utilizando canaletas para establecer la conexión entre los puntos de red necesarios en el edificio. Esto

implica enlazar computadoras de diversas áreas, desde oficinas administrativas hasta laboratorios, siguiendo los requerimientos de red especificados. El estudiante podrá utilizar elementos como canaletas, cajetines RJ-45 y uniones con distintos ángulos.

- Diseño y construcción del datacenter del edificio aplicando las directrices de cableado estructurado. Para esta tarea, el estudiante podrá emplear gabinetes de comunicación, equipos de red como switches o routers, y cajetines RJ-45 del inventario virtual.
- Planteamiento de la creación de una oficina para un funcionario administrativo o un docente, incluyendo la disposición de computadoras, escritorios y otros elementos esenciales. El estudiante podrá seleccionar objetos como computadoras de escritorio, portátiles, cajetines RJ-45 y demás mobiliario necesario.

Al finalizar el tiempo asignado para las actividades, el docente revisará el cumplimiento de los hitos establecidos y validará la correcta aplicación de las normas y estándares de cableado estructurado. En este contexto, el docente sigue siendo humano, y sus interacciones servirán como base para futuros desarrollos que puedan incluir un tutor inteligente.

3.4.3.4. Capa Experiencia de Usuario

En la Capa Experiencia de Usuario, una vez que se ha concretado la narrativa diseñada por los creadores del juego serio, se ha definido un sistema de retroalimentación que considera la perspectiva del jugador en tres dimensiones clave:

- La interfaz de interacción entre los usuarios y el juego serio se ha establecido a través de un navegador de mundos virtuales, específicamente Singularity Viewer, reconocido por su estabilidad al conectarse y mantener la comunicación con el servidor OpenSimulator. Esta elección se destaca en la Figura 3.7, lado izquierdo.
- Se ha trabajado en la interactividad del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), que abarca tanto modalidades multiusuario (entre estudiantes y estudiante-docente) como interacciones de usuario único, especialmente al manejar el avatar del estudiante en relación con los objetos presentes en el escenario, como se muestra en la Figura 3.7, lado derecho, y con los elementos del inventario.

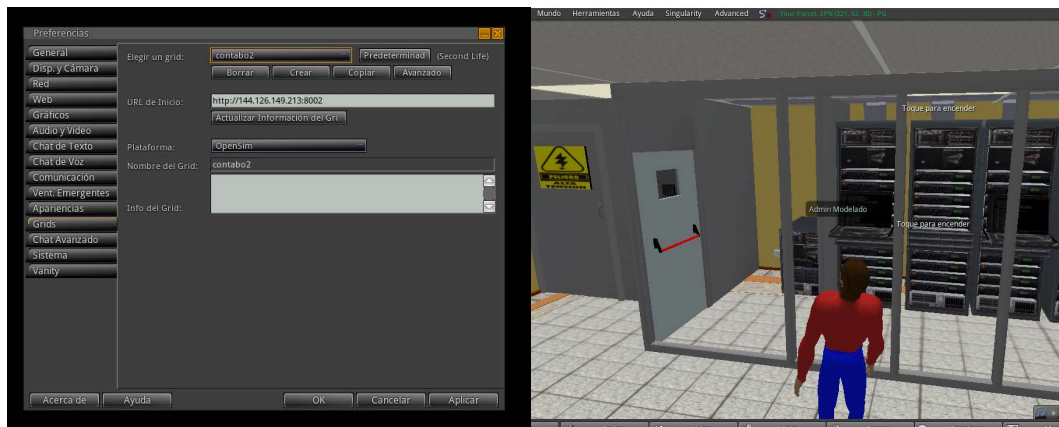


Figura 3.7. Experiencia de Usuario. A la izquierda, la ilustración de la conexión con la interfaz del EVA3D y a la derecha la interactividad del avatar con el escenario.

- El tercer aspecto crucial se enfoca en el nivel de desafío adaptado para los estudiantes. Se ha buscado establecer un equilibrio favorable de dificultad con límites definidos, tanto superiores como inferiores, garantizando que el juego no resulte ni demasiado fácil ni imposible de completar. Se ha evitado la deserción al mismo tiempo que se ha procurado que el juego no se vuelva monótono debido a la facilidad de las actividades propuestas. Este equilibrio es esencial para mantener el interés y compromiso del jugador a lo largo de la experiencia de aprendizaje.

3.4.3.5. Análisis y Resultados del Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim

En el artefacto 1 se puede desprender el análisis y los resultados obtenidos, en donde se plantean aspectos relevantes que se pueden resumir en los siguientes puntos importantes detallados a continuación:

Se destaca el logro de representar en tres dimensiones el edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Politécnica Nacional con una fidelidad visual notablemente cercana a la realidad, marcando un hito significativo en la representación del entorno físico.

Además, se ha iniciado la exploración de la temática de cableado estructurado en el entorno virtual 3D (EVA3D), abordando aspectos como la definición precisa de distancias de conexión y curvaturas permitidas en la implementación del cableado, lo cual constituye un avance relevante.

Sin embargo, se enfrentaron limitaciones en la manipulación de objetos dentro del EVA3D al utilizar la herramienta OpenSimulator, dificultando la interacción directa del avatar del estudiante con dichos objetos. Para superar este desafío, será crucial considerar la migración hacia una plataforma que permita una manipulación más efectiva y directa.

Otra limitación identificada radica en la dificultad para representar tareas relacionadas con la resolución de problemas de tipo ill-defined, debido a las restricciones presentes en OpenSimulator en el contexto del desarrollo de EVA3D.

Se plantea como tarea pendiente la validación del framework DPE, ya que las restricciones presentes en OpenSimulator impiden determinar un nivel adecuado de adaptación para permitir una interacción precisa y detallada entre el avatar y los objetos dentro del entorno virtual.

Para abordar estas limitaciones y avanzar en el conocimiento, se propone desarrollar un segundo artefacto con el objetivo de aportar significativamente a la arquitectura MAEVIF y la resolución efectiva de problemas ill-defined.

3.4.4. Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D

En el segundo artefacto se llevó a cabo la virtualización de los laboratorios de computación correspondientes a la carrera de Ingeniería de Tecnologías de la Información de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. El objetivo una vez más fue comprender las necesidades de un tutor que ayude a los estudiantes a abordar problemas mal definidos, con la posterior meta de automatizar esta tutoría a través de un tutor inteligente.

La metodología principal empleada para el diseño e implementación del entorno virtual 3D como juego serio fue el framework DPE [200]. La finalidad de la virtualización de los laboratorios de computación es proporcionar a los estudiantes una comprensión más profunda en cuanto al diseño e implementación del cableado estructurado de los laboratorios completos, así como de la disposición y función del data center responsable de gestionar las conexiones de red en dichos laboratorios.

El desarrollo del juego serio siguió los principios de la metodología ágil de desarrollo de software Scrum [259]–[264], reconocida por su flexibilidad y adaptabilidad en la creación de juegos serios en entornos virtuales en 3D, lo que se reflejó en la implementación de cuatro sprints de desarrollo.

Las herramientas utilizadas en el proceso de desarrollo incluyeron: en primer lugar, el motor de juegos Unity 3D [265] para el diseño y desarrollo del EVA3D como escenario, el

cual se diferencia de la plataforma OpenSim al no requerir un visor de mundos virtuales para acceder al juego serio. En segundo lugar, para la construcción y modelado de objetos con sus texturas asociadas, se empleó la suite de herramientas Blender [266], reconocida por su calidad en el modelado de objetos y la fidelidad de sus resultados con la realidad.

La descripción detallada de este artefacto se realizará siguiendo las directrices de cada una de las capas del framework DPE, que se presenta a continuación:

3.4.4.1. Capa Aprendizaje

En la Capa de Aprendizaje, el Entorno Virtual 3D se ha centrado en la transmisión de conocimientos relacionados con la estructura del cableado estructurado en el ámbito de las redes de computadoras, específicamente en los laboratorios de computación de la sede universitaria. El enfoque principal ha sido proporcionar una representación detallada de dos espacios físicos: primero, la organización del cableado estructurado en los laboratorios, que en la realidad permanece oculto dentro de la infraestructura de ingeniería civil; y segundo, el datacenter o sala de comunicaciones encargada de la gestión de aspectos críticos del flujo de información de la institución. Estos entornos virtualizados se pueden apreciar en la Figura 3.8.



Figura 3.8. Capa Aprendizaje, escenario virtualizado para transmitir los conocimientos de cableado estructurado

La virtualización de estos espacios ha adquirido una importancia significativa debido a las limitaciones impuestas en Ecuador por la pandemia de COVID-19, que ha impedido que los estudiantes tengan clases presenciales durante más de 2 años. Como resultado, los alumnos carecían de familiaridad con la infraestructura de red de los laboratorios. Incluso durante la experimentación, un grupo de estudiantes continuaba con la modalidad

de clases virtuales en los años 2022 y 2023, siguiendo las directrices de la Resolución No. 2022-069 del H. Consejo Universitario de la institución [267], en donde fue implementado el presente artefacto.

En esta etapa, se ha adoptado el framework DPE como la metodología guía para el desarrollo del juego serio en formato EVA3D, destacando su versatilidad y adecuación al artefacto en cuestión. Asimismo, se ha empleado la metodología ágil Scrum [259]–[264], para la creación del software, con un enfoque en interacciones incrementales a lo largo de cuatro sprints para culminar con el desarrollo del juego serio.

3.4.4.2. Capa Narrativa

En la Capa Narrativa, el framework DPE ha sido crucial para dar vida al escenario mediante el potente motor de juegos Unity [265], permitiendo la representación detallada de los laboratorios de computación y el estratégico cuarto de comunicaciones de la infraestructura de sistemas de comunicaciones.

La Figura 3.9, ofrece una visión de la creación del escenario, donde el modelado en Blender [266] en el lado izquierdo ilustra la estructura exterior de los laboratorios de computación. Por otro lado, el lado derecho de la figura muestra el detallado modelado de los objetos esenciales en el entorno, incluyendo computadoras, mesas de trabajo, sillas y demás elementos característicos de los laboratorios de computación. Esta cuidadosa construcción permitirá a los estudiantes sumergirse en un entorno virtual rico y realista, impulsando así su experiencia de aprendizaje de manera significativa.

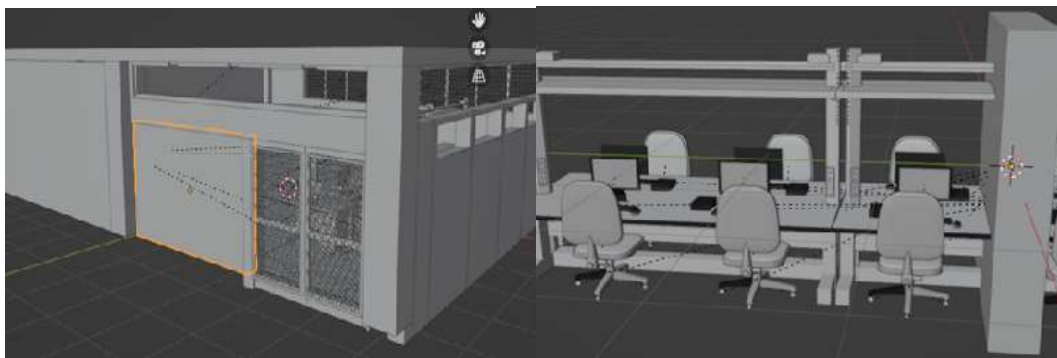


Figura 3.9. Capa Narrativa. A la izquierda, la ilustración del modelado de la estructura externa de la sección de laboratorios, a la derecha el modelado de los objetos internos de los laboratorios de computación.

Para lograr este resultado, fue necesario modelar minuciosamente cada objeto presente en el escenario de manera individual. Posteriormente, se ensamblaron estas piezas individuales en las estructuras tanto internas como externas, tal como se puede apreciar en la representación de los laboratorios de computación. Una vez completado este paso, se procedió a texturizar cada objeto con el objetivo de alcanzar un alto nivel de realismo y semejanza con los objetos en el mundo real.

Además, un aspecto crucial fue la definición de los personajes. En este caso, se optó por un único avatar como personaje principal, quien será el encargado de guiar tanto la mecánica como la dinámica del juego serio. A través de este avatar, el estudiante podrá interactuar con el escenario y sus objetos de manera inmersiva. Se descartó la posibilidad de trabajar en un entorno multi jugador a raíz de la experiencia previa con el primer artefacto, ya que se encontró que los jugadores obtuvieron mejores resultados a través de un enfoque individualizado.

3.4.4.3. Capa de Juego

La Capa de Juego, dentro del framework DPE [200] del EVA3D, se centra en el diseño de las interacciones que conforman la mecánica y dinámica del juego serio. Se decidió que el personaje principal fuera colocado frente a los cuatro laboratorios de computación en el inicio del juego, permitiéndole al avatar adentrarse en cada uno de los laboratorios para interactuar con los objetos presentes, como computadoras, mesas, sillas y proyectores.

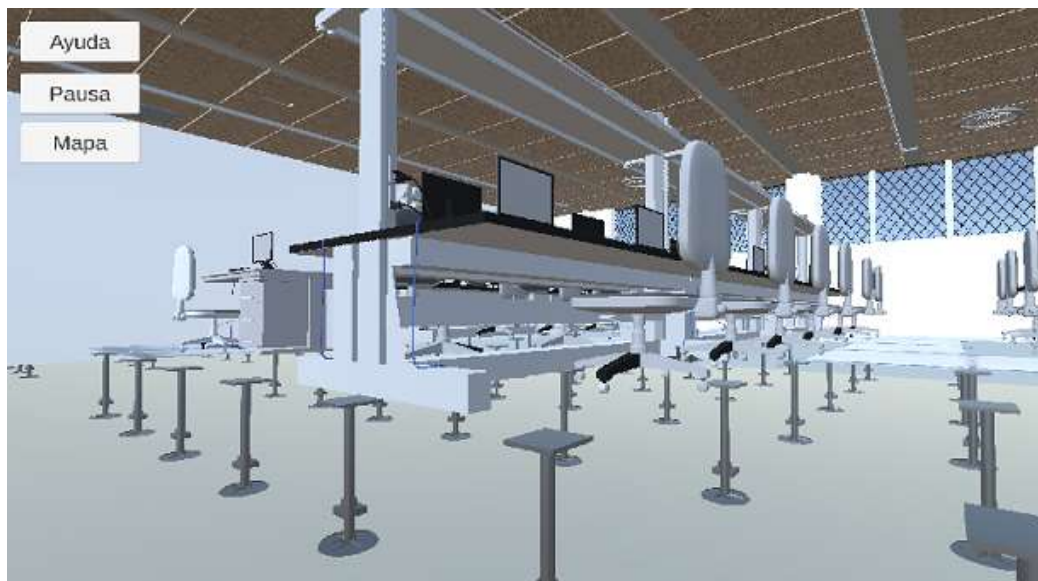


Figura 3.10. Capa de Juego, establecimiento e implementación de la mecánica y dinámica del juego serio.

Además de las mecánicas básicas del juego, se implementó la dinámica que permite al jugador hacer desaparecer las paredes y el piso falso de los laboratorios utilizando un efecto especial. Este efecto fue diseñado para mostrar la infraestructura de cableado estructurado en el interior de los laboratorios, un aspecto que no sería posible observar en la realidad, donde el piso es estático. Esta interesante función se puede apreciar en la Figura 3.10.

Otro enfoque en la mecánica y dinámica del juego se centra en el área que alberga el data center del campus, un espacio al que usualmente no se puede acceder por motivos de seguridad y limitaciones físicas. A través del EVA3D, los estudiantes tendrán la oportunidad de explorar este espacio de manera virtual, sin comprometer la seguridad asociada con el acceso real a estas instalaciones.

3.4.4.4. Capa Experiencia de Usuario

La Capa de Experiencia de Usuario desempeña un papel crucial al brindar retroalimentación desde la perspectiva del jugador del EVA3D, enfocándose en los siguientes aspectos clave:

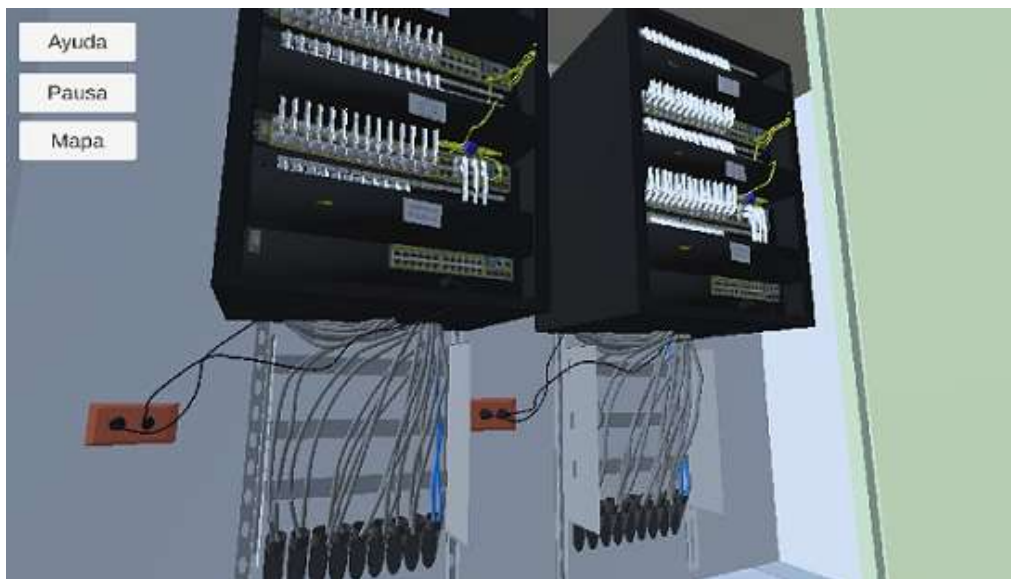


Figura 3.11. Capa Experiencia de Usuario, escenario correspondiente al datacenter del campus universitario.

En cuanto a la interfaz entre el usuario y el EVA3D, el uso del sistema simplemente requiere el archivo ejecutable que inicia el motor de juegos Unity, el cual puede ser compilado para distintos sistemas operativos como Windows, Linux y MacOS. Este archivo

ejecutable incluye las rutinas de conexión a la base de datos donde se registran las acciones realizadas por el avatar del estudiante.

En cuanto a la interactividad, este juego serio permite la interacción de un único usuario en una instancia de ejecución, aunque es posible ejecutar varias instancias de usuario de manera simultánea. Durante la sesión de ejecución, el avatar del estudiante puede interactuar con el escenario y los objetos presentes, incluyendo la capacidad de activar un efecto especial para ocultar las paredes y los pisos falsos en ciertas zonas de los laboratorios. Al finalizar la sesión, el docente puede evaluar el nivel de conocimiento adquirido sobre la infraestructura de red de los laboratorios de computación y los elementos del data center, como se ilustra en la Figura 3.11.

3.4.4.5. Análisis y resultado del Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D

Después del diseño y desarrollo del Artefacto 2, se han llevado a cabo análisis cruciales sobre su uso y desempeño:

Un aspecto destacado es el uso del motor de juegos Unity 3D para el diseño, desarrollo e implementación del EVA3D, el cual ha cumplido satisfactoriamente con las necesidades de la investigación. Unity ofrece un nivel avanzado de detalles en la manipulación de objetos dentro del EVA3D, además de facilitar la creación de un inventario específico que los estudiantes utilizan para construir el cableado estructurado en un edificio.

Otro punto positivo es la virtualización de una segunda infraestructura universitaria, completamente independiente de la que se desarrolló en el Artefacto 1. Esta se logró con un alto nivel de detalle en las texturas, gracias al modelado realizado con Blender y Unity 3D, lo que refuerza la versatilidad y eficacia del motor de juegos en entornos educativos variados.

La funcionalidad de las animaciones, que permiten aparecer o desaparecer partes de la infraestructura en los laboratorios, y las interacciones del avatar principal con los objetos dentro del EVA3D, han demostrado ser recursos valiosos para probar a fondo el framework DPE (Design, Play and Experience) en sus diversas capas de desarrollo.

Sin embargo, a pesar de que el avatar puede interactuar con objetos dentro del EVA3D, se ha identificado la necesidad de transformar el entorno en un Juego Serio. Esto implica la implementación de una metodología centrada en el usuario que mejore la narrativa del EVA3D.

Además, para abordar los problemas de tipo ill-defined, se ha determinado la necesidad de colaborar con expertos en inteligencia artificial para el desarrollo de un tercer artefacto, orientado a explorar soluciones potenciales.

Dado que Unity ha probado ser una herramienta adecuada para las necesidades del proyecto, se plantea diseñar y desarrollar un cuarto artefacto. Este nuevo artefacto deberá incorporar tareas específicas para abordar los problemas de tipo ill-defined en el contexto de la temática del cableado estructurado.

Finalmente, se recomienda que el cuarto artefacto incluya un tutor inteligente diseñado para guiar las tareas relacionadas con problemas de tipo ill-defined. También se sugiere usar una metodología que permita la integración de varios agentes con funciones específicas, los cuales deberían ser capaces de comunicarse entre sí para facilitar un enfoque integral y colaborativo en la resolución de problemas.

3.5. Etapa III DSR: Diseño y Desarrollo del Artefacto

Para la presente etapa, se tiene las experiencias previas tanto del artefacto 1 y como del artefacto 2 en donde se ha logrado identificar determinar procedimientos para proponer soluciones a tareas que realicen el tratamiento para problemas de tipo ill-defined, para ello, se propone el diseño y desarrollo de un tercer artefacto en donde se desarrolle algoritmos de inteligencia artificial para hallar las mencionadas soluciones.

Para esto se propone modelar uno de los dos edificios pertenecientes a los artefactos 1 y 2, en donde se permita la representación en el plano horizontal de un piso para representar la posible estructura de los laboratorios de computación y de la posible ubicación del datacenter de comunicaciones del edificio.

Luego de esto el artefacto debe permitir que el estudiante represente la ubicación de los puntos de red internos de cada laboratorio y la posible ubicación de del rack de comunicaciones de cada laboratorio, además estos puntos del rack de comunicación se convertirán en los puntos de conexión de los laboratorios con el datacenter del edificio.

Para esto lo que primero se debe definir mediante un análisis y de acuerdo con las experiencias previas decidir con que infraestructura se va a modelar para aprovechar las ventajas del cableado estructurado en la representación de las tareas para el modelado de problemas de tipo ill-defined. Luego de ello, determinar con que tipo de algoritmos se debe investigar para la aplicación, si la solución a cada problema debe ser independiente o deben ser las mismas para hallar una solución o una aproximación aceptable a los

problemas planteados de tipo ill-defined. Después de debe desarrollar el artefacto, implementarlo y probarlo con estudiantes para determinar su efectividad.

3.5.1. Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente

El desarrollo del presente artefacto es diferente a los descritos anteriormente, debido a que él no se considera como un EVA3D. En su lugar, ha sido concebido como una aplicación de algoritmos de inteligencia artificial que permitirán, como se verá, generar soluciones a problemas ill-defined, las cuales serán utilizadas luego por un tutor inteligente.

Este artefacto incluye la representación en dos dimensiones de los planos arquitectónicos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito-Ecuador. El objetivo del artefacto es el de calcular las mejores soluciones tanto para el enrutamiento de cableado estructurado hacia los laboratorios, así como la mejor ubicación posible de los armarios de comunicaciones. Estas soluciones se calculan para responder a los requerimientos que pueda establecer un usuario en relación a la ubicación deseada de las salidas de comunicación.

La metodología seleccionada para este desarrollo fue la metodología DSR (Design Science Research) [252], [268], [269]. Esta metodología es ampliamente utilizada en sistemas de información y dado se aplica bien al presente artefacto debido a que se desea hallar una solución de manera articulada a una necesidad utilizando un artefacto. DSR proporciona un plan articulado de desarrollo de prototipos para la consecución de resultados que permitan solucionar un problema específico para beneficio del entorno en donde el ser humano desarrolla sus actividades, en nuestro caso el ámbito educativo en donde tanto los estudiantes como docentes van a obtener un beneficio con la implementación del artefacto.

Como se puede visualizar en la Figura 3.12., la interfaz de la aplicación consta de cuatro secciones que se describen a continuación:

Sección 1: Paleta de marcadores, utilizada para agregar o modificar los elementos del piso que se desea calcular. Para esto se determinó la siguiente nomenclatura: el color negro representará las paredes estáticas del espacio físico; el color azul representa los posibles puntos de entrada desde el backbone hacia cada uno de los laboratorios de computación; el color rojo determina los puntos de red que puede poseer internamente cada laboratorio; los espacios en color verde determinan los espacios en donde se puede implementar, dentro del cuarto de comunicaciones, los gabinetes de comunicación; los espacios en color rosa representan cada uno de los espacios de los laboratorios, el color

cyan representa los espacios pertenecientes al pasillo principal del edificio y, finalmente el radio button sin color con la etiqueta “Borrar” servirá para eliminar los espacios físicos representados de manera errónea.

En relación con la interfaz en la sección 2: Botones de acción, corresponde al área que se utiliza para interactuar con la ejecución de los procesos principales de la aplicación. Esta sección posee, además, las acciones que se destinan a cargar y almacenar los objetos en formato JSON para la representación de un piso, como se puede observar en la Figura 3.12.

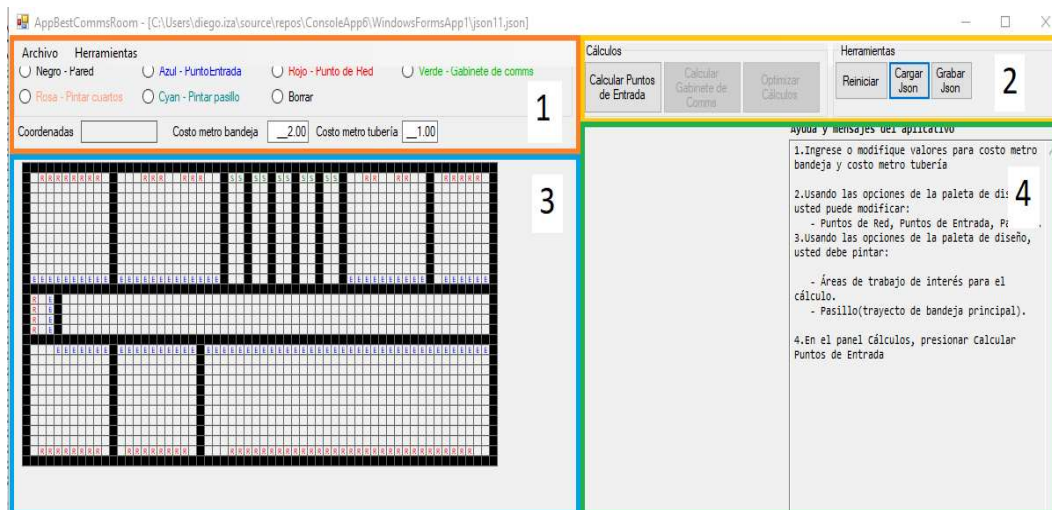


Figura 3.12. Interfaz artefacto para la implementación de algoritmos de inteligencia artificial.

La sección 3: Área de aplicación, corresponde al área en donde se visualiza la construcción del espacio de trabajo de acuerdo con los elementos utilizados de la sección de la paleta de marcadores. Aquí se cargará de forma gráfica las respuestas a la situación planteada luego de ejecutar el respectivo procedimiento.

Finalmente, la sección 4: Mensajes, proporciona el espacio en la interfaz para mostrar los mensajes de ayuda al usuario, como un tutor primitivo donde el usuario puede guiarse en caso de olvidar cualquiera de los comandos que debe aplicar.

Para ejemplificar la utilización del presente artefacto se va a tomar como base tres casos: el primero consiste en el cálculo de la ruta solicitada pero sin la optimización de resultados, el según caso determina el cálculo de la ruta deseada optimizando su resultado utilizando como base el algoritmo de inteligencia artificial, y para el caso tres se tiene el cálculo de la ruta óptima con la inclusión de una variable adicional en la representación de costos.

3.5.1.1. Caso I: Cálculo de rutas sin optimización de resultados.

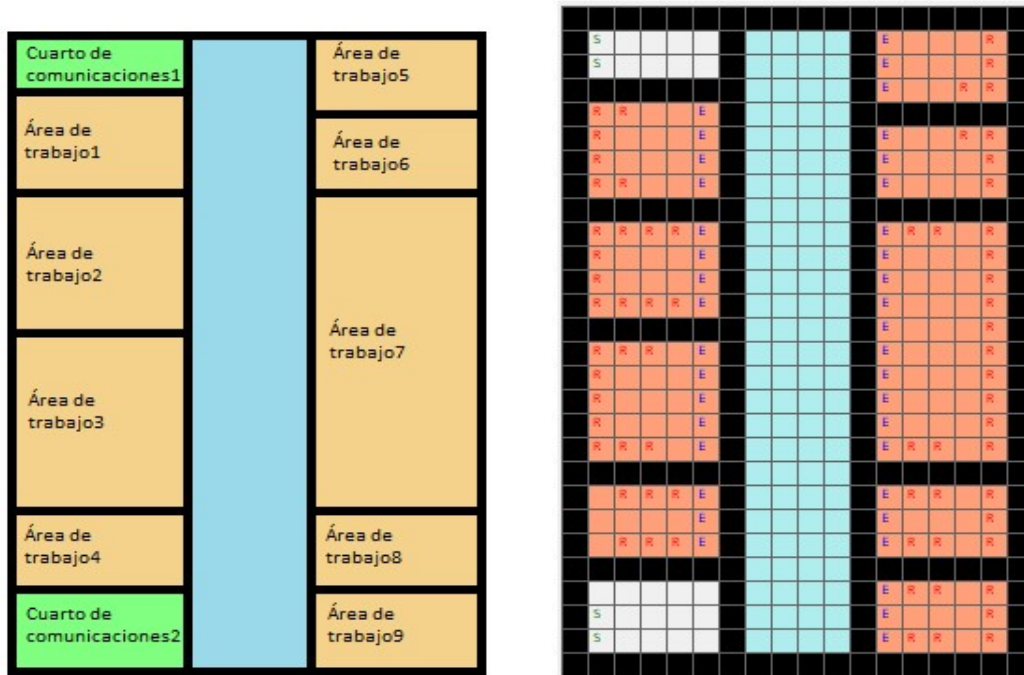


Figura 3.13. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la nomenclatura de la distribución de las áreas de trabajo y a la derecha la representación de la estructura del caso I

En la Figura 3.13, en el lado izquierdo, se puede visualizar la distribución de los espacios físicos del piso donde se encuentra los laboratorios de la facultad, distinguiéndose los laboratorios y el cuarto de comunicaciones. El lado derecho de la imagen corresponde a la representación utilizando la paleta de marcadores. En el espacio de trabajo se puede observar la letra 'R' en color rojo que representan los puntos de red de los espacios de trabajo, en cambio la letra 'E' en color azul sirve para definir los posibles puntos de entrada desde el backbone de cableado estructurado hasta el ingreso de los espacios de trabajo y, para finalizar, la letra 'S' en color verde se usa para la representación de los potenciales espacios en donde se puede ubicar el gabinete de comunicaciones en la parte interna del cuarto de comunicaciones.

Luego de representar cada uno de los espacios físicos se procede a utilizar el botón descrito en la sección 2 de la interfaz 'Calcular puntos de entrada' para que la aplicación realice los cálculos necesarios con el algoritmo de inteligencia artificial conocido como A* (A estrella) o caminos cortos [270]–[274]. El resultado de la aplicación se puede visualizar en la Figura 3.14, en donde los puntos de entrada óptimos están resaltados en color amarillo son aquellos que permitirán conectar el backbone de cableado estructurado del edificio con cada uno de los laboratorios de computación.

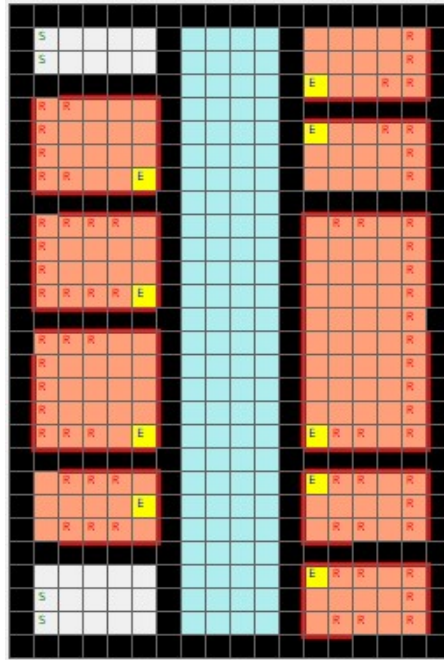


Figura 3.14. Resultado de ejecución del caso 1 utilizando el algoritmo A* (A estrella).

Con estos valores parciales, aplicando el algoritmo A* (A estrella), se puede ejecutar el siguiente procedimiento que consiste en la ejecución de un algoritmo genético [275]–[277] para determinar la ubicación del cuarto de comunicaciones y para determinar la ubicación de los respectivos equipos de comunicación.

Para determinar esta ubicación lo primero que se realiza es la impresión de la trazabilidad de las rutas de las bandejas pertenecientes al backbone de cableado estructurado del edificio de la facultad. Para esto se debe tomar en cuenta la ubicación del gabinete de telecomunicaciones para determinar las mejores posiciones relativas hasta los puntos de entrada de cada laboratorio de computación o área de trabajo hasta donde se debe enlazar. Es por ello que el recorrido de la bandeja se lo puede visualizar en color naranja sombreado en cada una de las celdas del diagrama, como se lo puede visualizar en la parte izquierda de la Figura 3.15.

Para finalizar, en la parte derecha de la Figura 3.15, se puede apreciar la sección correspondiente a los mensajes del aplicativo. Se pueden observar los aspectos correspondientes al resultado final de la ejecución como: el modo de ejecución, el costo total de tubería utilizada en las paredes de la infraestructura del edificio, el costo total perteneciente a las bandejas de canaletas de cableado estructurado y el costo total de la sumatoria del costo de tubería en adición al costo de bandeja.

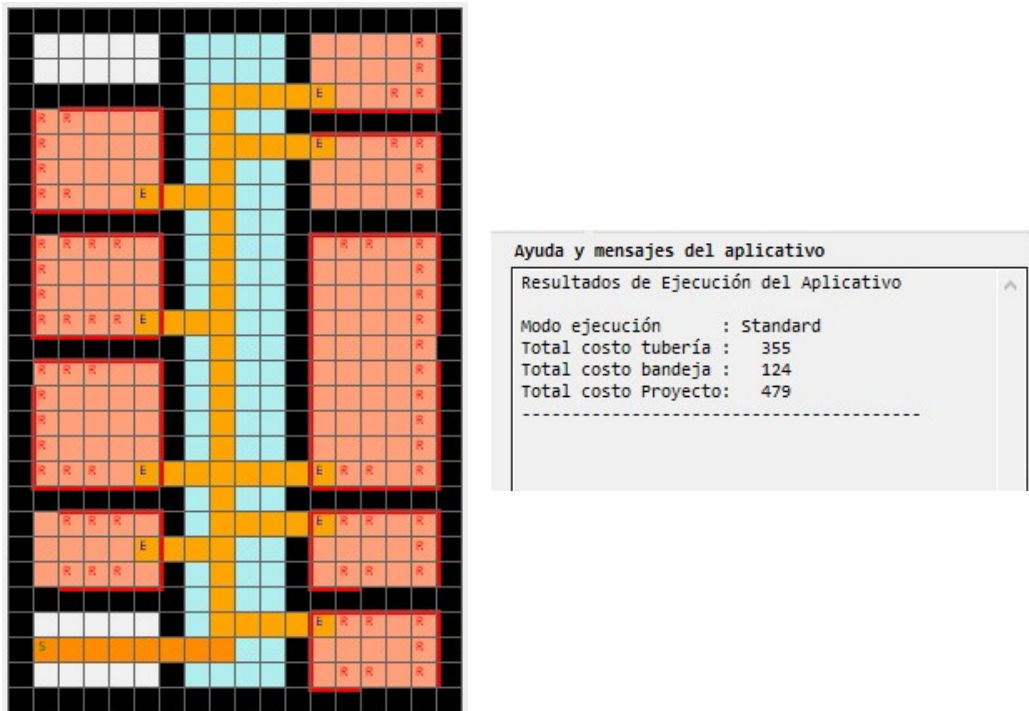


Figura 3.15. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la trazabilidad del backbone de cableado estructurado y a la derecha, los resultados de la ejecución del algoritmo genético del caso I.

3.5.1.2. Caso II: Cálculo de rutas con optimización de resultados

El presente caso corresponde a una variante del caso I, pero incluye la optimización de resultados. Los cambios realizados fueron: se eliminan los puntos de red ubicados en la parte colateral a los posibles puntos de entrada a cada uno de las áreas de trabajo, de esta manera se consigue que los puntos de red y los puntos de entrada no se solapen, lo que permite una optimización de los resultados.

Como se puede visualizar en el lado izquierdo de la Figura 3.16., los puntos de red representados con la letra 'R' en color rojo se solapan a los puntos de entrada al área de trabajo simbolizados por la letra 'E' de color azul. En cambio, en el lado derecho de la figura, se puede apreciar que tanto los puntos de red como los puntos de entrada se encuentran de forma paralela. Además, los puntos correspondientes a la ubicación de los equipos de enlace de datos en la parte interna del cuarto de comunicaciones se encuentran representados con la letra 'S' en color verde.

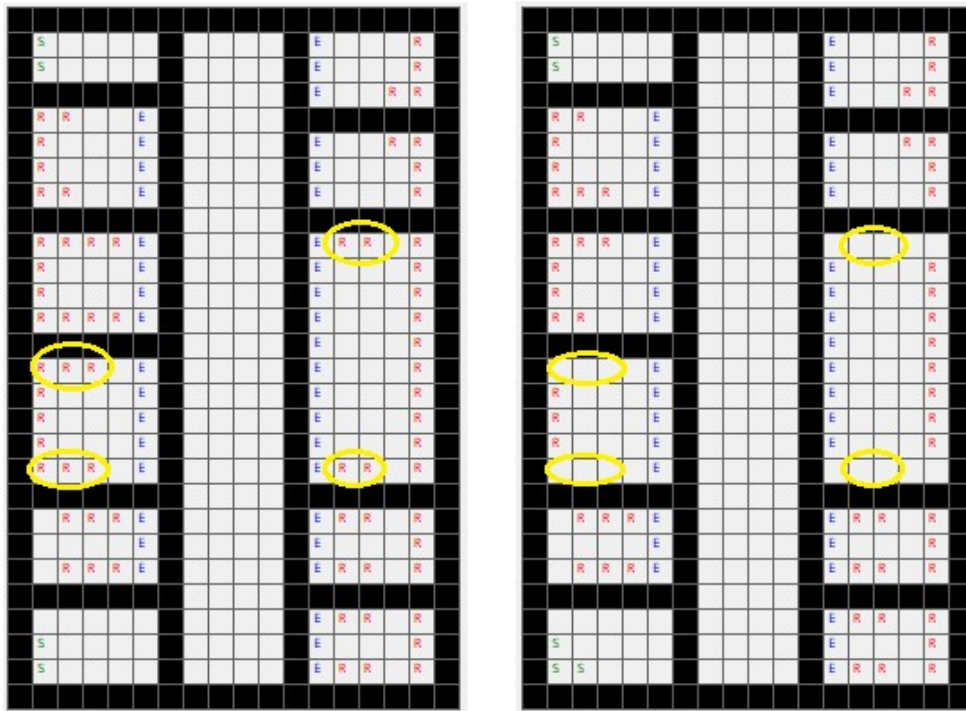


Figura 3.16. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la estructura del caso I y a la derecha, comparación con la estructura del caso II.

De la misma forma que en el caso I, luego de definir de manera gráfica la representación de los espacios físicos de la estructura del piso de la facultad, se procede a ejecutar el procedimiento respectivo para hallar el punto de entrada óptimo de los puntos disponibles. Para esto se hace clic en el botón denominado ‘Calcular puntos de entrada’ en la sección 2 de la interfaz de la aplicación.

En la Figura 3.17, se puede apreciar de manera gráfica los resultados correspondientes a la ubicación de la mejor entrada en cada espacio de trabajo. Para esto la celda sombreada en color amarillo y que contiene la letra ‘E’ muestra las celdas con la representación de los espacios físicos óptimos para conectar el espacio de trabajo con el backbone del cableado estructurado y que es resultado de la ejecución del algoritmo de inteligencia artificial A* [270], [271]. También se puede visualizar las respectivas áreas de trabajo con celdas sombreadas en color naranja. Finalmente se puede observar unas celdas sombreadas en color cyan que representan el espacio físico destinado al pasillo correspondiente por donde las personas pueden acceder a las distintas áreas de trabajo del piso de la facultad.

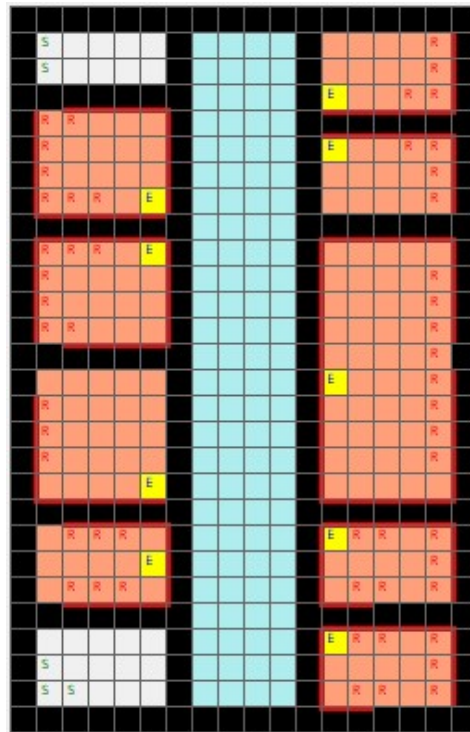


Figura 3.17. Resultado de ejecución del caso II utilizando el algoritmo A* (A estrella).

Con este primer resultado parcial, para hallar los puntos de entrada a cada área de trabajo, se procede a ejecutar el proceso 'Calcular Gabinete de Comms'. Con esto se muestra de manera gráfica con celdas sombreadas en color naranja la trazabilidad de las bandejas y tuberías como parte de la estructura de cableado estructurado del edificio de la facultad. De la misma manera que en resultado del caso I, se puede observar las celdas que pertenecen a las respectivas áreas de trabajo con un sombreado de color naranja y una letra 'E' en color azul para identificar los puntos de entrada, y letras 'R' en color rojo para ubicar los puntos de red de las áreas de trabajo como se puede visualizar en la Figura 3.17, parte izquierda.

Además en la Figura 3.18, parte derecha, se puede visualizar la sección correspondiente a los mensajes se puede apreciar los detalles del modo de ejecución y métricas del costo total de tubería y bandeja. Pero adicionalmente nos proporciona el mensaje 'El aplicativo, ha determinado la posibilidad de mejorar el cálculo inicial para esto se habilitado el botón Optimizar Cálculos'. Lo que implica la habilitación de manera automática del botón 'Optimizar Cálculos' en la sección de botones de acción.

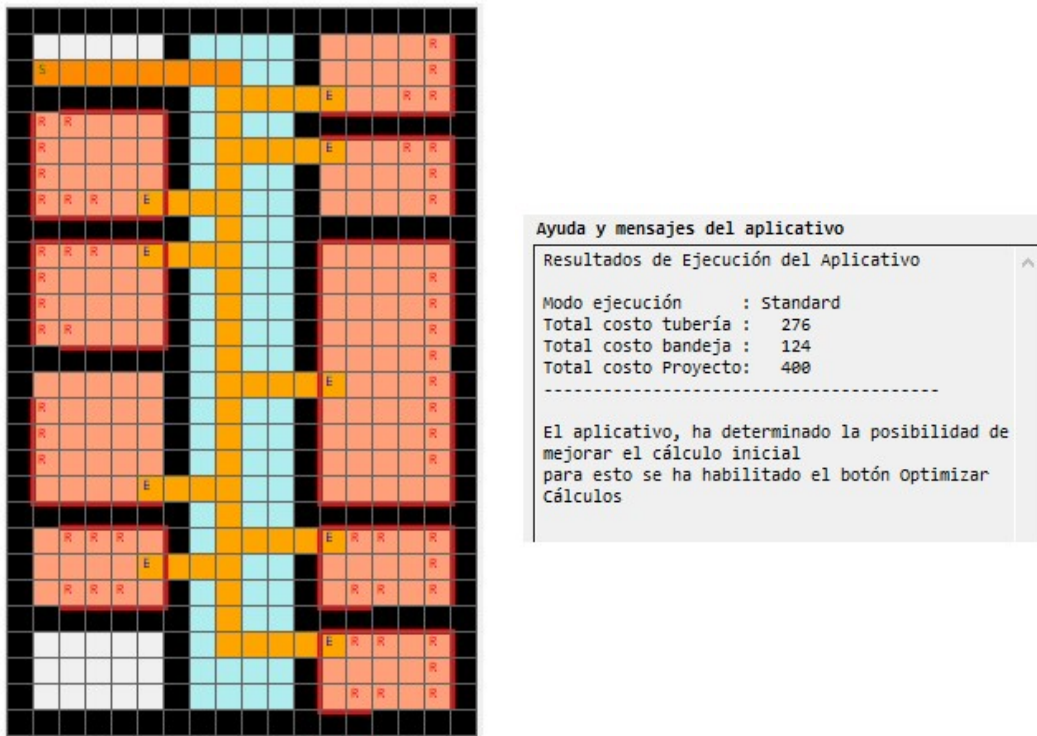


Figura 3.18. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la trazabilidad del backbone de cableado estructurado y a la derecha, los resultados de la ejecución del algoritmo genético del caso II.

Como resultado de 'Optimizar Cálculos' se pueden apreciar los siguientes cambios con respecto a la ejecución sin la optimización de resultados:

En la parte gráfica de resultados, se observa que cambian el área de trabajo número 3 y número 7 con respecto a los resultados presentados sin optimizarlos. Esto porque los puntos de entrada a estas áreas de trabajo se posicionan aproximadamente a la mitad con respecto al eje vertical del plano del edificio. Incluso el tono del sombreado de color naranja cambia a uno más claro para diferenciarlo del resultado sin la optimización de resultados.

Para corroborar la optimización de resultados en la sección de la interfaz del aplicativo correspondiente a los mensajes se puede apreciar una diferencia en el costo total de tubería de 88 unidades de longitud. En el caso del costo total del proyecto se visualiza una reducción de 72 unidades de longitud, pero existe un incremento mínimo en relación con el costo de bandeja de 16 unidades de longitud, esto es justificado al resaltar que el costo total del proyecto se reduce en 72 unidades, como se puede apreciar en la Figura 3.19.

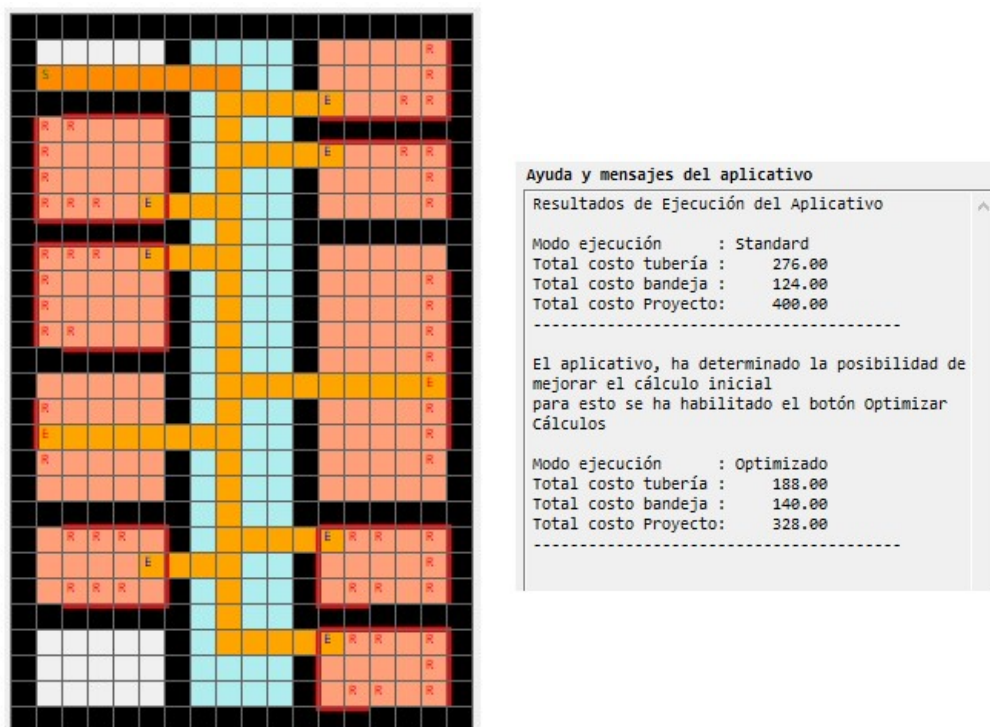


Figura 3.19. Interfaz de la aplicación. A la izquierda, la representación de la trazabilidad del backbone de cableado estructurado optimizado y a la derecha, los resultados optimizados en texto de la ejecución del algoritmo genético del caso II.

3.5.1.3. Caso III: Cálculo de rutas con la inclusión de variables para el costo

En el Caso III se incluye una variable adicional a las unidades de longitud que corresponde a los costos monetarios del proyecto. Aquí se utiliza un análisis de los montos que el aplicativo utiliza como variable de entrada con las etiquetas 'Costo metro bandeja' y 'Costo metro tubería' que se encuentran en la sección de la interfaz del aplicativo denominada Paleta de marcadores.

En la Figura 3.20 se puede apreciar que para el presente caso se va a trabajar con el área de trabajo 6 y el área de trabajo 7. Por lo tanto, el resto de las áreas de trabajo van a ser deshabilitadas. Así, se observa que las áreas que van a ser tomadas en cuenta para la ejecución de los respectivos algoritmos están sombreadas en color naranja con las letras 'E' en color azul para identificar los potenciales puntos de entrada y con letras 'R' en color rojo para ubicar los puntos de red de la estructura de cableado estructurado.



Figura 3.20. Interfaz de la aplicación con la representación de la estructura de áreas de trabajo para el caso III.

Al ejecutar la aplicación se pueden apreciar los siguientes resultados. En el modo estándar se visualiza el costo de tubería con un valor de 37.95 unidades de longitud, el costo de la bandeja en 60 unidades de longitud para un valor de 97.95 unidades sobre el costo total del proyecto.

En la optimización de la ejecución, al buscar mejorar este cálculo inicial con el botón denominado 'Optimizar Cálculos' se puede visualizar los resultados de manera gráfica. Así, se muestra en la Figura 3.21, los puntos de entrada representados con la letra 'E' en color azul, los puntos de red para la conexión de los computadores o dispositivos finales con la letra 'R' de color rojo y finalmente los espacios para la instalación de los equipos de comunicación con su respectivo gabinete en el datacenter. La trazabilidad de la estructura del cableado estructurado que conecta las áreas de trabajo 6 y 7 con el cuarto de comunicaciones se encuentra sombreado en color naranja.

Además, en la sección de ayuda y mensajes del aplicativo, al realizar el procedimiento extra en la optimización de resultado, muestra los siguientes valores: el costo total de tuberías destinadas a las paredes de la estructura con un valor de 21.85 unidades de

longitud, el valor de costo de bandeja en 70 unidades para obtener un valor total de 91.85 unidades de longitud.

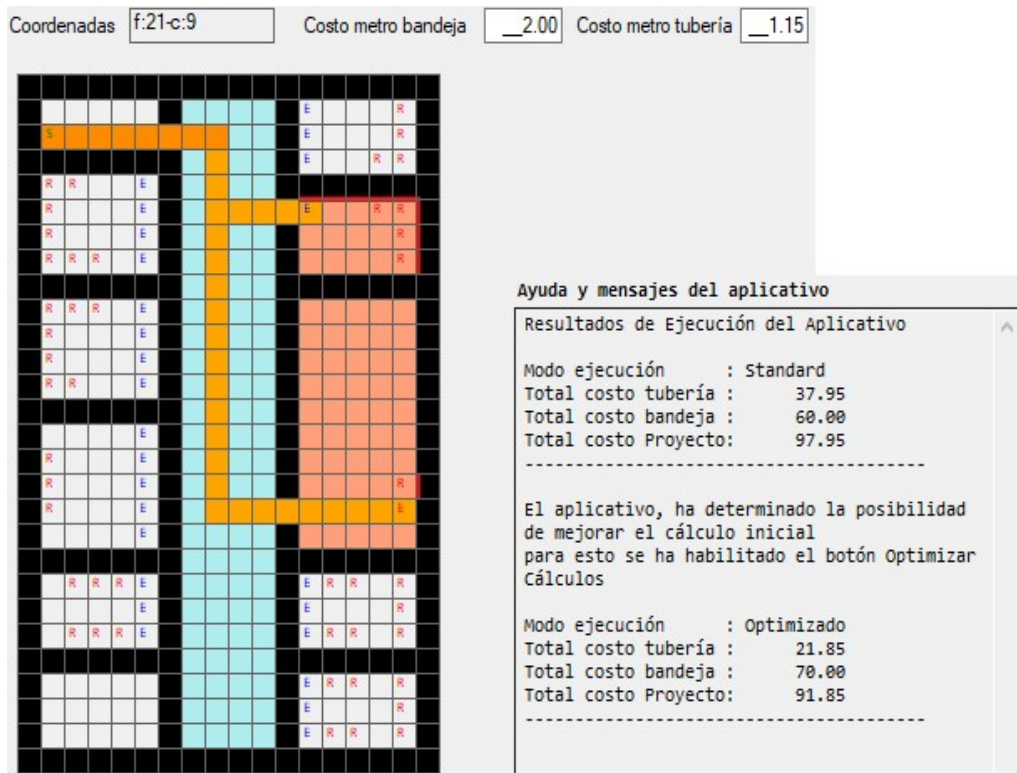


Figura 3.21. Interfaz de la aplicación con la representación de la optimización de resultados para el caso III.

Al analizar los datos que se obtiene en función a la ejecución en modo estándar y al modo optimizado, se pueden apreciar los siguientes cambios: la tubería se ha reducido en 16.1 unidades, por el contrario el costo total correspondiente a la bandeja se incrementa en 10 unidades, pero al observar el costo total del proyecto se tiene una reducción de exactamente 6.1 unidades. Estos resultados se obtuvieron con un costo por cada metro de bandeja de canaleta de red de 2 unidades y el costo por cada metro de tubería de 1.15 unidades.

Finalmente, en la Figura 3.22 se procede a realizar a realizar una variante en la ejecución del caso III. Para esto se modifican los datos de entrada del costo por metro de bandeja a 4 unidades y se mantienen el mismo costo por metro de tubería, obteniéndose los siguientes resultados:

En la parte gráfica del resultado se aprecia que se trabaja con las áreas número 6 y 7 respectivamente, los puntos de ingreso se encuentran representadas con la letra 'E' en

color azul, los puntos de red de cada área de trabajo están representados con la letra 'R' en color rojo, como resultado, se precia la trazabilidad de la ruta de cableado estructurado sombreado en color naranja lo correspondiente a bandejas de red y en color rojo la tubería concerniente a la tubería interna de las paredes de cada área de trabajo y la letra 'S' en color verde con la ubicación del gabinete de comunicaciones que conecta cada área de trabajo con los equipos de comunicación.

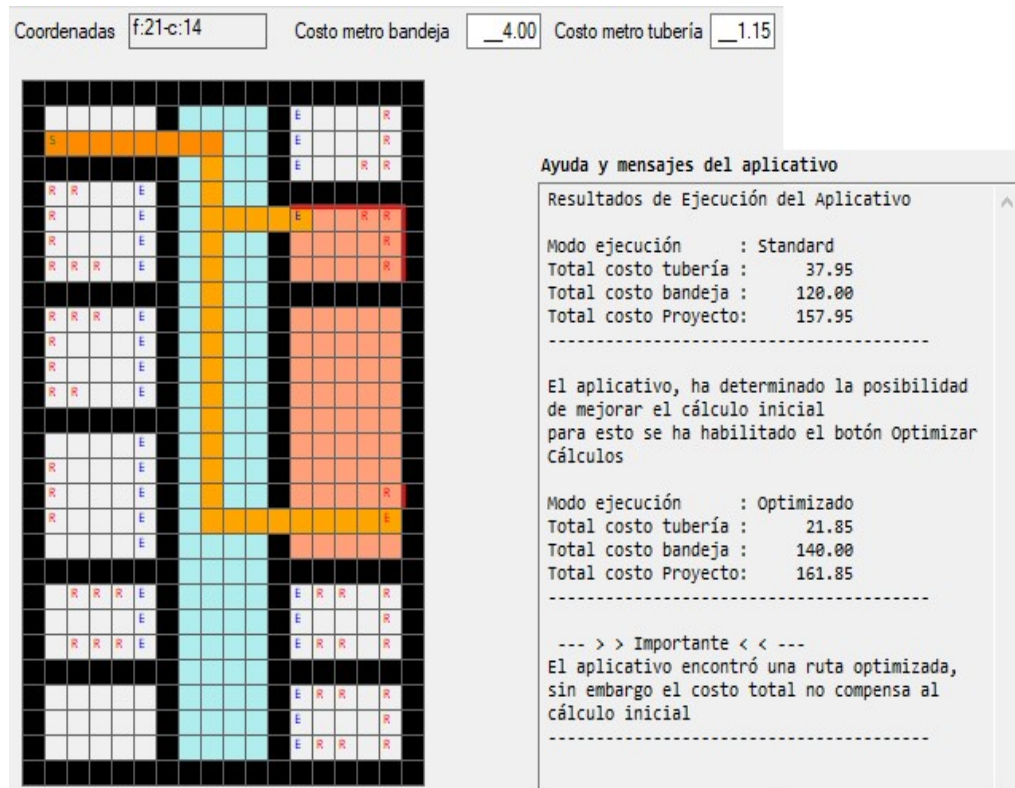


Figura 3.22. Interfaz de la aplicación con la representación con la modificación del costo de bandeja para el caso III.

En la sección de ayuda y mensaje de la interfaz del aplicativo se muestran los siguientes valores para la ejecución estándar: el costo de tubería arroja un valor de 37.95 unidades, el costo de la bandeja de red en 120 unidades, sumando un total del costo del proyecto de 157.95 unidades. En cambio, al realizar el procedimiento de optimización de resultados, se obtienen los siguientes valores: costo de tubería = 21.85 unidades, costo de bandeja = 140 unidades, para un valor total del proyecto de 161.85. En este instante se puede apreciar que pese a que el valor de la tubería tiene una reducción de 16.1 unidades, muy por el contrario el costo de bandeja se incrementa en 20 unidades, para obtener un incremento de 6.1 unidades. Es decir que pese a que el aplicativo encuentra una mejor ruta no se optimiza el costo total del proyecto, debido a la variante del costo de la bandeja de 2 a 4

unidades. Esto se muestra con el respectivo mensaje: 'El aplicativo encontró una ruta optimizada, sin embargo, el costo total no compensa al cálculo inicial', como se observa en la Figura 3.22.

3.5.1.4. Análisis y resultado del Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente

La evaluación y resultados del tercer artefacto tras su diseño, desarrollo e implementación revelan numerosos puntos clave que destacan la evolución y adaptabilidad de las herramientas de aprendizaje hacia necesidades educativas prácticas y contemporáneas:

Integración Completa de Normativas y Prácticas: Este artefacto ha logrado incorporar una amplia gama de normas, estándares y buenas prácticas en cableado estructurado. Al posibilitar que los estudiantes contrasten directamente los fundamentos teóricos con situaciones prácticas reales en un entorno simulado controlado, se facilita una comprensión profunda y práctica de los principios técnicos aplicados en escenarios prácticos.

Visualización Gráfica de Alto Detalle: La representación en dos dimensiones de la infraestructura de un piso de la facultad, modelada anteriormente, es de gran utilidad pues permite seccionar visualmente cada espacio de trabajo. Esta segmentación es crucial para planificar y optimizar el cableado estructurado en los laboratorios computacionales, mostrando la eficacia de las soluciones de diseño en la mejora de la comprensibilidad estructural y funcional.

Uso de Técnicas Avanzadas de Búsqueda y Optimización: El algoritmo A* (A estrella) [272]–[274] ha sido crucial para tratar los problemas indeterminados (ill-defined), permitiendo la identificación de varias soluciones casi equivalentes y seleccionar la más eficaz. Esta capacidad de optimización destaca la eficiencia computacional y ofrece una economía significativa de tiempo.

Algoritmos Genéticos [278]–[283] para la Resolución de Problemas Complejos: Utilizando los resultados del cableado estructurado de cada laboratorio como datos de entrada, se ha diseñado un algoritmo genético para determinar la ubicación óptima del cuarto de comunicaciones. Este enfoque considera variables fundamentales como el número, posición de los laboratorios y la ubicación de los racks de comunicación, demostrando cómo la optimización puede ser aplicada efectivamente en la práctica.

Flexibilidad Operativa y Educacional: El artefacto permite al usuario modificar valores de entrada y experimentar con cambios en la configuración, proporcionando un feedback instantáneo a los interrogantes del tipo Qué pasa si elimino un punto de red?, ¿Qué pasaría si se cambia el costo de la tubería? ¿Qué ocurre si se agrega una nueva posición para el rack de comunicaciones? Este nivel de interactividad transforma el artefacto en una herramienta educativa dinámica, enfrentando los desafíos de la implementación real de cableado estructurado.

Capacidad de Diseño y Evaluación por Parte del Estudiante: Facilitando que los estudiantes diseñen y comparen sus soluciones con las generadas automáticamente, el artefacto refuerza el aprendizaje activo y crítico, y aumenta la implicación estudiantil y el interés en la materia.

Consideración Económica y de Sostenibilidad: A través de la evaluación de costos materiales como el metro lineal de canaleta o tuberías, el artefacto promueve una consciencia de minimización de costos y optimización de recursos, aspectos vitales en la ingeniería de sistemas y a menudo subestimados en la educación técnica.

En resumen, este tercer artefacto no solo consolida los conocimientos teóricos a través de aplicaciones prácticas y optimizadas, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentarse a desafíos reales, proporcionando herramientas que potencian su capacidad de adaptación y resolución de problemas en entornos profesionales reales.

3.6. Etapa IV DSR: Demostración

Tras las experiencias obtenidas con los artefactos 1 y 2, que facilitaron la identificación de tareas para el tratamiento de problemas de tipo ill-defined utilizando la temática de Cableado Estructurado, se ha dirigido la evolución tecnológica y metodológica hacia la selección de herramientas adecuadas para que un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D (EVA3D) proporcione el nivel de interacción necesario para el desarrollo óptimo de las tareas educativas.

El Artefacto 3 ha avanzado significativamente en este desarrollo, implementando técnicas de búsqueda y optimización avanzadas mediante el uso del algoritmo A estrella para facilitar la identificación y generación de múltiples soluciones óptimas en la ubicación de racks de comunicaciones y en la planificación de la infraestructura del cableado estructurado. Además, se ha aplicado un algoritmo genético para resolver eficazmente problemas ill-defined relacionados con la posición del cuarto y del gabinete principal de comunicaciones, utilizando como datos de entrada los resultados obtenidos en las fases previas del proyecto.

A partir de estas valiosas experiencias, se propone para el diseño y desarrollo del Artefacto 4 los siguientes enfoques clave:

Implementación de un Módulo o Agente Interactivo: Este artefacto exigirá la incorporación de un módulo o agente que guíe activamente al estudiante en la ejecución de tareas propuestas, particularmente en lo que respecta al tratamiento de problemas de tipo ill-defined relacionados con el cableado estructurado y la ubicación del datacenter y sus gabinetes de comunicaciones. Este módulo se beneficiará de los algoritmos, como A estrella y algoritmos genéticos, empleados en el Artefacto 3 para la resolución eficaz de dichos problemas.

Adopción de la Metodología iPlus para la Narrativa Educativa: Dado su enfoque centrado en el usuario y su flexibilidad genérica, la metodología iPlus resulta ideal para el desarrollo de contenido pedagógico sobre tareas de cableado estructurado. Se espera que esta metodología facilite la creación de un entorno de juego serio que verdaderamente ayude a los estudiantes a abordar y resolver problemas ill-defined.

Aplicación de una Metodología para el Desarrollo de Sistema Multiagente: Debido a la necesidad de interactuar y comunicarse entre varios módulos o agentes autónomos y especializados en el Artefacto 4, se propone la utilización de la metodología MASINA (MultiAgent Systems for INtegrated Automation). Esta metodología es idónea para el diseño, especificación e implementación de sistemas basados en agentes, particularmente en ambientes de automatización como el previsto para nuestro tutor inteligente.

3.6.1. Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

Este trabajo planteó el diseño y desarrollo de un juego serio que incorpore un SIT como un Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría. El juego sigue estando orientado a la enseñanza y la aplicación de las normas básicas de cableado estructurado. El juego incorpora los aprendizajes obtenidos en las experiencias con el Artefacto 1 y 2, además usa al Artefacto 3 para encontrar las soluciones posibles que serán incorporadas en el tutor inteligente.

Para el diseño del presente proyecto, fue necesario la aplicación de cada una de las fases de la metodología iPlus debido a sus características en la aplicabilidad al diseño y desarrollo de cualquier juego serio. En cambio para el desarrollo de software se usó la metodología ágil SCRUM [259], [260].

3.6.1.1. Aplicación de la Metodología iPlus en el Diseño del Contenido de Aprendizaje del Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

A continuación, se describe la aplicación de cada una de las cinco fases que describe la metodología iPlus en el diseño del presente juego serio.

3.6.1.1.1. Fase 1: Identificación

En la presente fase se debe iniciar con la explicación por parte del propietario del producto con relación a las necesidades y requisitos educativos específicos para el área de cableado estructurado.

Descripción de la fase

El propietario del producto definió qué aspectos y problemas requiere que estén presentes en el diseño del juego serio en el campo del cableado estructurado. Para esto se identificaron a los participantes, los materiales y/o recursos y el artefacto como producto de la fase de identificación.

Identificación de la Problemática

Para identificar de forma clara y precisa la problemática que debe abordar el juego serio, según la metodología iPlus, se debe responder a la siguiente interrogante por parte del cliente:

¿Qué necesidad específica tiene el cliente, cómo quiere que se le ayude?

En respuesta podemos decir que la docente participante de la asignatura relacionada con Cableado Estructurado requiere una aplicación que permita atacar a problemas que se presentan en la enseñanza de la temática como: ausencia de tiempo para realizar el respectivo seguimiento y supervisión a actividades prácticas de cableado estructurado tanto en tareas bien definidas como en tareas de tipo ill-defined (mal definidas) a través de un tutor automatizado. Adicionalmente se quiere reforzar la experiencia visual y espacial, ausente actualmente en los cursos de Cableado Estructurado debido a la imposibilidad de contar con un laboratorio para la materia.

Identificación del Establecimiento

Asignaturas de Cableado Estructurado de la Escuela Politécnica Nacional en las carreras de pregrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Participantes

Corresponde a la identificación de todos los expertos que conforman el equipo de diseño de la metodología iPlus, quienes han sido identificados utilizando el respectivo formulario para identificación de los participantes (Tabla 3.1).

Rol Participante	Nombres Completos	e-mail contacto
Experto en video juegos	Luis V.	playerluis159@gmail.com
Propietario del Producto	Soraya S.	soraya.sinche@epn.edu.ec
Experto Pedagógico	Henry R.	hnroa@puce.edu.ec
Experto en Cableado Estructurado	Edison L.	edison.loza@epn.edu.ec
Facilitador de la Metodología	Fredy G.	fredy.gavilanes@epn.edu.ec
Desarrollador 1	Fredy G.	fredy.gavilanes@epn.edu.ec
Desarrollador 2	Luis V.	playerluis159@gmail.com
Tester 1	Victor Co.	victor.coyago@epn.edu.ec
Tester 2	Francisco M.	francisco.morales01@epn.edu.ec
Tester 3	Isaac G.	isaac.gonzalez@epn.edu.ec

Tabla 3.1. Formulario de Identificación de Participantes

Modelo de Participantes

De acuerdo con la información recolectada con el formulario de identificación, se puede determinar el siguiente modelo de participantes, como se visualiza en la Figura 3.23.

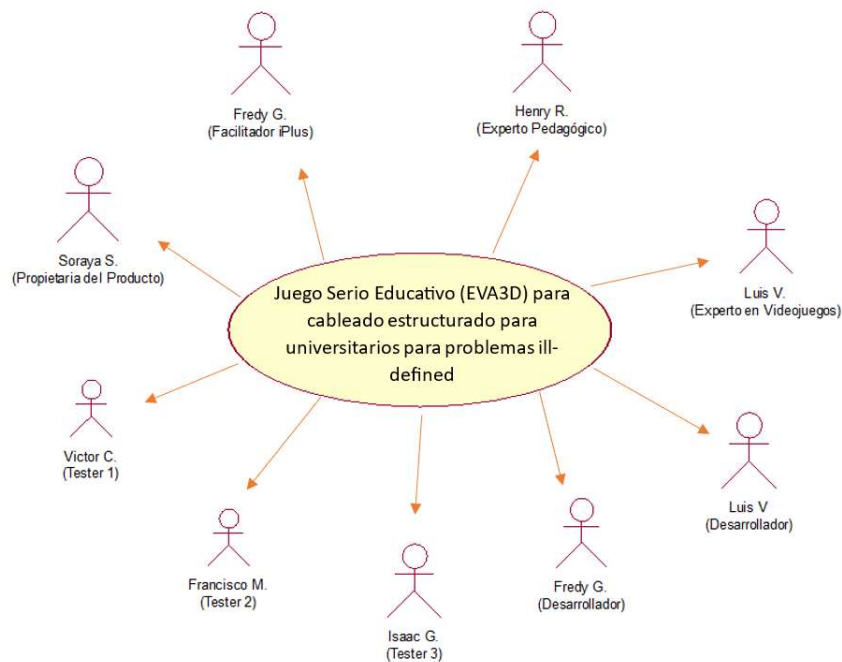


Figura 3.23. Modelo de participantes para el diseño del juego serio para cableado estructurado.

Materiales/Recursos

En la presente fase se requiere de manera imperativa el llenado del formulario de identificación para determinar de forma específica las necesidades pedagógicas en el ámbito del diseño del juego serio para la aplicación de los conceptos básicos de cableado estructurado.

Artefactos de la Fase 1

Al final de la fase corresponde la identificación de los participantes de la metodología como lo son el facilitador de la metodología y el propietario del producto, además de la identificación de las necesidades específicas.

3.6.1.1.2. Fase 2: Objetivos Pedagógicos

En esta fase de la metodología iPlus el experto pedagógico debe guiar el proceso de la definición de los objetivos generales y específicos relacionados al ámbito educativo que se desean alcanzar. Para esto se debe llegar a un consenso como resultado de las actividades participativas de los participantes de esta fase.

Pasos Iniciales

En la ejecución de la presente actividad, se contemplaron tres etapas, que corresponden a bienvenida, presentaciones y reglas.

- Bienvenida: en este caso Fredy G., como facilitador de la metodología iPlus da la bienvenida a los participantes.
- Presentaciones mesa redonda: para esto cada participante debe identificar su rol para que el resto de las personas lo puedan ubicar. Las reuniones fueron desarrolladas de dos maneras, tanto de forma presencial como a través de la utilización de herramientas informáticas como Zoom para las reuniones virtuales, como se puede visualizar en la Figura 3.24.
- Reglas de la fase: en este caso Fredy G. como facilitador de la metodología iPlus, determina y explica las reglas que se debe seguir a lo largo de la presente fase en la determinación de los objetivos pedagógicos.

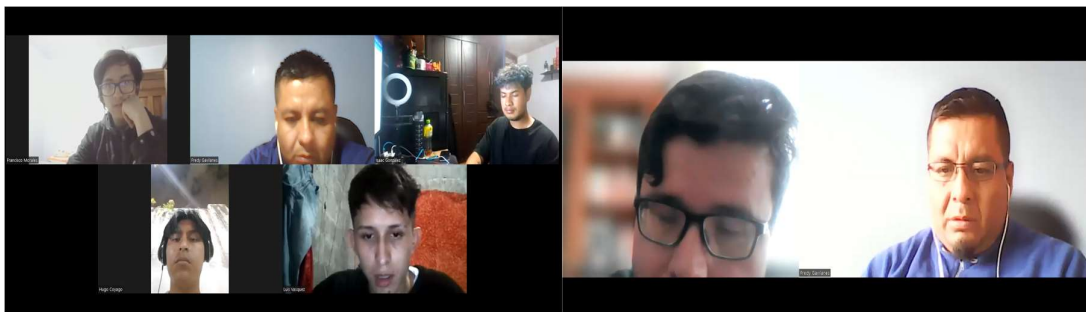


Figura 3.24. Fase 2 iPlus. Reuniones virtuales para definir los objetivos pedagógicos con los diferentes expertos

Descripción de la fase

Método: en este caso Fredy G. como facilitador de la metodología iPlus es responsable de presentar el contexto del juego serio en desarrollo. Para cumplir esta actividad se realiza la entrevista de trabajo a Soraya S., profesora de la materia, quién como propietaria del producto en virtud describirá los requerimientos funcionales para el juego serio.

Se aplica la técnica de lluvia de ideas utilizando los pósits de color naranja, en donde los participantes deben expresar sus ideas sobre los objetivos pedagógicos que debe cumplir el juego serio para la aplicación de las normas básicas de cableado estructurado.

Luego, se deben agrupar las ideas individuales que conllevan a definir propósitos generales consensuados entorno a las normas de cableado estructurado. Para esto Henry

R. como experto pedagógico debe definir y redactar los objetivos pedagógicos generales y específicos relacionados con los propósitos del juego serio.

Identificación Problemática

La problemática que requiere ser tratada a través del diseño y desarrollo del presente juego serio corresponde a la práctica de la temática de Cableado Estructurado. Esta necesidad surge debido a que, en los cursos actuales, la mayoría de los conceptos se lo trata de manera teórica y en la mayoría de los casos la parte práctica se lo realiza a través de simuladores que generan prácticas en escenarios genéricos muy alejados de la infraestructura en situaciones reales.

Adicionalmente, se debe generar en las prácticas el desarrollo de soluciones que traten de hallar una solución óptima para problemas de tipo ill-defined como por ejemplo, las diferentes rutas que pueden tomar las canaletas en la instalación de la estructura del cableado estructurado de un edificio.

Este juego además de ser un juego serio debe ser diseñado como un EVA3D y deberá contar con un tutor automatizado que realice la respectiva supervisión y seguimiento a estudiantes universitarios en las asignaturas relacionadas a Cableado Estructurado, para que el cliente (docente) pueda aplicar con sus estudiantes la teoría con relación a la temática planteada.

Participantes

Los participantes requeridos para determinar los objetivos pedagógicos tanto generales como específicos utilizando las respectivas técnicas son los listados a continuación

- Facilitador de la metodología iPlus: Fredy G.
- Propietario del producto: Soraya S.
- Experto en Juegos: Luis V.
- Programadores: Luis V. y Fredy G.
- Experto Pedagógico: Henry R.

Herramientas

Mediante el apoyo de la herramienta denominado taxonomía de Bloom se redactaron cada uno de los objetivos pedagógicos.

Materiales/Recursos

Mediante un Brainstorming se determinaron los diferentes aspectos a tomar en cuenta para la definición de objetivos pedagógicos (Figura 3.25).



Figura 3.25. Fase 2 iPlus. Brainstorming Juego Serio

Luego se procedió a obtener un diagrama de afinidad del juego serio refinando el brainstorming desarrollado de manera previa (Figura 3.26).

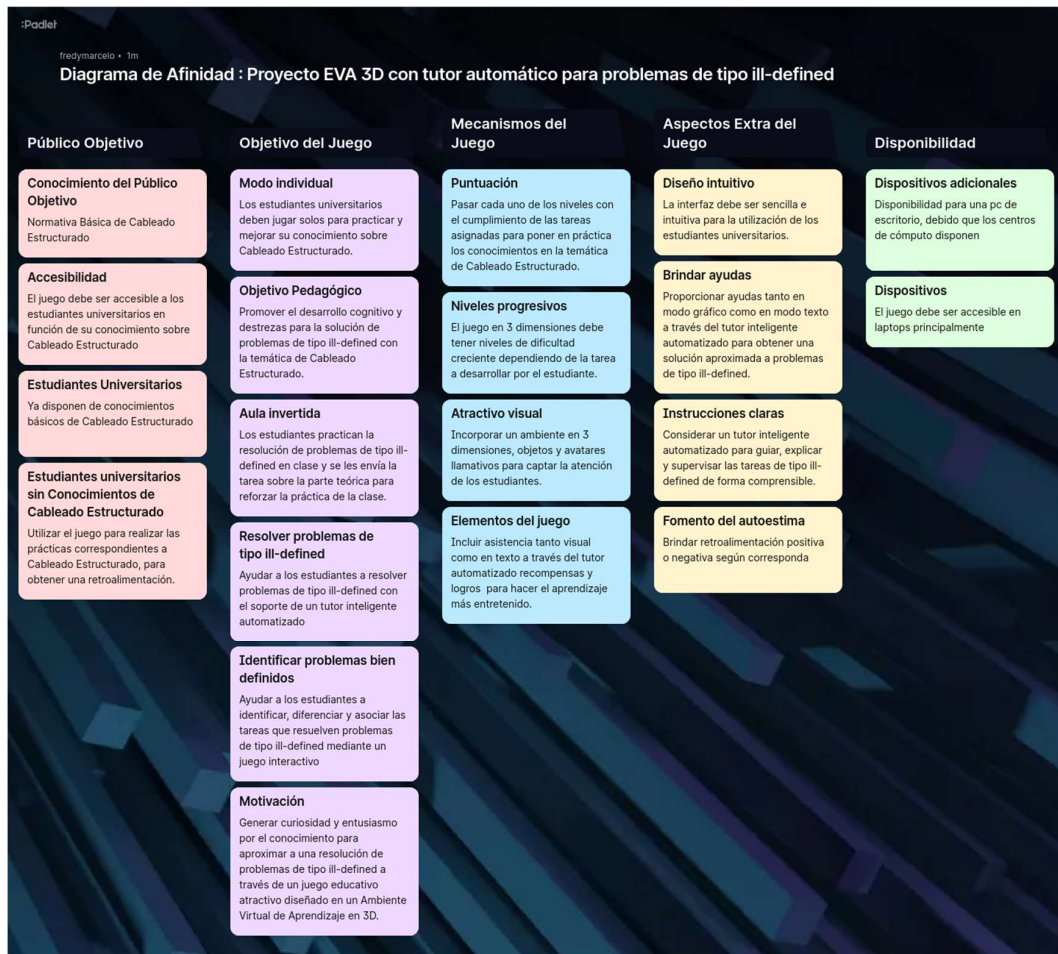


Figura 3.26. Fase 2 iPlus. Diagrama de Afinidad Juego Serio

Artefactos

Como resultado de la fase 2 se deben determinar los objetivos pedagógicos. Estos se explicitan en el siguiente formato (Tabla 3.2).

Objetivo General
Desarrollar un EVA3D con un tutor inteligente automatizado para obtener una aproximación a la solución de problemas de tipo ill-defined como un juego serio para estudiantes universitarios con la temática de Cableado Estructurado.

Tabla 3.2. Fase 2: Objetivo Pedagógico General


Objetivo Específico de la Aplicación Número: 2	Prioridad: 
Rol de Experto: Experto en Educación Pedagógica	Rol en el Juego:
Título del objetivo: Desarrollo de destrezas en la aplicación de conceptos de Cableado Estructurado para estudiantes universitarios.	
Descripción del objetivo: Diseñar un juego serio para estudiantes universitarios con la temática de Cableado Estructurado para obtener una solución aproximada para problemas ill-defined para fomentar la motivación y el entusiasmo por el aprendizaje en este grupo de edad.	
Ideas relacionadas (Post – its naranjas):	
<p>ID 2.1</p> <p>Los estudiantes universitarios deben jugar solos para practicar y mejorar su conocimiento sobre Cableado Estructurado.</p>	<p>ID 2.2</p> <p>Promover el desarrollo cognitivo y destrezas para la solución de problemas de tipo ill-defined con la temática de Cableado Estructurado.</p>
<p>ID 2.3</p> <p>Los estudiantes practican la resolución de problemas de tipo ill-defined en clase y se les envía la tarea sobre la parte teórica</p>	<p>ID 2.4</p> <p>Ayudar a los estudiantes a resolver problemas de tipo ill-defined con el soporte de un tutor inteligente automatizado</p>
<p>ID 2.5</p> <p>Ayudar a los estudiantes a identificar, diferenciar y asociar las tareas que resuelven problemas de tipo ill-defined</p>	<p>ID 2.6</p> <p>Generar curiosidad y entusiasmo por el conocimiento para aproximar a una resolución de problemas de tipo ill-defined a través de un juego educativo atractivo diseñado en un Ambiente Virtual de Aprendizaje en 3D.para reforzar la práctica de la clase.</p>
<p>ID 2.7</p> <p>Considerar una tarea de un problema de tipo bien definido para que el estudiante contraste mejor los 2 tipos de problemas</p>	

Tabla 3.3. Fase 2: Objetivos Pedagógicos Específicos

Para la obtención de los objetivos pedagógicos específicos se debe llenar, por cada uno de ellos, el respectivo formato para lograr su planteamiento. En este caso solo vamos a mostrar el formato correspondiente al objetivo pedagógico 2, el resto de la documentación se lo adjunta en los Anexos correspondientes a la metodología iPlus para el presente juego serio.

Objetivos Pedagógicos Específicos
Desarrollar un juego serio en un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones con un tutor inteligente automatizado para obtener una aproximación a una solución a problemas de tipo ill-defined de la temática de Cableado Estructurada.
Diseñar un juego serio para estudiantes universitarios con la temática de Cableado Estructurado para obtener una solución aproximada para problemas ill-defined para fomentar la motivación y el entusiasmo por el aprendizaje en este grupo de edad.
Implementar mecanismos de juego que mantengan el interés de los estudiantes universitarios para favorecer su aprendizaje en la temática de Cableado Estructurado.
Incorporar aspectos adicionales al juego que mejoren la experiencia de los estudiantes para favorecer su aprendizaje.
Asegurar que el juego serio esté disponible en los dispositivos más comunes en entornos educativos (laptops y pc de escritorio) para que sea accesible.

Tabla 3.4. Fase 2: Objetivos Pedagógicos Específicos

Una vez definido el formato para el planteamiento de los objetivos pedagógicos, se puede visualizar su estructura en la Tabla 3.4. Esta tabla presenta de manera clara y organizada los objetivos establecidos, facilitando su interpretación y análisis dentro del contexto del estudio.

3.6.1.1.3. Fase 3: Guión Lúdico de Juego

En esta fase se requiere la elaboración de una historia consensuada por los especialistas participantes de la metodología iPlus, luego de que propongan de manera individual cada uno sus guiones lúdicos.

Participantes

Participan todos los especialistas identificados en la Fase 1 de la metodología iPlus.

Herramientas

Como herramienta en la presente fase se utiliza técnicas de gamificación, en nuestro caso la descripción del tutor inteligente automatizado y los niveles que debe tener el juego serio.

Asistente Inicio:

Al iniciar el juego, un tutor inteligente automatizado guía, guiará y brindará soporte para que el jugador principal con el avatar seleccionado pueda resolver y desarrollar cada una de las tareas planteadas en cada uno de los niveles presentados.

**Niveles:**

Son considerados como niveles a las tareas que resuelven un tipo de problema en específico de la temática de cableado estructurado, empezado con la tarea más sencilla que consiste en la solución de un problema de tipo bien definido como el orden de acuerdo con el estándar 568-A y 568-B para ponchar el cable UTP con el conector RJ-45.

**Materiales/Recursos:**

Como recursos de la presente fase, se debe proponer por parte de los especialistas de manera voluntaria una historia para el diseño del juego utilizando el respectivo formulario. En la Tabla 3.5 se presentará un solo formulario debido a su extensión.

Formulario de Diseño del Juego Serio N°. 1	
Historia 1: "Visita de un nuevo estudiante al Campus Universitario"	
<p>En esta historia puede iniciar cuando un estudiante de bachillerato desea estudiar la carrera relacionada a computación o software en la Escuela Politécnica Nacional, para esto luego de los trámites administrativos llega al campus politécnico por primera vez y desea conocer el edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, para esto tiene que seleccionar un avatar e ingresar de forma virtual al edificio de la facultad, especialmente a los laboratorios de computación ubicados en los pisos 3, 4 y 5.</p>	
¿Contenido del Aprendizaje (lo que se quiere desplegar en el escenario del juego)?	
<p>Tour virtual por el Edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas para conocer sus instalaciones con relación a su infraestructura de red.</p>	
Personajes	
Héroes Avatar Tutor Automatizado	Villanos No existe villanos en esta historia, debido a que el enfoque es conocer la infraestructura de red del edificio de la facultad.
Mundos de Juego:	
<p>Entorno Virtual de Aprendizaje de la Facultad de Ingeniería de Sistemas.</p>	
¿Cómo se gana el juego?	
<p>Con la guía del tutor automatizado se debe ingresar a conocer la infraestructura de Cableado Estructurado del edificio de la facultad, en los pisos 3, 4 y 5.</p>	
Objetos Multimedia:	
<p>Avatar del personaje, tutor virtual, objetos propios de la infraestructura del edificio como paredes, gradas, ventanas, puertas.</p>	
Técnicas de Gamificación:	
<p>Tutor virtual automatizado (Búho proporciona la ayuda para el avatar principal del personaje), niveles (correspondiente a los pisos del edificio de la facultad).</p>	

Tabla 3.5. Fase 3: Formulario de Diseño del Juego Serio

Artefactos

Como artefacto de la Fase 3 se debe describir la historia unificada para el diseño del juego serio. Para esto, todos los participantes deben acordar por unanimidad el consenso para obtener el guión lúdico del juego (Tabla 3.6).

Guión Lúdico del Juego Serio	
Rol: Experto en Videojuegos	
<p>Historia:</p> <p>“Construir una infraestructura de Cableado Estructurado mediante tareas de tipo ill-defined dentro de un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con la asistencia de un tutor inteligente ”</p> <p>La historia se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en donde los estudiantes que deben aplicar los conocimientos teóricos de Cableado estructurado, para esto se tiene que armar tareas de tipo ill-defined, una tarea podría representar un nivel de dificultad, el primer nivel puede componerse de una tarea bien definida para que el estudiante pueda contrastar de mejor forma entre las tareas bien definidas y las tareas de tipo ill-defined. Adicionalmente el avatar del personaje principal tendrá la ayuda permanente de un tutor inteligente automatizado para poder desarrollar las diferentes tareas.</p>	
<p>¿Contenido del Aprendizaje (lo que se quiere desplegar en el escenario del juego)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tareas para obtener una aproximación a problemas de tipo ill-defined con la temática de Cableado Estructurado. • 1 tarea para para solución un problema de tipo bien definido en la temática de Cableado Estructurado. • Entorno Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones. 	
Personajes	
<p>Héroes</p> <p>Avatar, que corresponde al estudiante universitario que debe desarrollar tanto las tareas de tipo ill-defined como la tarea de tipo bien definida .</p> <p>Búho (Tutor Inteligente Automatizado), que es el acompañante y guía en las tareas que debe realizar el personaje principal.</p>	<p>Villanos</p> <p>No habrá villanos en esta historia, debido al enfoque es armar la infraestructura de Cableado Estructurado.</p>
<p>Mundos de Juego:</p> <p>El Entorno Virtual de Aprendizaje de la Facultad de Ingeniería de Sistemas en 3 dimensiones, que se encuentra dividida tanto en pisos como en las diferentes tareas que han sido propuestas para cada uno de los niveles.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se presenta una tarea para resolver un problema de tipo bien definido el cual consiste en ponchar el cable UTP con el conector RJ-45 con acuerdo a cualquiera de las normativas estándar, como son: 568-A y 568-B de la normativa vigente. 2. Se debe presentar otra tarea para obtener una aproximación a un problema de tipo ill-defined que consiste en la construcción de la infraestructura de Red de los laboratorios de computación de la facultad. 	

<p>Mundos de Juego:</p> <p>3. El siguiente debe ser el planteamiento y selección de la ubicación del datacenter del edificio de la facultad de acuerdo con la selección en la tarea anterior de la cantidad de laboratorios de computación que se realizó el armado del cableado estructurado.</p>
<p>¿Cómo se gana el juego?</p> <p>Con la guía del Búho(Tutor Inteligente Automatizado), se debe ingresar a desarrollar las tareas presentes en cada nivel, empezando por la primera tarea que obtiene un problema bien definido y a continuación con las tareas que obtienen una aproximación a las tareas de tipo ill-defined en la temática de Cableado Estructurado en los laboratorios de computación del edificio de la facultad.</p>
<p>Objetos Multimedia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avatar del personaje. • Tutor inteligente automatizado. • Objetos en 3 dimensiones propios de la infraestructura del edificio como paredes, gradas, ventanas, puertas. • Objetos en 3 dimensiones para armar la infraestructura de red como canaletas y uniones de canaletas, cables de red.
<p>Técnicas de Gamificación:</p> <p>Asistente Inicio</p> <p>Niveles de Juego</p>

Tabla 3.6. Fase 3: Formulario de Guión Lúdico del Juego Serio

3.6.1.1.4. Fase 4: GamePlay

La Fase 4 tiene como objetivo primordial especificar la funcionalidad del juego serio, la misma que debe estar acorde a los objetivos pedagógicos determinados en la Fase 2. Para esto nos apoyaremos en las tarjetas Gameplay que se obtienen como artefactos en esta fase.

Pasos Iniciales

Como pasos previos a la inicialización de la fase de debe llevar a efecto una inducción y familiarización de los legos y tarjetas GamePlay por parte del experto facilitador de la metodología (Fredy G.).

Descripción de la fase

En la ejecución de la fase el facilitador y experto de la metodología iPlus (Fredy G.), explica al resto del equipo las actividades a desarrollar para obtener como artefacto resultado de la fase las tarjetas Gameplay. Estas tarjetas nos ayudarán a explicar la funcionalidad y las acciones que deberá tener nuestro juego serio.

Participantes

En la Fase 4 para el diseño y elaboración de las tarjetas Gameplay deben participar todos los integrantes del equipo iPlus.

Herramientas

Las herramientas que se utilizan son los legos Gameplay para determinar las acciones y funcionalidad del juego serio. A continuación, en la Figura 3.27, se pueden apreciar algunos legos que representan acciones que se han utilizado en el presente juego serio:

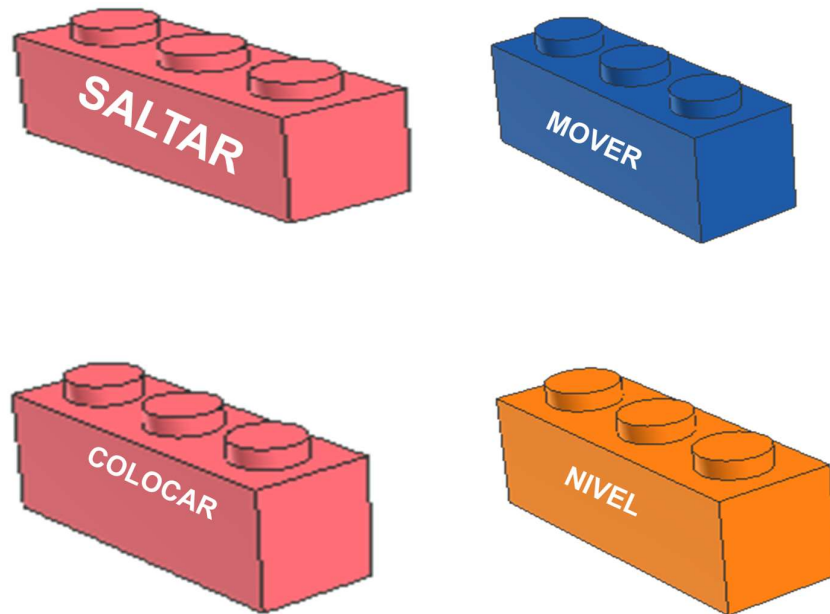


Figura 3.27. Fase 4 iPlus. Legos Gameplay para representar las acciones del juego serio

Materiales/Recursos

Se han descrito las diferentes tarjetas Gameplay para determinar la funcionalidad del juego serio. En la Figura 3.28, se presenta una tarjeta Gamplay desarrollada como ejemplo.

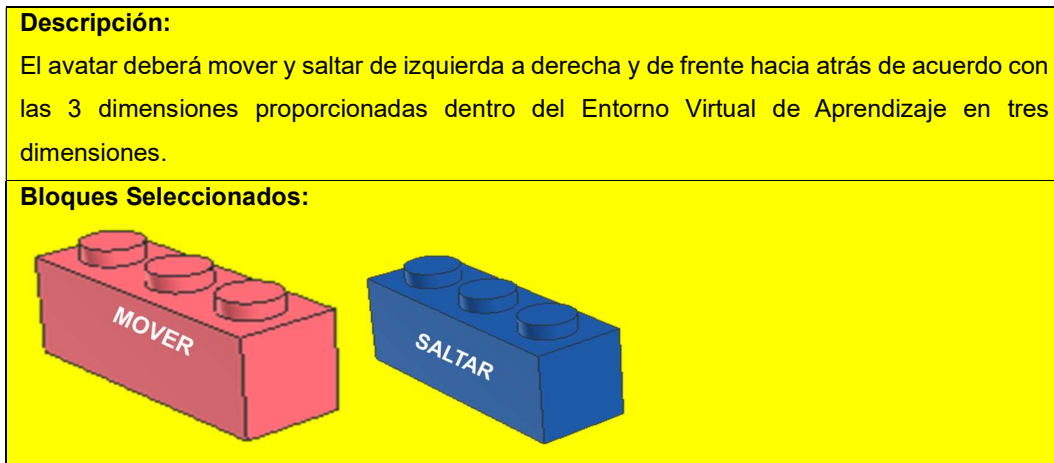


Figura 3.28. Fase 4 iPlus. Tarjeta Gameplay del juego serio

Artefactos

Los artefactos de salida de la fase 4 de la metodología iPlus corresponde a las tarjetas Gameplay, la descripción del género del videojuego y finalmente los términos clave que se han utilizado.

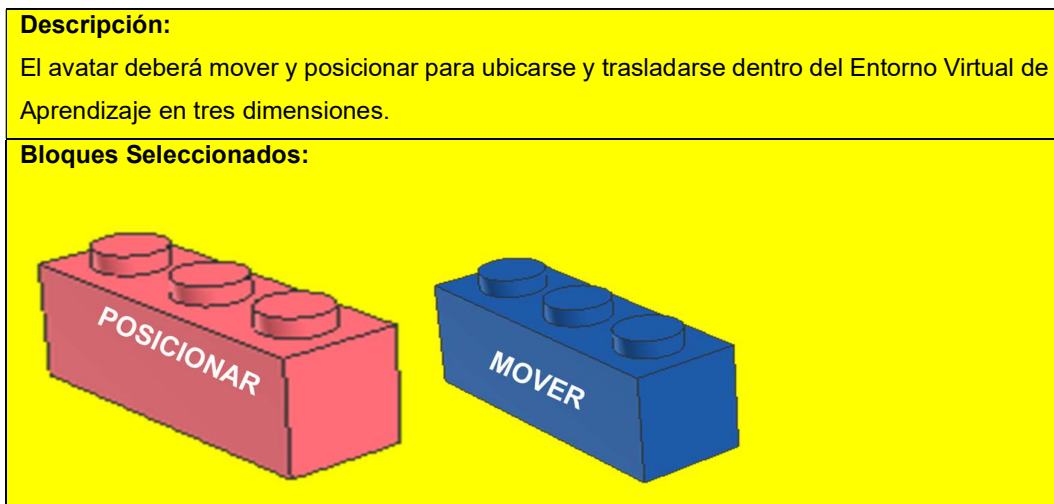


Figura 3.29. Fase 4 iPlus. Tarjeta Gameplay No. 2 del juego serio

En las Figuras 3.29 y 3.30, se aprecian dos tarjetas Gameplay. El resto de las tarjetas obtenidas se detallan en el Anexo 1 correspondiente a la metodología iPlus.

Descripción:
 El avatar deberá desarrollar las tareas para obtener una aproximación a los problemas de tipo ill-defined para seguir con el siguiente nivel dentro del juego serio en el Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

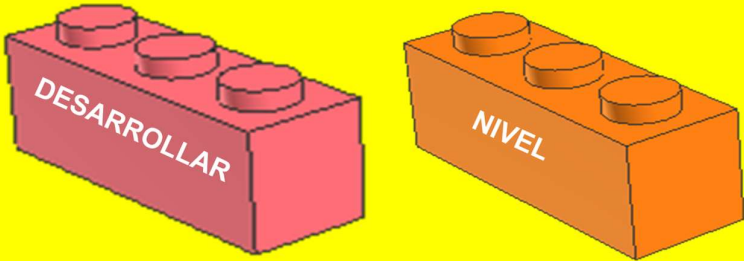


Figura 3.30. Fase 4 iPlus. Tarjeta Gameplay No. 5 del juego serio

El artefacto que se obtiene en esta corresponde a la identificación de términos clave para el diseño del juego serio (Tabla 3.7).

Actividad Identificación de Términos Clave	
Términos Clave: 1	Problemas ill-defined
Términos Clave: 2	Problemas bien definidos
Términos Clave: 3	Niveles
Términos Clave: 4	Asistencia automatizada
Términos Clave: 5	Motivación
Términos Clave: 6	Tutor Inteligente
Términos Clave: 7	Selección objetos
Términos Clave: 8	Ponchado
Términos Clave: 9	Cable UTP
Términos Clave: 10	Conector RJ-45

Tabla 3.7. Fase 4: Identificación de Términos Clave

El siguiente artefacto obtenido corresponde a la identificación del género del video juego o juego serio (Tabla 3.8).

Actividad Identificación del Género del Juego Serio	
Género	Votación
Razonamiento	5
Aventura	1
Estrategia	2

Tabla 3.8. Fase 4: Identificación del Género del Juego Serio

3.6.1.1.5. Fase 5: Refinamiento

La última fase de la metodología iPlus tiene como objetivo la validación de los requisitos. Para esto se debe verificar el cumplimiento de una condición razonable de acuerdo con las características de los requerimientos.

Pasos Iniciales

El facilitador de la metodología iPlus (Fredy G.), presenta al resto de participantes de la metodología las matrices de refinamiento, tanto de para el refinamiento de ideas como para el refinamiento de la funcionalidad descrito en las tarjetas Gameplay.

Descripción de la fase

En esta fase los desarrolladores de la aplicación (Fredy G. y Luis V.) cumplimenta las matrices de refinamiento y verifica los propósitos Gameplay para desarrollar la funcionalidad descrita en los mismos.

Participantes

En la presente fase intervienen el propietario del producto (Soraya S.) y los desarrolladores de software (Fredy G. y Luis V.)

Herramientas

Mediante la respectiva matriz de refinamiento se deben verificar las siguientes características en cada uno de los requerimientos planteados: necesario, apropiado, sin ambigüedades, completo, singular, factible, verificable, correcto y conforme.

Materiales/Recursos

Mediante la matriz de refinamiento de ideas, se procede a determinar cada una de las características citadas en la sección de herramientas de la presente fase. Debido a su extensión, se lo puede visualizar en el Anexo correspondiente a la metodología iPlus.

Artefactos

Historia de Usuario	
Identificador: CL 001	Rol: Jugador
Título Historia: Desarrollar Habilidades Cognitivas	
Prioridad: Alta	
Descripción: Yo, como jugador, requiero una funcionalidad que me permita mejorar mis habilidades cognitivas en Cableado Estructurado, para ello necesito aplicar la teoría en un ambiente en 3 dimensiones que sea en un entorno, lo más realista posible.	
Conversación: <ul style="list-style-type: none">• El usuario abre el juego serio y procede a registrarse si es un usuario nuevo.• Si ya tiene una cuenta de usuario, procede a iniciar sesión con sus respectivas credenciales.• El usuario inicia con una tarea que resuelve un problema de tipo bien definido, sobre la normativa 568-A y 568-B para cablear el conector.• El juego valida la elección del orden de los cables y le proporciona retroalimentación.• Las escenas contienen animaciones con los respectivos mensajes del tutor inteligente automatizado que son atractivas y estimulantes.	

Tabla 3.9. Fase 3: Formulario de Diseño del Juego Serio

Como artefacto de salida de la fase final se desarrolla las respectivas historias de usuario, para esto se va a presentar una historia de usuario en la Tabla 3.9 y Tabla 3.10, el resto se las puede visualizar en el Anexo de iPlus.

Historia de Usuario	
Post-Its:	
<p>ID 1.4</p> <p>Normativa Básica de Cableado Estructurado</p>	<p>ID 2.5</p> <p>Considerar una tarea de un problema de tipo bien definido para que el estudiante contraste mejor los 2 tipos de problemas</p>
<p>ID 3.3</p> <p>Incorporar un ambiente en 3 dimensiones, objetos y avatares llamativos para captar la atención de los estudiantes.</p>	<p>ID 4.1</p> <p>La interfaz debe ser sencilla e intuitiva para la utilización de los estudiantes universitarios.</p>
<p>ID 4.4</p> <p>Brindar retroalimentación positiva o negativa según corresponda</p>	
Gameplay:	
<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes tienen que conocer la normativa 568-A y 568-B para conocer el orden para el cableado del conector con el cable UTP. • El estudiante puede seleccionar y relacionar el orden de los pares trenzados del cable UTP con la normativa de Cableado Estructurado. 	

Tabla 3.10. Fase 5: Historias de usuario del Juego Serio

3.6.1.2. Aplicación de la Metodología MASINA en el Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

La aplicación de la metodología para la implementación de un Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente, se encuentra descrito a detalle en el Capítulo IV, debido a que contribuye para el diseño y desarrollo de la propuesta de la Arquitectura MAEVIF para problemas de tipo ill-defined.

3.6.1.3. Demostración Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

En lo que respecta al funcionamiento del Sistema Multiagente (SMA) Inteligente de Tutoría, se inicia con la visualización de la pantalla de bienvenida que muestra el mensaje de bienvenida correspondiente. Luego, se presenta la pantalla de autenticación del SMA, donde se ofrece al usuario la opción de autenticarse o registrarse como nuevo usuario, como se ilustra en la Figura 3.31.

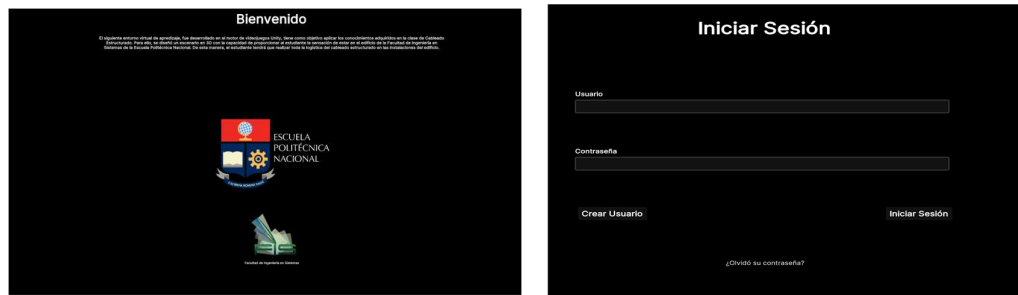


Figura 3.31. Pantallas Iniciales de Autenticación del SMA

Una vez que el estudiante ingresa al SMA Inteligente de Tutoría, se encuentra con una serie de niveles (Figura 3.32) donde, al elegir su avatar, avanza gradualmente a través de cada nivel establecido. En el primer nivel se le plantea una tarea con un problema claramente definido: la conexión del cable UTP al terminal correspondiente siguiendo los estándares 568-A y 568-B. Si se detecta el cumplimiento de alguna de las normas especificadas, el Tutor Inteligente emite un mensaje de confirmación (Figura 3.32 izquierda); de lo contrario, el SMA muestra un mensaje en pantalla alentando al estudiante a intentarlo nuevamente (Figura 3.32 derecha). Cada agente del SMA Inteligente de Tutoría examina si la disposición de los cables cumple con alguno de los estándares establecidos para el progreso del estudiante. Esta tarea bien definida se selecciona como punto de partida para que el estudiante gane experiencia y se familiarice con el funcionamiento.

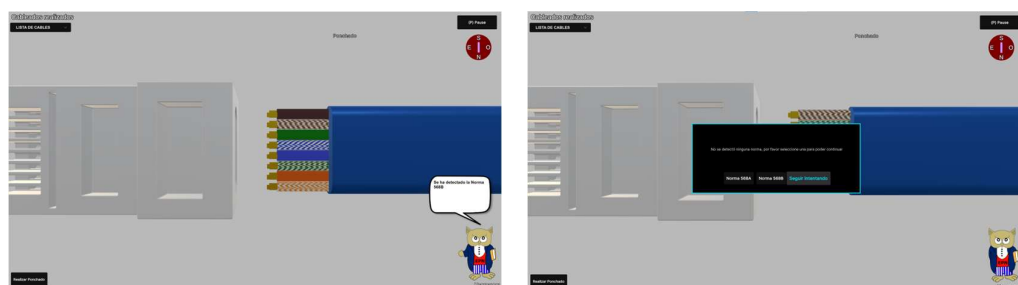


Figura 3.32. Nivel 1: Tarea bien definida en el SMA

En el segundo nivel de implementación del SMA, se prescribe la ejecución de una tarea de tipo ill-defined. Para llevar a cabo esta tarea, se requiere seleccionar entre dos opciones: (1) la primera opción consiste en determinar el piso donde se ubicará el laboratorio. Se definen 4 laboratorios en cada uno de los pisos 3, 4 y 5 del edificio virtualizado correspondiente a la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito, Ecuador, y (2) en cada laboratorio, el estudiante debe elegir la cantidad de puntos de red con los que trabajará. Se otorga la posibilidad de seleccionar entre 3 como mínimo y 6 como máximo de puntos de red en cada laboratorio. Estos detalles se representan en la Figura 3.33.

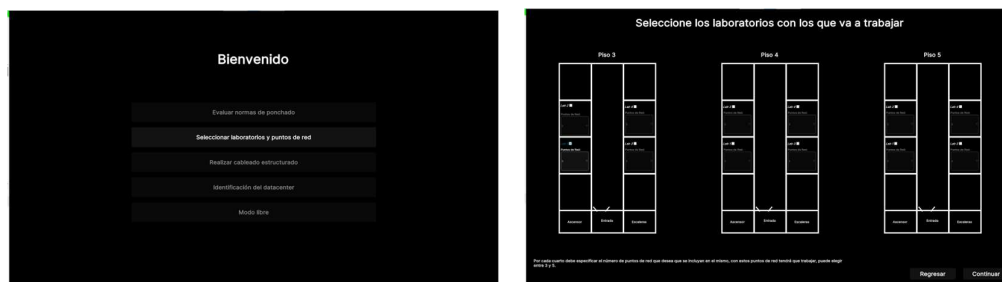


Figura 3.33. Nivel 2: Selección laboratorios y puntos de red

Una vez que el estudiante elige en qué laboratorios trabajar y cuántos puntos de red asignar a cada laboratorio, el avatar del estudiante debe abordar la tarea de tipo ill-defined. En este punto, el Sistema Multiagente (SMA) activa automáticamente el tercer nivel de ejecución, donde se espera que el estudiante coloque la infraestructura necesaria en cada uno de los laboratorios seleccionados.

La infraestructura incluye varios elementos como tuberías con sus respectivas uniones para las paredes, canaletas con diferentes uniones para la instalación en el piso o techo, un rack de 24 unidades y un switch para cada laboratorio, así como un rack de 48 unidades con un router destinado al datacenter. Todos estos elementos se encuentran accesibles para el avatar del estudiante a través del inventario disponible. Se presentan tres casos distintos para el desarrollo de estas tareas.

3.6.1.3.1. Caso I: Con un laboratorio de 3 puntos de red

En este caso se selecciona 1 laboratorio con 1 punto de red, en esta caso se selecciona el laboratorio 1, como se muestra en la Figura 3.34.

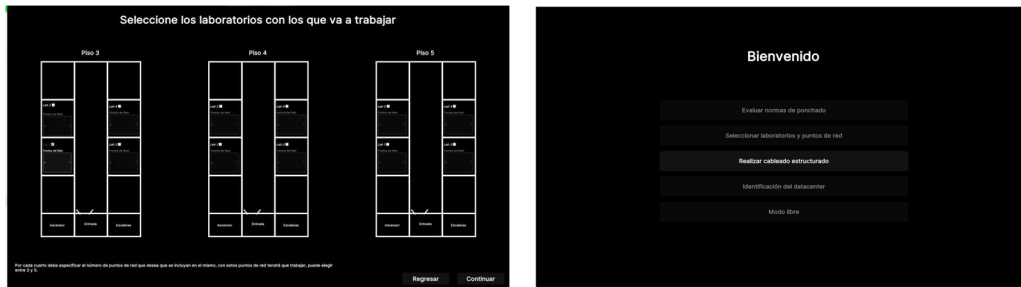


Figura 3.34. Caso I: Selección Laboratorio 1 con un punto de red

En el nivel 3, la interacción se inicia en los exteriores del edificio de la facultad. Al ingresar al edificio, comienza la interacción de la tutoría respectiva con el tutor inteligente. En la Figura 3.35, a la izquierda, se muestra la guía del tutor inteligente con un mensaje en formato de texto que indica dirigirse al piso 3 para encontrar el laboratorio 1. Cada laboratorio está identificado con su respectiva nomenclatura en la parte superior de la puerta de entrada, como se puede observar en la Figura 3.35 a la derecha.



Figura 3.35. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda la interacción del Tutor Inteligente y a la derecha ingreso al Laboratorio 1

Después de acceder al laboratorio elegido, la tarea inicial consiste en seleccionar la mejor ubicación para el Rack de comunicaciones, lo cual está directamente relacionado con la cantidad de puntos de red elegida, como se muestra en la Figura 3.36. Para facilitar este proceso, el SMA cuenta con una animación que permite remover tanto el falso piso como el falso techo, proporcionando una vista detallada y facilitando la elección del emplazamiento más adecuado para el Rack de comunicaciones.

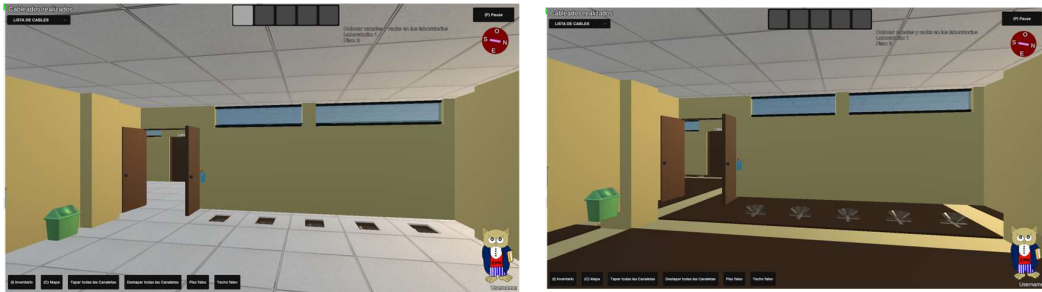


Figura 3.36. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda la interacción del Tutor Inteligente y a la derecha ingreso al Laboratorio 1

Este es el primer aporte relevante del Tutor Inteligente, debido a que aporta significativamente al guiar al estudiante en la primera tarea de resolución de un problema 'ill-defined', que implica el diseño y desarrollo del cableado de red en un laboratorio. En la Figura 3.37, se presenta la tutoría inteligente del SMA; cuando el rack se destaca con una animación en color verde, sugiere una ubicación probable, aunque no necesariamente la óptima en relación con los puntos de red. En este escenario, el tutor inteligente orienta al avatar del estudiante de dos formas: (1) a través de mensajes en formato de texto y (2) mediante proyecciones gráficas, donde la mejor ubicación se destaca en color azul, como se ilustra en la Figura. El Sistema Multiagente (SMA) Inteligente de Tutoría emplea algoritmos de inteligencia artificial para respaldar esta funcionalidad.



Figura 3.37 Guía del SMA para la ubicación del Rack del Laboratorio

Después de instalar el rack de 24 unidades en el laboratorio, el estudiante procede a diseñar y establecer la estructura del cableado estructurado. Para este propósito, dispone de elementos en el inventario como tuberías con conexiones exclusivas para paredes, y canaletas con sus respectivas uniones para el techo o el piso. Estos elementos pueden ser

accedidos desde el inventario a disposición del avatar del estudiante, como se visualiza en la Figura 3.38.

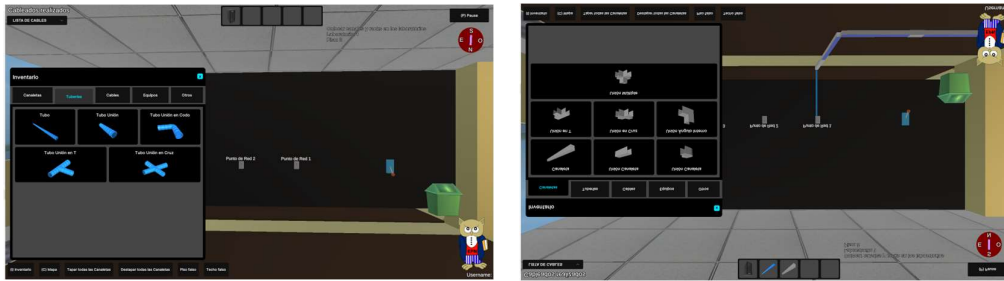


Figura 3.38. Caso I: Acceso a objetos del inventario. A la izquierda objetos para paredes y a la derecha objetos para pisos.

Durante la instalación de las tuberías y canaletas en el Cableado Estructurado del laboratorio, la guía del tutor inteligente del SMA, a través del Agente de Comunicación, ayuda al estudiante indicando posibles ubicaciones correctas cuando los objetos se resaltan en color verde. Sin embargo, esta coloración no garantiza la mejor ubicación. El SMA asiste de dos maneras: (1) mediante instrucciones en formato de texto y (2) con proyecciones gráficas resaltadas en color azul que indican la ubicación óptima, basada en algoritmos de inteligencia artificial ejecutados en el Agente de Múltiples Soluciones y comunicados al Agente de Tutoría. Estos algoritmos se generan y evalúan utilizando A*. Este proceso representa la aproximación a una solución para el problema de tipo ill-defined, estableciendo así una valiosa guía en el SMA. Este proceso se ilustra en la Figura 3.39, que muestra la orientación proporcionada por el tutor inteligente para la ubicación de los objetos tanto en las paredes como en el piso.



Figura 3.39. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda en el desarrollo del Cableado Estructurado en paredes y a la derecha en pisos.

Después de colocar los respectivos elementos para el Cableado Estructurado tanto de pisos como de paredes, se procede a colocar el cable UTP, para esto el SMA posee una

animación en donde del inventario el avatar del estudiante selecciona el cable UTP y en el escenario debe seleccionar el punto inicial que corresponde al punto de red y el punto final el equipo de comunicación en este caso un switch colocado previamente desde los equipos a disposición del inventario, este proceso se debe repetir en el mismo orden para cada punto de red del laboratorio, como se muestra en el Figura 3.40.

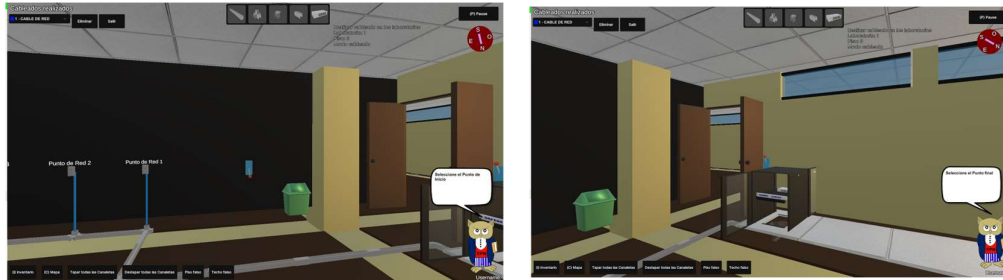


Figura 3.40. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.

Una vez completadas todas las tareas, se logra resolver con éxito el primer problema de tipo ill-defined, como se muestra en la Figura 3.41. En este punto, el tutor inteligente del SMA envía un mensaje al estudiante informando que ha sido exitosamente completado. Posteriormente, el SMA desbloquea el siguiente nivel, marcando así el progreso del estudiante en la plataforma educativa.

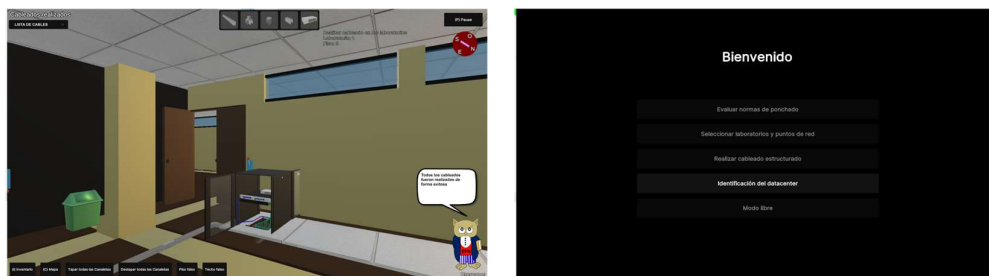


Figura 3.41. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.

En el cuarto nivel de ejecución del SMA, se plantea la tarea de determinar la ubicación del Datacenter de Comunicaciones, representando la segunda tarea para resolver un problema de tipo ill-defined. La complejidad de esta tarea radica en que la ubicación del datacenter no está predefinida, sino que depende tanto de la cantidad de laboratorios seleccionados por el usuario en el nivel 2 como de la ubicación física de dichos laboratorios. Esta variabilidad obliga a adaptar la ubicación del datacenter en consecuencia. Tal como

se ilustra en la Figura 3.42, se muestra la elección del piso para la ubicación del datacenter: a la izquierda se muestra una elección incorrecta y a la derecha, la elección correcta del piso donde se ubicará el datacenter.

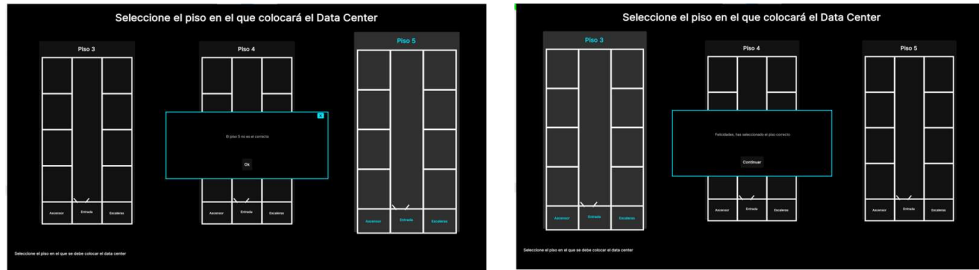


Figura 3.42. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.

Hasta el momento se ha seleccionado solo el piso correcto, esto no determina la ubicación final del datacenter en su totalidad, para continuar con la tarea que resuelve el segundo problema de tipo ill-defined, se tiene 4 ubicaciones disponibles en cada piso, en este caso, el SMA ejecuta el correspondiente Algoritmo Genético de Inteligencia Artificial en donde se determina en el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones donde debe ser la ubicación óptima del datacenter, para esto el SMA genera una animación en donde gráficamente puede determinar el Backbone del Edificio y dirige el tutor inteligente también con mensajes de texto donde debe ser la ubicación del Datacenter, como se puede apreciar en la Figura 3.43.

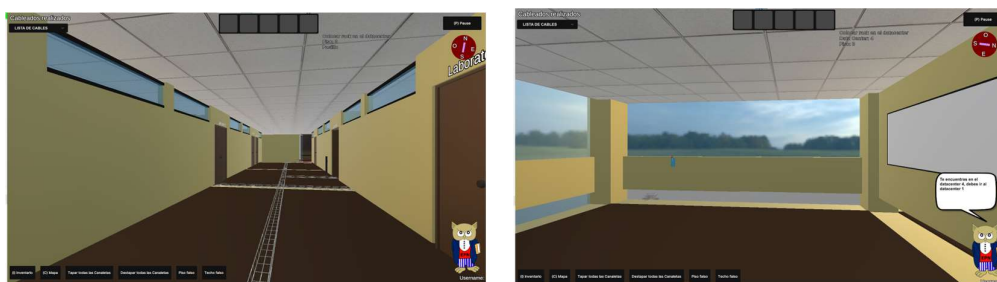


Figura 3.43. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica para ubicación del datacenter y a la derecha asistencia en modo texto.

Una vez dentro del laboratorio correcto, el tutor envía un mensaje de confirmación, como se muestra en la Figura 3.44. A la izquierda, se observa hasta dónde llega la animación del diseño del Backbone del edificio, indicando la ubicación óptima para el Rack y su equipo de comunicaciones. En la parte derecha de la Figura 3.44, se aprecia la

colocación del rack de 48 unidades diseñado específicamente para el datacenter, situado en una posición óptima. El objeto se resalta en color verde con un mensaje del tutor virtual confirmando su correcta ubicación. Este hito representa el segundo aporte significativo al resolver el segundo problema de tipo ill-defined, la 'Ubicación del Datacenter', a través del Agente Evaluador de Múltiples Soluciones con el uso del Algoritmo Genético.

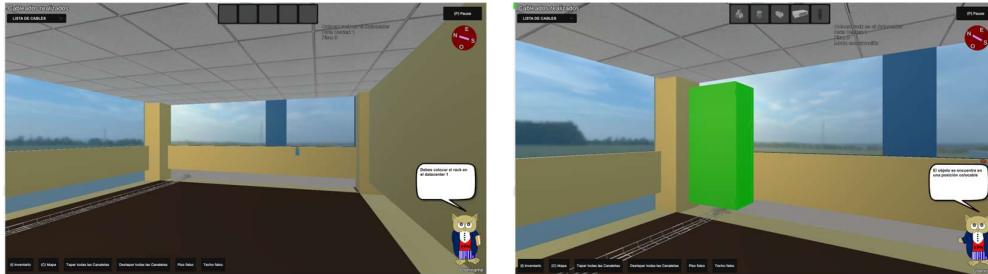


Figura 3.44. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica del SMA para ubicación del rack y a la derecha asistencia en modo texto.

Una vez que se coloca el Rack de 48 unidades con su equipo de comunicaciones en la ubicación óptima, el tutor inteligente muestra un mensaje en formato de texto (Figura 3.45, izquierda) confirmando el éxito en la finalización de la tarea que resuelve el segundo problema de tipo ill-defined. Esta acción desencadena el desbloqueo del quinto y último nivel del SMA (Figura 3.45, derecha), donde el estudiante tiene la libertad de seguir expandiendo la infraestructura del Cableado Estructurado de forma libre, sin restricciones, utilizando los elementos disponibles en el inventario.



Figura 3.45. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica del SMA para ubicación del rack y a la derecha asistencia en modo texto.

3.6.1.3.2. Caso II: Con dos laboratorios de 3 y 4 puntos de red

En este caso el primer nivel de ejecución del SMA es el mismo que el Caso I, en el segundo nivel de ejecución al momento de seleccionar los laboratorios y el número de puntos de red, en este caso vamos a seleccionar dos laboratorios, el Laboratorio con 3

puntos de red y el laboratorio 2 con 4 puntos de red como se puede apreciar en la Figura 3.46.

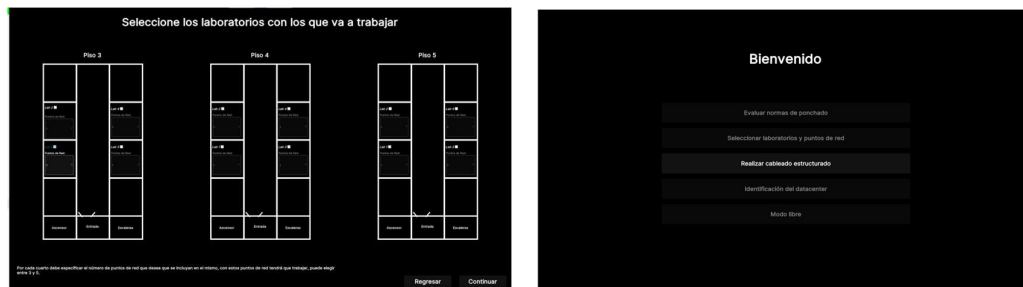


Figura 3.46. Caso II: Selección Laboratorio 1 y Laboratorio 2

El proceso sigue el mismo procedimiento que en el Caso I, con la variación de seleccionar dos laboratorios, uno de ellos con 4 puntos de red. Mientras que en el Laboratorio 1 se optó por 3 puntos de red. Al finalizar la configuración del Cableado Estructurado, el resultado obtenido se muestra en la Figura 3.47.

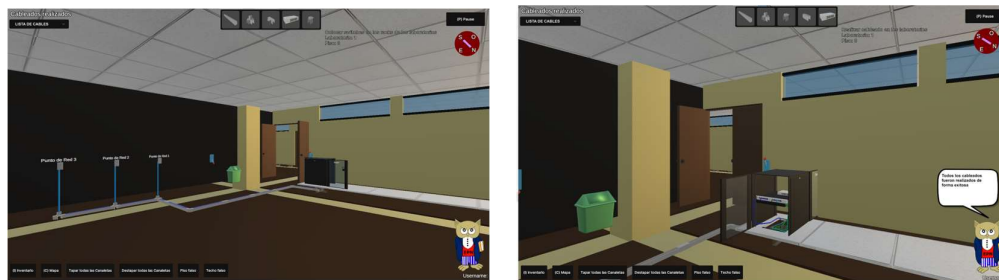


Figura 3.47. Caso II: Resultado Laboratorio 1. A la izquierda, se aprecia el Cableado Estructurado y a la derecha el mensaie del Tutor Inteligente

En el Laboratorio 2, se eligieron 4 puntos de red, como se muestra en la Figura 3.48. La ubicación óptima para el rack de 24 unidades en este laboratorio difiere del Laboratorio 1, ya que varía según la cantidad de puntos de red seleccionados, como se ilustra en la Figura 3.48 a la izquierda. En la parte derecha de la Figura, se presenta el mensaje del Tutor Inteligente confirmando la finalización del diseño y desarrollo del Cableado Estructurado, incluida la instalación del cable UTP. En este caso, se resuelve el primer problema de tipo ill-defined.

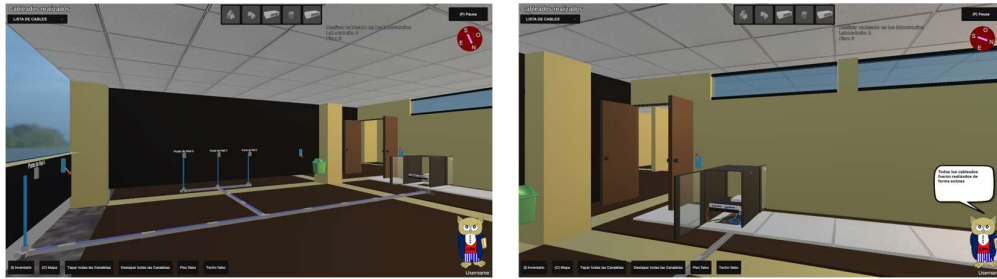


Figura 3.48. Caso II: Resultado Laboratorio 2. A la izquierda, se aprecia el Cableado Estructurado y a la derecha el mensaje del Tutor Inteligente

En el segundo problema de tipo ill-defined, que difiere del Caso I al centrarse en el Datacenter 2, el Agente de Tutoría se coordina con el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones para que el Algoritmo Genético determine la solución al trabajar con dos Laboratorios. Como se muestra en la Figura 3.49 a la izquierda, el Tutor guía al estudiante hacia el Datacenter 2. A la derecha, se observa que el Tutor Inteligente envía un mensaje en formato de texto al estudiante para indicar la ubicación óptima del Datacenter.

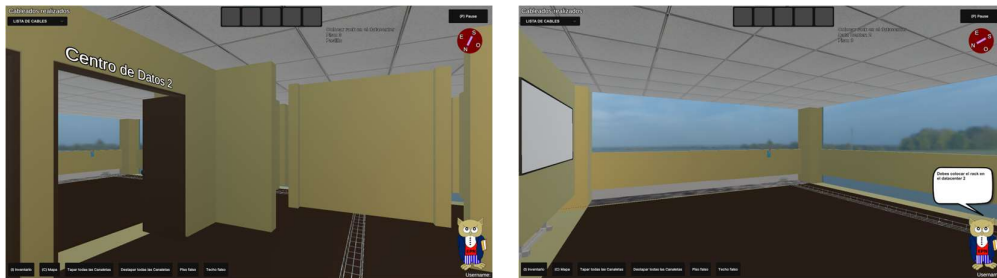


Figura 3.49. Caso II: Ubicación Datacenter. A la izquierda, se aprecia el espacio de Datacenter 2 y a la derecha el interior del Datacenter 2

Finalmente, se muestra el rack de 48 unidades con su equipo de comunicaciones correctamente ubicado en la posición óptima al trabajar con 2 laboratorios, uno con 3 puntos de red y otro con 4 puntos de red, tal como se visualiza en la Figura 3.50.



Figura 3.50 Guía del SMA para la ubicación del Rack del Laboratorio

3.6.1.3.3. Caso III: Con tres laboratorios de 3,4 y 5 puntos de red

En este escenario, se trabajará con 3 laboratorios que poseen 3, 4 y 5 puntos de red respectivamente: Laboratorio 1, Laboratorio 2 y Laboratorio 3. El primer nivel de interacción en el SMA es consistente con los Casos I y II, por lo que se muestra la interacción del segundo nivel en la Figura 3.51.

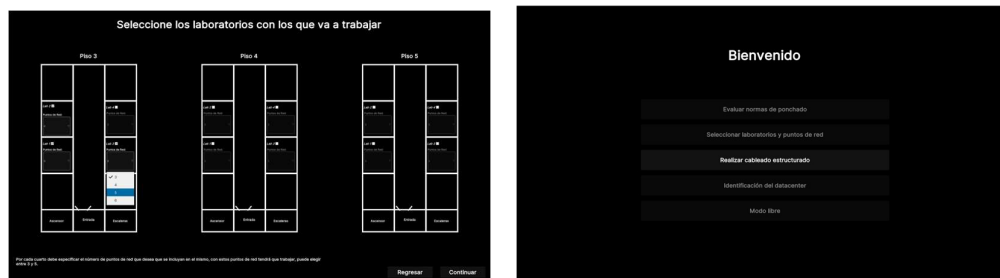


Figura 3.51. Caso III: Selección Laboratorio 1, Laboratorio 2 y Laboratorio 3

A continuación, se aborda la resolución del primer problema de tipo ill-defined. En la Figura 3.52 a la izquierda, se muestra la nomenclatura del Laboratorio 1, y a la derecha se observa el resultado del Cableado Estructurado para el Laboratorio 1, que contiene 3 puntos de red. Para este proceso, se deben seguir los pasos detallados descritos en el Caso I.

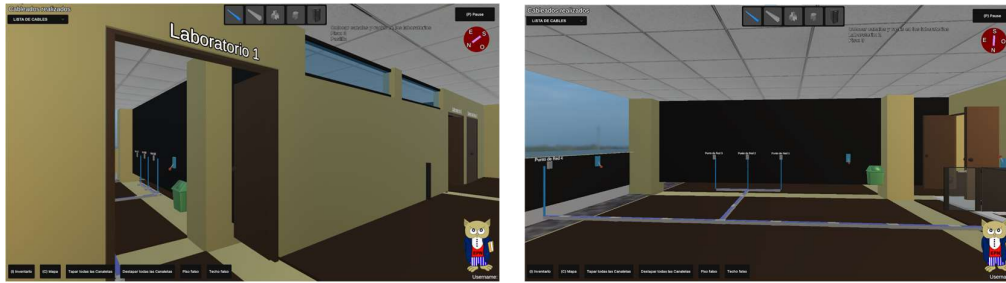


Figura 3.52. Caso III: A la izquierda Laboratorio 1 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 3 puntos de red.

Después de finalizar el Cableado Estructurado en el Laboratorio 1, se procede a completar la tarea con la asistencia del SMA Inteligente de Tutoría para el Laboratorio 2, que contiene 4 puntos de red. En la Figura 3.53, a la izquierda se muestra la nomenclatura del Laboratorio 2, y a la derecha se visualiza el resultado del diseño y desarrollo del Cableado Estructurado para resolver el problema de tipo ill-defined. En este proceso, los diversos Agentes del SMA Inteligente de Tutoría colaboran para orientar al estudiante de manera conjunta.

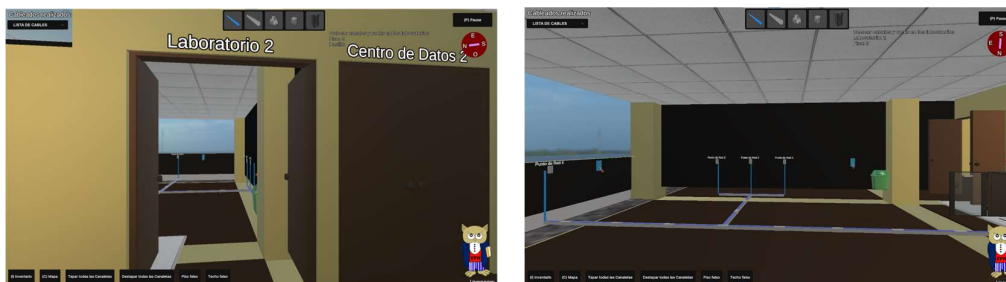


Figura 3.53. Caso III: A la izquierda Laboratorio 2 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 4 puntos de red.

Luego de completar el Cableado Estructurado en el Laboratorio 2, el estudiante debe abordar el diseño del Cableado Estructurado para el Laboratorio 3, el cual cuenta con 5 puntos de red. El proceso para lograr el resultado es similar al seguido en los Laboratorios 1 y 2. En la Figura 3.54, a la izquierda, se muestra la nomenclatura del Laboratorio 3; a la derecha se exhibe el resultado del Cableado Estructurado que incluye 5 puntos de red. Es importante señalar que la ubicación del rack con el equipo de comunicaciones difiere de la de los Laboratorios 1 y 2, dado que su colocación está directamente relacionada con el número y la ubicación de los puntos de red.



Figura 3.54. Caso III: A la izquierda Laboratorio 3 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 5 puntos de red.

En el cuarto nivel de ejecución del SMA, se aborda la tarea de identificar la ubicación óptima del datacenter. Para lograr esto, el Agente de Tutoría colabora con el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones para encontrar una solución al segundo problema de tipo ill-defined. Esta solución se transmite a través del Agente de Comunicación Global y el Agente de Comunicación con el Estudiante en el SMA. La Figura 3.55 muestra el inicio del nivel 4 del SMA.

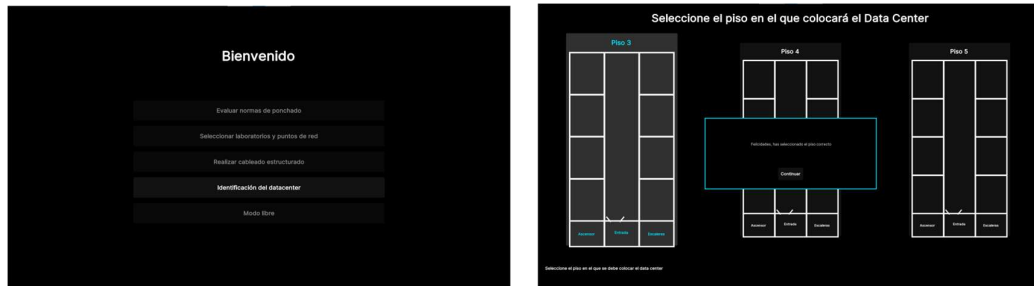


Figura 3.55. Caso III: A la izquierda Nivel 4 del SMA y a la derecha selección piso para la ubicación óptima del Datacenter.

En la Figura 3.56, a la izquierda se muestra el diseño y desarrollo del Backbone generado por el SMA mediante la interacción de cada uno de sus agentes, lo que resultó en la ubicación. En la parte derecha, se observa que el resultado de la generación, utilizando el algoritmo genético, determinó que el Datacenter 1 es la ubicación óptima.



Figura 3.56. Caso III: A la izquierda Backbone del Edificio y a la derecha Datacenter 1 como ubicación resultante.

Al ingresar al Datacenter 1, en la Figura 3.57 a la izquierda, se muestra la guía proporcionada por el Tutor Inteligente al señalar al estudiante la ubicación óptima para el rack de 48 unidades. Esta guía se proporciona de dos maneras: (1) mediante un mensaje en formato de texto y (2) a través de una tutoría visual. En la parte derecha de la figura, se visualiza el rack colocado en la posición deseada, y el Tutor Inteligente envía un mensaje de confirmación indicando que el rack se ha instalado correctamente en el Datacenter.

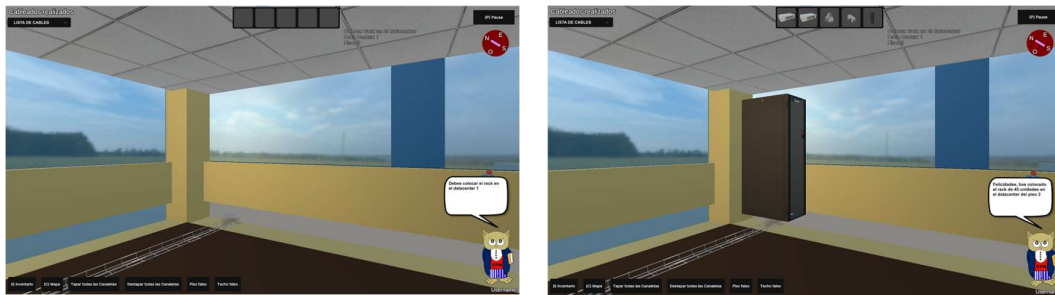


Figura 3.57. Caso III: A la izquierda guía del Tutor Inteligente para la ubicación del rack en el Datacenter 1 y a la derecha resultado de colocación del rack.

Por último, se observa el desbloqueo del nivel 5 del SMA, también conocido como Modo Libre, donde el estudiante tiene la libertad de diseñar y desarrollar el Cableado Estructurado en los otros laboratorios de la facultad utilizando los objetos y elementos disponibles a través del inventario, como se muestra en la Figura 3.58.

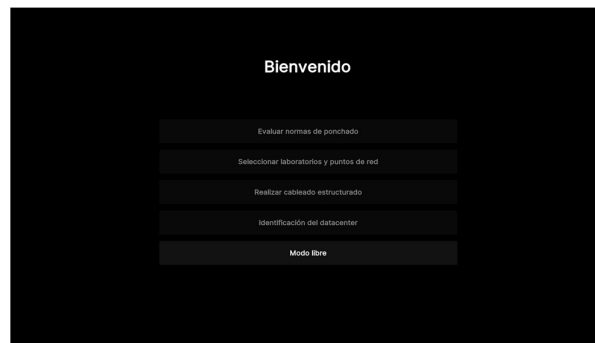


Figura 3.58 Nivel 5 desbloqueo Modo Libre del SMA.

3.6.1.4. Análisis y resultado del Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

Tras el desarrollo y la implementación del cuarto artefacto, configurado como un juego serio en un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D (EVA3D) con un Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría, se pueden observar resultados significativos que destacan la funcionalidad y eficacia de la plataforma educativa avanzada diseñada para abordar problemas complejos y mejorar la experiencia de aprendizaje.

Implementación del Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría: El tutor inteligente, implementado como un sistema multiagente, ha mostrado ser especialmente efectivo debido a que integra varios agentes autónomos, cada uno especializado en diferentes aspectos del proceso educativo. Estos agentes trabajan conjuntamente, requiriendo comunicación constante durante la ejecución para asegurar una coordinación efectiva que apoye la funcionalidad del sistema. Este enfoque permite una tutoría dinámica y adaptativa que guía a los estudiantes a través de las tareas de cableado estructurado, centradas en la resolución de problemas ill-defined.

Aplicación de la Metodología iPlus en el Diseño Pedagógico: La adopción de la metodología iPlus ha sido fundamental para el diseño y desarrollo de contenido pedagógico que informa la narrativa del juego serio. Esta metodología ha permitido estructurar un entorno de aprendizaje que no solo es educativo, sino también interactivo y entretenido. La combinación de rigor académico con un componente lúdico atractivo asegura que las tareas planteadas no solo educan sino que también enganchan activamente a los estudiantes. Este enfoque transforma desafíos complejos en actividades estimulantes que fomentan la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades prácticas.

Implicancia Educativa del Juego Serio: Con la implementación del Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente, el artefacto proporciona una plataforma robusta donde los estudiantes pueden explorar y resolver problemas de cableado estructurado de forma que se alinea con objetivos de aprendizaje realistas y aplicables. Esto prepara a los estudiantes no solo para enfrentar desafíos académicos sino también para aplicar sus conocimientos en situaciones de la vida real, promoviendo así un aprendizaje integral y aplicado.

3.7. Etapa V DSR: Evaluación

En el capítulo 5 de este trabajo de tesis, se presenta de manera detallada la evaluación y validación de la metodología propuesta. Se establece un proceso meticuloso para evaluar y validar cada uno de los artefactos, considerándolos como logros parciales dentro del marco de la investigación. Además, se somete la propuesta metodológica MAEVIF-PID a la evaluación y validación de expertos en investigación, quienes son especialistas en Entornos Virtuales de Aprendizaje, Metodologías de Juegos Serios y metodologías para tutores inteligentes automatizados. Estas evaluaciones sirven como culminación y verificación de los resultados obtenidos en la investigación, confirmando la eficacia y relevancia de la metodología propuesta.

3.8. Etapa VI DSR: Comunicación

La etapa de comunicación se desarrolla dentro del capítulo 6 del trabajo de tesis. En esta sección, se proporciona un resumen de las publicaciones derivadas de la presente investigación, tanto en conferencias como en artículos publicados en revistas de renombre. Esta fase busca compartir los hallazgos y contribuciones de la investigación con la comunidad académica y científica, fortaleciendo así la difusión de conocimientos en el campo de estudio.

3.9. Resumen del Capítulo

Mediante los lineamientos de la metodología Design Science Research y aplicando sus fases correspondientes, se procede a desarrollar la investigación, con la descripción del diseño y desarrollo de cada uno de los artefactos descritos para de esta manera determinar las contribuciones de este trabajo de tesis.

En el desarrollo del artefacto 1 se destacan varios puntos importantes derivados del análisis y resultados obtenidos. En primer lugar, se logró representar en tres dimensiones el edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Politécnica Nacional con una fidelidad visual muy cercana a la realidad, marcando un hito significativo en la representación de entornos físicos. Además, se comenzó a explorar la temática de

cableado estructurado en el entorno virtual 3D (EVA3D), abordando aspectos cruciales como la definición precisa de distancias de conexión y las curvaturas permitidas en la implementación del cableado, lo que representa un avance relevante en este campo.

En el diseño y desarrollo del segundo artefacto, se han realizado análisis cruciales sobre su uso y desempeño, destacándose la utilización del motor de juegos Unity 3D, que cumplió satisfactoriamente con las necesidades de la investigación al ofrecer detalles avanzados en la manipulación de objetos y facilitar la creación de un inventario para el cableado estructurado. Además, se virtualizó una segunda infraestructura universitaria con un alto nivel de detalle en las texturas, gracias a Blender y Unity 3D, lo que refuerza la versatilidad de estos entornos en educación. Las funcionalidades de las animaciones, que permiten hacer aparecer o desaparecer partes de la infraestructura y las interacciones del avatar principal, han sido valiosas para probar el framework DPE (Design, Play and Experience) en sus variadas capas de desarrollo, evidenciando la efectividad del enfoque implementado.

En el desarrollo del tercer artefacto, se revelan puntos clave que destacan la evolución y adaptabilidad de las herramientas de aprendizaje en respuesta a necesidades educativas prácticas y contemporáneas. Este artefacto ha logrado integrar una amplia gama de normativas, estándares y buenas prácticas en cableado estructurado, permitiendo a los estudiantes contrastar teoría y práctica en un entorno controlado, favoreciendo una comprensión profunda de los principios técnicos. La visualización gráfica en dos dimensiones de la infraestructura de un piso es útil para segmentar visualmente cada espacio de trabajo y planificar el cableado estructurado, mejorando la comprensibilidad estructural y funcional. Además, se ha implementado el algoritmo A* para tratar problemas ill-defined, identificando y seleccionando soluciones óptimas, lo cual subraya la eficiencia computacional y la economía de tiempo. También, se ha diseñado un algoritmo genético para determinar la ubicación óptima del cuarto de comunicaciones considerando variables como el número y posición de los laboratorios, demostrando la aplicabilidad efectiva de la optimización en la práctica.

En el desarrollo del cuarto artefacto, se determina bajo los lineamientos de dos metodologías, la primera centrada en el diseño, como la metodología iPlus, la misma que consta de cinco fases, cada una con la identificación de los participantes, el desarrollo del proceso, la utilización de herramientas y materiales específicos para finalmente realizar la transición entre cada fase con la entrega del artefacto correspondiente.

Se determina los resultados de desarrollar un juego serio como producto de aplicar la metodología iPlus en la obtención de una aproximación a problemas de tipo ill-defined desarrollando tareas de la temática de Cableado Estructurado.

Capítulo 4: Propuesta de Arquitectura MAEVIF-PID

En el planteamiento de la Arquitectura MAEVIF para el tratamiento de problemas de tipo ill-defined, determina de manera paralela el desarrollo de Sistemas Multiagentes Inteligentes con el propósito de ofrecer tutoría personalizada a los usuarios dentro del entorno virtual. Estos sistemas están concebidos para adaptarse dinámicamente a las necesidades y comportamientos de los usuarios, proporcionando asistencia y orientación en tiempo real. Esta integración de agentes inteligentes en la arquitectura es fundamental para mejorar la efectividad del aprendizaje y la resolución de problemas en contextos donde las soluciones no están claramente definidas.

4.1. Sistemas Multiagentes

Los sistemas para la Resolución de Problemas Distribuidos (RPD) y la Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) incluyen sistemas multiagente que estudian y modelan el conocimiento y las acciones de los sistemas colaborativos [284]–[287]. El aumento de los recursos disponibles en las redes y la gran capacidad de cálculo de los nodos componentes de las redes han impulsado el desarrollo de la Inteligencia Artificial Distribuida [288], [289].

Los Sistemas de Resolución de Problemas Distribuidos creen que un problema complejo puede ser dividido en varios módulos o nodos para tratarlo, y estos módulos o nodos deben trabajar juntos y compartir el conocimiento que tienen. La interacción entre los módulos en este tipo de sistemas se establece durante el proceso de diseño [288].

Los Sistemas Multiagente, por otro lado, se ven como una red de agentes con un bajo nivel de acoplamiento; la interacción entre los agentes no está fijada en tiempo de diseño como en los sistemas RPD [290], [291]. Para tratar problemas complejos de manera individual, estos agentes deben trabajar juntos [288].

A continuación, se efectúa un análisis introspectivo de los Sistemas Multiagente, comenzando con su conceptualización según las contribuciones destacadas de los pioneros en este campo. Posteriormente, se procede a detallar cada una de las características necesarias para que un Sistema Multiagente sea debidamente identificado como tal. Por último, se delinearán la exposición de un estudio de caso en el contexto de un Entorno Virtual de Aprendizaje tridimensional (EVA 3D).

4.1.1. Definición

Existen diversas perspectivas respecto a cómo conceptualizar los Sistemas Multiagentes (SMA), destacándose principalmente las definiciones de dos autoridades en el campo:

Weiss [292] caracteriza a un agente como una entidad computacional inmersa en un entorno, dotada de la capacidad de llevar a cabo acciones autónomas dentro de dicho entorno para alcanzar las metas establecidas por su diseño.

Por otro lado, Wooldridge [293] define a un agente como un sistema computacional adaptable, autónomo y capaz de actuar en un entorno.

Así, los agentes inteligentes no se limitan a poseer atributos y métodos; su rasgo distintivo es la capacidad de albergar creencias, deseos e intenciones que los relacionan con su entorno y les confieren estados mentales que guían su comportamiento [289], [294].

En cuanto a las características que un agente puede exhibir dentro de un SMA, se enumeran: movilidad, racionalidad, reactividad, sociabilidad, proactividad y autonomía. Además, es posible dotarlos de mecanismos de razonamiento que les permitan abordar situaciones de manera considerada 'inteligente' y evolucionar a través de la experiencia, razón por la cual se les categoriza como agentes inteligentes.

La manera en que se interpretan e implementan estas características de los agentes en un SMA es clave para el éxito en el cumplimiento de los objetivos planteados. Esto también fomenta la integración de diversas áreas de investigación y disciplinas que deben unirse en torno a la concepción de SMA. A continuación, se ofrece una elucidación sobre las propiedades pertinentes a los SMA [294].

4.1.2. Propiedades

En esta sección, se detallan las propiedades clave de los agentes dentro de un Sistema Multiagente (SMA) tal como fueron propuestas por Weiss [292] y Rich [295], enfocándose en las cualidades más significativas que definen la esencia de un agente.

4.1.2.1. Autonomía

En el tejido que compone un SMA, cada agente posee una motivación inherente dirigida por los objetivos que se propone alcanzar. Sin embargo, esta independencia puede verse influenciada por la necesidad de cooperación o asistencia de otros agentes dentro del mismo sistema, presentando un desafío para la estabilidad de su autonomía [295]. Weiss [292] posiciona a la autonomía como el eje central de cualquier agente, argumentando que

un agente se considera autónomo en la medida en que sus acciones se realizan sin necesidad de intervención humana o de otros sistemas externos.

Según Perozo [294], complementa esta visión al definir la autonomía como la capacidad de un agente para generar comportamientos propios y responder a estímulos externos basándose en su situación interna. Esta perspectiva realza la importancia de la autonomía como un atributo definitorio de la agencia, subrayando la habilidad de un agente para operar de manera independiente mientras interactúa dentro de un entorno dinámico y, a menudo, colaborativo.

4.1.2.2. Comunicación

La interacción comunicativa entre los agentes de un Sistema Multiagente (SMA) puede facilitarse mediante el uso de lenguajes basados en ontologías. Dentro de este contexto, una ontología se define como un compendio de conceptos, predicados, secuencias, términos y las relaciones que existen entre estos elementos, todos configurados de manera que sean comprensibles para un colectivo de agentes o para el SMA en su conjunto [292]. Dichas interacciones son diseñadas para operar de manera asíncrona, replicando así las dinámicas de una conversación real dentro del marco computacional [294].

Para llevar a cabo estos diálogos, los agentes intercambian mensajes estructurados que imitan la apariencia exterior y el contenido de un mensaje tradicional. En este esquema, la "cubierta" del mensaje debe detallar la información del agente emisor, los destinatarios (ya sea un agente individual o múltiples agentes), y la naturaleza de la intervención, incluyendo el lenguaje, la ontología y el protocolo empleados. En cuanto al contenido, este se divide en dos partes principales: (1) la performativa, que especifica la intención general del mensaje, y (2) una proposición construida con elementos de la ontología seleccionada, que detalla los tópicos abordados por la performativa. Cada agente, al recibir esta interacción, es capaz de modificar su estado interno y responder mediante un conjunto de acciones [292], [294].

Este enfoque comunicacional deriva de estudios en el campo de la inteligencia artificial, inspirándose particularmente en las sociedades de insectos. Se basa en la utilización de variables que todos los agentes comparten y en las observaciones del entorno donde se despliegan sus actividades [296]. Este sistema no solo promueve una interacción eficiente dentro del SMA, sino que también refleja cómo los principios de la naturaleza pueden ser trasladados al diseño y la operatividad de sistemas computacionales avanzados.

4.1.2.3. Movilidad

La capacidad de movilidad en los agentes refiere a su facultad para desplazarse y actuar dentro de diversos contextos ambientales, facilitando así el paradigma de la computación distribuida. Los agentes tienen la versatilidad de establecerse en cualquier nodo de la red, desempeñando tareas específicas con los recursos que dicho nodo provee, y posteriormente, pueden retornar la información procesada al nodo de origen [292].

Esta modalidad de computación distribuida ostenta beneficios significativos, como la optimización del uso del ancho de banda al evitar la transmisión de datos intermedios generados durante la realización de servicios remotos. Más aún, gracias a la movilidad, los agentes pueden trasladarse a través de redes de diversos tamaños, desde pequeñas hasta el internet, permitiendo la interacción con nodos que se encuentren a grandes distancias geográficas [294].

4.1.2.4. Racionalidad

La propiedad de racionalidad en los agentes se refiere a su capacidad para identificar y seguir un conjunto de objetivos específicos, seleccionando y ejecutando acciones que consideran más apropiadas o eficientes para lograr dichas metas. Esta decisión se rige por el principio de racionalidad, mediante el cual los agentes determinan la mejor curso de acción posible bajo las circunstancias dadas [294], [296].

4.1.2.5. Inteligencia

La inteligencia de un agente se asocia estrechamente con su capacidad para analizar, procesar ideas e información, y hacer inferencias lógicas sobre su entorno para tomar decisiones autónomas. La implementación de esta propiedad requiere de la fusión de tecnologías y técnicas inteligentes [292]. Los sistemas expertos ejemplifican una aplicación de la inteligencia en agentes, donde un conjunto finito de reglas vinculadas a variables ambientales facilita la generación de conclusiones y la toma de decisiones. Sin embargo, esta no es la única forma de dotar de inteligencia a los agentes dentro de un SMA [294].

El concepto de agentes inteligentes surge como una evolución natural dentro del ámbito de la inteligencia artificial, ofreciendo un abanico más amplio que el estudio de sistemas expertos. La creación y mejora de agentes pueden aprovechar diversas técnicas, incluyendo reglas difusas para manejar incertidumbres, redes neuronales para la predicción de comportamientos, la técnica de colonia de hormigas para coordinar múltiples agentes, y algoritmos genéticos para la exploración de soluciones óptimas. Así, el nivel de inteligencia de los agentes es proporcional a la integración y aplicación efectiva de estas técnicas en el diseño y desarrollo de los SMA [294].

4.1.2.6. Razonamiento

A menudo se confunde de manera incorrecta el concepto de razonamiento con el de inteligencia. Por el contrario, el razonamiento se define como la facultad de llevar a cabo una serie de acciones que incluyen decidir qué objetivo seguir, seleccionar a qué evento reaccionar, determinar cómo actuar para lograr un objetivo específico, o detener la búsqueda de un objetivo para perseguir otro [297]. En esencia, el razonamiento se refiere a la habilidad de organizar ideas con el propósito de llegar a una conclusión.

4.1.2.7. Reactividad

La reactividad es una propiedad fundamental que involucra la percepción de cambios en el entorno por parte de los agentes, lo que conlleva a la capacidad de responder de manera inmediata ante estímulos externos, ya sea en forma de señales o mediante la detección de modificaciones en el ambiente. Esta agilidad para actuar define a los agentes de tipo reactivo, aunque es importante señalar que la reacción de los agentes no es instantánea, dado que requiere el procesamiento de información y una consideración cuidadosa antes de las acciones a tomar. La reactividad permite a los agentes llevar a cabo acciones rápidas, especialmente en entornos de tiempo real, donde no es necesario recurrir a reglas complejas para su implementación [292], [294].

4.1.2.8. Sociabilidad

La propiedad de comunicación en los Sistemas Multiagente (SMA) juega un papel fundamental al permitir la interacción entre los agentes, resultando crucial para la efectiva construcción e implementación de las sociedades de agentes. Una sociedad de agentes se define como un conjunto de entidades que interactúan, se comunican, dialogan, piensan y colaboran en conjunto con el objetivo de lograr una meta compartida [292]. Para facilitar esta interacción, varios autores han propuesto diversos protocolos inspirados en estructuras de comunicación presentes en sociedades humanas, siendo el protocolo 'Contract-Net' uno de los más extendidos, dirigido a establecer contratos entre dos o más agentes [298].

Este protocolo opera de la siguiente manera: un agente, denominado 'iniciador', envía una solicitud de servicio a un grupo de agentes receptores, quienes a su vez responden con propuestas de servicio o rechazos. Tras evaluar las propuestas recibidas, el agente iniciador selecciona al agente cuya oferta mejor se ajusta a sus necesidades, estableciendo así un contrato de servicio mutuo. Adicionalmente, otros protocolos, propuestos por diversos investigadores, se enfocan en áreas específicas como subastas o mercados

financieros, buscando emular dinámicas grupales que conduzcan al logro de metas particulares [292].

Estas propiedades no son las únicas presentes en los agentes dentro de un SMA. Entre otras, se encuentran la cooperación, la colaboración, la competencia, la proactividad, la coordinación y la gestión de prioridades, todas ellas interrelacionadas con las mencionadas anteriormente. Por ejemplo, la colaboración y la competencia definen patrones de interacción social entre agentes, mientras que la proactividad se vincula estrechamente con la autonomía de los agentes [294]

4.1.3. Características de los Sistemas Multiagente

Según Schweitzer [299] existen características representativas de los SMA que son descritas a continuación:

4.1.3.1. Modularidad

La modularidad en los SMA implica una clara distinción entre los módulos y sus interacciones. En este contexto, los módulos, referidos como 'particulares', son entidades o subsistemas que constituyen partes del sistema integral, representados individualmente por los agentes. Dependiendo del modelo y su nivel de detalle, estos módulos pueden subdividirse en unidades más pequeñas o submódulos. La ventaja principal de adoptar un enfoque modular, en contraste con uno monolítico, reside en la facilidad de reconfiguración y extensión del SMA, permitiendo una adaptabilidad y escalabilidad mejorada [292], [294].

4.1.3.2. Redundancia

La característica de redundancia en los SMA facilita su diseño con una multiplicidad de agentes, muchos de los cuales pueden compartir funciones y diseño. Esto asegura que funciones críticas no dependan exclusivamente de un solo agente y que, en caso de fallo de uno de ellos, el sistema continúe funcionando sin interrupciones significativas. Así, se garantiza la robustez y estabilidad de los SMA [292], [294], [299].

4.1.3.3. Descentralización

Para que un sistema sea considerado Multiagente, es esencial que no esté sujeto a un control central. Las competencias y capacidades se reparten entre los diferentes agentes que constituyen el SMA, lo que facilita un modelo de control 'bottom-up' o de abajo hacia arriba, emergiendo de manera autoorganizada como resultado de la interacción entre los agentes. Este esquema de control sugiere que la toma de decisiones dentro de los SMA se caracteriza por una participación amplia y democratizada entre los agentes, donde todos

tienen igual oportunidad de influir en las decisiones colectivas, eliminando la necesidad de una jerarquía establecida para la toma de decisiones [294], [299].

4.1.3.4. Comportamiento Emergente

Dentro de los Sistemas Multiagente (SMA), el comportamiento emergente es un fenómeno que resulta de la interacción entre los agentes, capaz de generar patrones de comportamiento completamente nuevos y, a menudo, estables a nivel global del sistema. Este fenómeno se manifiesta como una cualidad novedosa del sistema que emerge de la suma de los comportamientos individuales de los agentes, sin que pueda atribuirse o descomponerse en las acciones de un solo agente. Dado el carácter no lineal de estas interacciones, predecir las propiedades emergentes del SMA a partir de las características individuales de los agentes se torna una tarea enormemente compleja [294], [299]

4.1.3.5. Funcionalidad

Es común la confusión entre la funcionalidad o el papel que cumple cada agente individual dentro de un SMA y la funcionalidad global del sistema en su conjunto. Se establece que la funcionalidad global de un SMA, por ejemplo, en la resolución de problemas complejos, no puede atribuirse a un solo agente o a un conjunto específico de agentes. Más bien, la capacidad del sistema para abordar y resolver tales problemas depende de manera crítica del resultado de la interacción colaborativa entre los diversos agentes. Esta perspectiva subraya la importancia de la sinergia entre agentes para alcanzar objetivos que están más allá de las capacidades de cualquier agente actuando de manera aislada. [294], [299].

4.1.3.6. Adaptación

Para que un Sistema Multiagente (SMA) aproveche eficazmente esta característica, es fundamental que se apoye en las características previamente discutidas como la modularidad, la descentralización, y la funcionalidad global. Estas propiedades permiten que el SMA presente una adaptabilidad óptima ante situaciones cambiantes. En este contexto, la redundancia también juega un papel crucial, similar a los principios de la teoría de la evolución natural, donde se sugiere que contar con reservas puede ser ventajoso en circunstancias no anticipadas, facilitando la exploración de nuevas posibilidades sin comprometer la funcionalidad esencial del sistema.

Además, la adaptación o el aprendizaje colectivo dentro de un SMA implica la capacidad de estos sistemas para olvidar configuraciones o interacciones previas, permitiendo una evolución hacia niveles de adaptación más adecuados a las circunstancias actuales. Un ejemplo de adaptabilidad en el mundo natural lo encontramos en los sistemas que imitan

el comportamiento de las colonias de hormigas, caracterizados por una división del trabajo y coordinación descentralizada, enfocándose en actividades colectivas como la búsqueda de alimentos. De manera similar, los sistemas que aplican mecanismos de recompensa y castigo fomentan comportamientos beneficiosos mientras desalientan acciones perjudiciales mediante incentivos, lo que resulta en una mayor cooperación y eficiencia en los esfuerzos colaborativos. Esta estrategia subraya la importancia de fomentar la adaptabilidad y el aprendizaje colectivo para el desarrollo y la evolución continua de los SMA en respuesta a los desafíos emergentes [292], [294], [299].

4.2. Metodología para Sistemas Multiagente MASINA

La propuesta metodológica MASINA (MultiAgent Systems for INtegrated Automation) se desarrolla para la especificación e implementación de sistemas basados en agentes en ambientes de automatización [296]. MASINA es una extensión de la metodología MAS-CommonKADS [300], [301], actualmente consta de las siguientes fases: conceptualización, análisis, diseño, codificación, integración y finalmente operación y mantenimiento.

4.2.1. Fase I: Conceptualización

En esta fase de la metodología se definen los servicios requeridos por el sistema y definir quienes requieren estos servicios. Además, se realiza una identificación inicial de los componentes del sistema que pueden ser considerados agentes para definir una propuesta inicial del Sistema Multiagente (SMA).

4.2.2. Fase II: Análisis

En esta fase se determina cinco modelos para describir las características básicas de los SMA. Particularmente MASINA se apoya en los modelos de agente, tareas, comunicación, coordinación y finalmente el modelo de inteligencia.

El modelo de agente específica especifica las características esenciales de los agentes dentro del SMA, como sus habilidades, servicios y funciones. Además, incluye dos atributos clave: los componentes del agente y el marco de referencia. Los componentes de agente permiten la representación de diferentes niveles de abstracción o jerarquía dentro del SMA, facilitando la organización y gestión de las interacciones entre agentes. En cambio, el marco de referencia indica si la arquitectura del agente en el diseño está basada en un modelo de referencia específico, lo que proporciona una estructura coherente y estandarizada para el desarrollo del sistema.

las características primordiales de los agentes dentro del SMA tales como habilidades, servicios, funciones que en conjunto a dos atributos de los agentes como los componentes

del agente y el marco de referencia. En los componentes de agente permite la representación de niveles de abstracción o niveles de jerarquía dentro del SMA. En cambio, el marco de referencia indica si la arquitectura del agente en el diseño se encuentra basado en un modelo de referencia determinado.

El siguiente modelo corresponde al de tareas, en donde MASINA agrega atributos para especificar que tareas requieren el uso de técnicas inteligentes y otro atributo para describir el macro-procedimiento y subtareas que se debe seguir para ejecutar la tarea en cuestión. Para alcanzar este objetivo se puede utilizar técnicas de inteligencia artificial como: Redes Neuronales Artificiales, Algoritmos Genéticos entorno a las tareas que se realizan.

El modelo de inteligencia se propone un esquema que integra conceptos como experiencia, representación de conocimiento (en sus diferentes tipos: conocimiento de dominio, conocimiento estratégico y conocimiento de tareas), mecanismo de aprendizaje y mecanismo de razonamiento. Para activar este modelo se requiere antes que el modelo de tareas específicas se encuentre en funcionamiento.

En el modelo de coordinación se permite la especificación de las conversaciones o comunicación que se establece entre los agentes. Este modelo se centra en la definición de las conversaciones que permiten establecer una comunicación coordinada entre los agentes y no en los actos de habla específicamente involucrados, quienes son detalladas en el modelo de comunicación. En este contexto, las interacciones entre los agentes o conocidos también como actos de habla se los puede representar a nivel gráfico a través de un diagrama de secuencia en la nomenclatura Unified Modeling Language (UML) [302], [303], estos actos de habla son detallados en el modelo de comunicación. Además el modelo de coordinación permite una descripción mas detallada de cada conversación en donde se debe especificar el esquema de coordinación, la planificación, el mecanismo de comunicación si es directa o indirecta, en algunas ocasiones también suele describir el metalenguaje y la ontología detallada.

El modelo de comunicación dentro de la metodología MASINA considera a detalle las interacciones en donde se describe los actos de habla de las conversaciones entre los agentes del SMA detallados en el modelo de coordinación.

4.2.3. Fase III: Diseño

En esta fase de la metodología MASINA, se debe detallar los siguientes modelos como paso previo a la implementación del SMA:

4.2.3.1. Diseño del SMA

Se debe considerar los agentes resultantes en los modelos generados en la fase de análisis para la generación de la arquitectura del SMA. En esta subfase, se plasmará los niveles de abstracción de una manera holística y completa del SMA.

4.2.3.2. Diseño de Red

En esta sub-fase se describen los aspectos relevantes a la plataforma del SMA como las bases de conocimiento, la arquitectura de red y demás aspectos que se debe considerar antes de la implementación del SMA.

4.2.3.3. Diseño de la Plataforma

En esta sub-fase de la metodología MASINA se debe seleccionar las tecnologías y plataformas de desarrollo para el SMA, se debe tomar en cuenta todos los aspectos relacionados con el hardware y software necesario para el desarrollo e implementación del SMA.

4.2.4. Fase IV: Codificación y Pruebas

En esta fase de la metodología se debe codificar y probar cada agente con las tecnologías seleccionadas en la sub-fase de diseño de la plataforma. Para esto existen dos tendencias en tecnologías: el uso de lenguajes de propósito general y el lenguaje orientado a agentes. Para esto cada agente debe ser probado para asegurar su fiabilidad y para que su funcionalidad sea en concordancia a las especificaciones definidas para el SMA en las fases previas de conceptualización y análisis.

4.2.5. Fase V: Integración

En esta fase se debe realizar el acoplamiento entre los diversos agentes del SMA y del sistema con la plataforma real donde será implantada.

4.2.6. Fase VI: Operación y Mantenimiento

Esta fase de la metodología centra su atención en el funcionamiento del sistema y también en donde se debe planificar las respectivas tareas de mantenimiento preventivo o actualización de los diversos componentes del sistema para adaptarlos a la evolución del entorno o a nuevos requisitos.

Finalmente se puede destacar que la presente metodología ha sido utilizada para especificar modelos de referencia basados en SMA que permite el diseño y el desarrollo de tareas personalizadas en ambientes distribuidos, específicamente en el desarrollo de

modelos de referencia basados en SMA que permitan la implementación de diversas tareas de automatización y control en el ámbito deseado.

4.3. Aplicación Metodología MASINA

En el siguiente caso de desarrollo del artefacto se describe de manera detallada la implementación de la metodología MASINA en el diseño y elaboración de un Sistema Multiagente que consiste en un Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones con la automatización de un tutor virtual para el soporte en el desarrollo de tareas que aproximan a una solución de problemas de tipo ill-defined basado en la evolución de la arquitectura MAEVIF para problemas ill-defined.

En donde para cada fase de la metodología se debe realizar las siguientes tareas:

- Definir el o los objetivos.
- Definir el producto principal.
- Describir el flujo de trabajo mediante un diagrama de actividades
- Describir los respectivos pasos, actividades, técnicas notaciones y productos que se desean alcanzar para cada fase de la metodología.

Para el diseño y desarrollo de este artefacto se presentarán los productos generados en cada una de las fases de la metodología para caracterizar el funcionamiento de los agentes con las respectivas interacciones entre los mismos.

4.3.1. Fase I: Conceptualización

Para llevar a cabo el desarrollo de un SMA destinado a la tutoría inteligente, enfocada en facilitar la orientación en tareas asociadas a la resolución de problemas mal definidos, es necesario incorporar ciertos agentes especializados (Tabla 4.1). Cada uno de estos agentes tendrá funciones específicas que, en conjunto, buscan alcanzar el objetivo principal de implementar una tutoría eficaz para abordar este tipo de problemas.

Historia de Usuario	
Agentes	Descripción
Agente de Comunicación	Tiene como objetivo la comunicación entre el entorno virtual y el SMA de Tutoría Inteligente.
Agente de Comunicación con el Estudiante	Este agente se debe encargar de la comunicación entre los estudiantes y el SMA de Tutoría Inteligente.
Agente de Tutor Virtual	Este agente se asigna a cada avatar del estudiante para controlar la representación gráfica y virtual.
Agente Experto	Posee la información de las acciones que puede y no puede realizar el estudiante durante el proceso de tutoría.
Agente de Mundo	Debe poseer la información geométrica y semántica de los objetos 3D
Agente de Trayectoria	Detecta las acciones que el avatar del estudiante ejecuta para solicitar la mejor trayectoria en función de la solución proporcionada por el agente de múltiples soluciones
Agente de Modelado del Estudiante	Guarda todas las acciones realizadas por el avatar de cada estudiante
Agente de Percepción	Genera las capacidades perceptuales que son asignadas al agente de tutor virtual para obtener información de lo que sucede con las posiciones del avatar y los objetos 3D en el VLE.
Agente de Tutoría	Propone actividades al avatar del estudiante dependiendo de la tarea a desarrollar.
Agente de Eventos	Encargado de la interacción directa con el avatar del estudiante y las soluciones propuestas.
Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones	Encargado de generar y evaluar múltiples soluciones para guiar al avatar en la resolución de tareas de tipo ill-defined.

Tabla 4.1 Fase I: Conceptualización SMA

4.3.2. Fase II: Análisis

En la fase actual de la metodología MASINA, se introduce el modelo que detalla las especificaciones para la comunicación y coordinación entre los diversos agentes que conforman el SMA Inteligente de Tutoría. Este modelo es crucial para garantizar la eficiencia y efectividad de la interacción dentro del sistema, posibilitando así una colaboración armónica entre los agentes implicados.

4.3.2.1. Modelo de Tareas

En la Tabla 4.2 se detallan las tareas cruciales que debe llevar a cabo el SMA Inteligente de Tutoría, con el fin de guiar en la realización de tareas que conduzcan hacia una solución para problemas ill-defined. Se puede observar que, entre las diversas funciones

identificadas, el servicio principal que ofrece el sistema es la tutoría, enfatizando su importancia y centralidad en el proceso de asistencia y orientación.

Servicios - Tareas	
SMA Inteligente de Tutoría Tareas	Descripción
Servicio de Tutoría	<p>T1. Determinar la ubicación de forma continua del avatar del estudiante.</p> <p>T2. Determinar la posición de los objetos presentes en el SMA.</p> <p>T3. Presentar los diferentes niveles para el desarrollo de las tareas que debe realizar el avatar del estudiante.</p> <p>T4. Determinar el nivel que se encuentra el avatar del estudiante.</p> <p>T5. Seleccionar un objeto del inventario para ser colocado en el SMA.</p> <p>T6. Presentar los respectivos mensajes de texto del tutor inteligente a través de la respectiva interfaz.</p> <p>T7. Presentar la tutoría de forma gráfica para el usuario a través de la respectiva interfaz.</p> <p>T8. Monitorear de manera constante los eventos, movimientos y ubicación del avatar del estudiante.</p> <p>T9. Realizar una constante actualización de los eventos realizados por parte del avatar del estudiante.</p> <p>T10. Detectar eventos erróneos de acuerdo con las tareas que debe realizar el avatar del estudiante.</p>

Tabla 4.2. Relación Servicio-Tareas SMA Inteligente de Tutoría

Una vez que las tareas han sido identificadas y detalladas en la tabla de Relación-Servicio del Sistema Multiagente (SMA) de Tutoría Inteligente, el siguiente paso implica la definición precisa de cada una de estas tareas. Este proceso se lleva a cabo mediante la Tabla 4.3.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T1. Determinar la ubicación de forma continua del avatar del estudiante.
Objetivo	El Agente de Tutoría debe tener información de forma continua sobre la ubicación del avatar del estudiante en el escenario del SMA
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Mundo para determinar la ubicación dentro del SMA del Avatar del estudiante
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Mundo Determinar los movimientos del avatar del estudiante mediante el Agente de Eventos Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información de la ubicación al agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de la ubicación del avatar del estudiante en el SMA
Usuariold	Identificador del Usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de coordenadas de la ubicación del avatar del usuario en el SMA.

Tabla 4.3. Modelo de Tarea T1.

El resto de Modelos de Tareas se puede visualizar en el Anexo 2 sobre la metodología MASINA, aquí solo presentaremos 2 tareas adicionales, la T3 y la T7.

En la Tabla 4.4 se expone el modelo la tarea 'T3. Presentar los distintos niveles para el desarrollo de las tareas asignadas al avatar del estudiante'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T3. Presentar los diferentes niveles para el desarrollo de las tareas que tiene realizar el avatar del estudiante
Objetivo	El Agente de Trayectoria contiene la información sobre los diferentes niveles que el avatar del estudiante tiene que desarrollar las tareas en el SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Trayectoria para que se presenten de manera organizada cada uno de los niveles disponibles en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Trayectoria Determinar los niveles disponibles en el SMA. Determinar los niveles alcanzados por el avatar del estudiante en el SMA. Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información al Agente de Comunicación Global Enviar la información de los niveles al Agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datoid	Identificador de los niveles presentes en el SMA
Usuarioid	Identificador de usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificador de los niveles que pueden ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 4.4. Modelo de Tarea T3.

Se detalla en la Tabla 4.5 el modelo de la tarea 'T7. Presentar la tutoría de forma gráfica para el usuario a través de la respectiva interfaz'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T7. Presentar la tutoría de forma gráfica para el usuario a través de la respectiva interfaz.
Objetivo	El Agente de Tutor Virtual asignado para controlar la tutoría de forma gráfica determinada por el Agente Experto, el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones y el Agente de Tutoría para el estudiante.
Descripción	Controla la tutoría gráfica que se genera por el Agente de Tutor Virtual, para el avatar del estudiante con una tutoría adecuada, para cada usuario en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe iniciar con el primer nivel del SMA para desarrollar las tareas planteadas y de así manera iniciar la interacción del tutor virtual del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Tutor Virtual Solicitar la tutoría adecuada a los Agentes: Experto, Evaluación de Múltiples Soluciones y Tutoría Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de la tutoría gráfica que se presenta al avatar.
Usuariold	Identificador de usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificador de la tutoría gráfica, puede ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 4.5. Modelo de Tarea T7.

4.3.2.2. Modelo de Coordinación

En base al propósito y los servicios ofrecidos por el Sistema Multiagente (SMA) Inteligente de Tutoría, se establece una comunicación en forma de conversación que permite todas las interacciones requeridas para alcanzar los objetivos establecidos. En la Tabla 4.6 se detalla la conversación definida específicamente para el SMA Inteligente de Tutoría, la cual facilita la interacción fluida y efectiva entre los distintos agentes y usuarios involucrados en el proceso de tutoría inteligente.

Conversación	
Objetivo	Determinar la tutoría adecuado para el avatar del estudiante de acuerdo con la tarea que debe realizar el estudiante, dependiendo del nivel donde se encuentra para que el SMA Inteligente de Tutoría pueda generar la tutoría para el estudiante.
Agentes Participantes	Agente de Comunicación Global, Agente de Comunicación con el estudiante, Agente de Tutor Virtual, Agente de Mundo, Agente Experto, Agente de Eventos, Agente de Trayectoria, Agente de Tutoría, Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones, Agente de Percepción y Agente de Modelado del Estudiante.
Iniciador	Cualquiera de los agentes autorizados del sistema
Actos de habla	Iniciar con el cada nivel propuesto en el SMA Inteligente de Tutoría Determinar eventos del avatar del estudiante Visualizar tutoría en modo texto a través de la interfaz gráfica Visualizar tutoría en modo gráfico a través de la interfaz gráfica
Pre-condición	Usuario de tipo estudiante se debe autenticar de manera correcta al SMA Inteligente de Tutoría para inicial con el nivel 1, en donde se detectará la primera interacción por parte del Agente de Eventos y empezar la tutoría inteligente.
Condición de terminación	Notificación al avatar del estudiante mediante el respectivo Agente de Comunicación Global y el Agente de Comunicación con el estudiante sobre el cumplimiento de las tareas propuestas para el entrenamiento en tareas que aproximen a una solución para problemas de tipo ill-defined.
Descripción	Mediante esta conversación, al Agente de Eventos inicia la conversación que permite al Agente de Tutoría interactuar con el resto de agentes involucrados para la eficiente y eficaz entrega del servicio inteligente de tutoría que el SMA brinda mediante la interfaz de usuario que se seleccione.

Tabla 4.6. Relación Servicio-Tareas SMA Inteligente de Tutoría

Los elementos presentados en la Tabla 4.2 pueden variar y no son fijos, ya que dependen de las funcionalidades específicas asignadas a cada agente dentro del SMA Inteligente de Tutoría. Pueden incluir elementos relacionados con la configuración individual de cada estudiante si se permite modificar dicha configuración para adaptarse a las necesidades y preferencias de cada usuario.

4.3.2.3. Modelo de Comunicación

Con el propósito de ilustrar los actos de comunicación o los actos de habla, en la Tabla 4.7 se determina uno de los actos de habla utilizado en la conversación definida en el modelo de coordinación.

Acto de Habla Guiar Tareas de tipo ill-defined	
Nombre	Guía de tareas
Tipo	Tutoría Inteligente en tareas mal definidas
Objetivo	Guiar en tareas de tipo ill-defined para que el estudiante mediante el avatar desarrolle las respectivas tareas.
Agentes participantes	Agente de Comunicación Global, Agente de Comunicación con el estudiante, Agente de Tutor Virtual, Agente de Mundo, Agente Experto, Agente de Eventos, Agente de Trayectoria, Agente de Tutoría, Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones, Agente de Percepción y Agente de Modelado del Estudiante.
Iniciador	Agente de Comunicación Global y Agente de comunicación con el estudiante.
Datos intercambiados	Datos de entrada: Credenciales de usuario registrado en el módulo de autenticación Datos de salida: Mensajes de tutoría en modo texto y tutoría en modo gráfico.
Precondición	Existencia de comunicación entre los agentes determinados del SMA.
Condición de terminación	Desarrollo de las diferentes tareas planteadas en los 5 niveles de guía de tareas determinadas.
Conversaciones	Solicitud de inicio de tutorías desde el primer nivel planteado en el SMA.
Descripción	El Agente de Tutoría envía los respectivos mensajes de comunicación a los diferentes agentes con los que traba para cumplir el objetivo de desarrollar tutoría inteligente mediante la guía de tareas de tipo ill-defined.

Tabla 4.7. Modelo de Comunicación SMA Inteligente de Tutoría

4.3.3. Fase III: Diseño

En la Fase III de Diseño, se recopila la información presentada en las tablas obtenidas durante la fase de diseño, la cual representa la especificación detallada para la implementación del Agente de Tutoría.

Las Tablas 4.8 y 4.9 exhiben la especificación básica y formal para el conjunto de clases y tipos de datos abstractos del SMA.

Por último, la Tabla 4.10 proporciona una descripción pormenorizada de los métodos más significativos que se utilizarán en el desarrollo e implementación del sistema.

Agente de Tutoría SMA
<p><i>planificación</i>: Planificación <i>experto</i>: Experto <i>trayectoria</i>: Trayectoria <i>actividadActual</i>: Actividad <i>validadores</i>: Lista de Validador</p>
<p>Inicializar(planificación, experto): ProponerActividades(estudiante): ValidarAcción(accion): Validador de cableado Clase CableadoValidador extiende de Validador: Inicializar(puntosDeRed, NumeroDeLaboratorio, numeroDePiso): ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, <i>salida</i> mensaje, <i>salida</i> camino): CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed): Clase ValidadorSolucionLaboratorio extiende de Validador: <i>_indiceNodoActual</i>: Entero Inicializar(mejorSolucion): ValidarNodoColocado(nuevoNodo, <i>salida</i> siguienteNodo): CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, <i>salida</i> siguienteNodo): Clase ValidadorRackDatacenter extiende de Validador: Inicializar(SolucionRackDatacenter solucionRackDatacenter): ValidarRackColocado(nuevoNodo, <i>salida</i> siguienteRack):</p>

Tabla 4.8. Universo de Clases del SMA Inteligente de Tutoría

30 de Mayo de 2023		Versión 1.0
Agente de Tutoría SMA {Colección de clases y TDAs requeridas para implantar el Agente de Tutoría de SMA}		
Especificación de Atributos:		
planificacion: Planificacion	Planificación: Clase perteneciente al Agente de Trayectoria, para determinar las acciones que el estudiante debe ejecutar.	
experto: Experto	Experto: Clase relacionada al Agente Experto, que es el Agente que posee información de las acciones que debe y no debe realizar el avatar del estudiante	
trayectoria: Trayectoria	Conjuntamente al Agente de Trayectoria debe detectar la siguiente acción o ruta que debe tomar el avatar del estudiante.	
actividadActual: Actividad	ActividadActual: Determina la tarea y las acciones que el avatar del estudiante debe cumplir para desarrollar las tareas planteadas en los diferentes niveles de SMA.	
validadores: Lista de Validador	Validadores: determina las diferentes soluciones en función del Agente de Múltiples Soluciones para determinar las diferentes rutas por las cuales el avatar del estudiante debe cumplir la ruta.	
Especificación Sintáctica		
Inicializar(planificación, experto):	Guarda la referencia al Agente de Trayectoria y al Agente Experto, además crea una instancia del Agente de Trayectoria, finalmente carga todos los validadores en función a la selección de laboratorios y puntos de red de cada estudiante.	
ProponerActividades(estudiante):	En función de un estudiante retorna si la última actividad realizada es la correcta o si debe realizar otra actividad	
ValidarAcción(accion):	Valida la acción realizada por el estudiante, para ello se utiliza el agente experto y los validadores, en caso de que la actividad deba realizar en otro lugar se hará uso del agente de trayectoria para indicar como llegar a ese lugar.	
ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino):	Se utiliza para validar el cableado estructurado, recibe el punto de red y el puerto en el que se quiere realizar el cableado, como parámetros de salida se obtiene el mensaje de validación el cual se obtiene si no se cumple una validación y el camino (canaletas y tubos) que conforman la trayectoria que debería tener el cableado.	
ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo):	Valida que la canaleta o tubo se esté colocando en el nodo correcto, en caso de no se esté colocando correctamente devuelve el nodo en el que debería colocarse.	
ValidarRackColocado(nuevoRack, salida siguienteRack):	Valida que el rack del datacenter se esté colocando correctamente por el estudiante dada la solución obtenida mediante el algoritmo genético	

Tabla 4.9. Definición Formal del Agente de Tutoría del SMA

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ProponerActividades(estudiante): {Si la actividad anterior del estudiante la realizó correctamente puede Avanzar a la actividad actual}		
{Pre: Deben ser inicializados los objetos Planificación y Experto }		{Pos: Se debe Validar las acciones del estudiante}
Especificación de Atributos:		
ProponerActividades(estudiante): ultimaActividad = planificacion.obtenerUltimaActividadEstudiante (estudiante) mensajeValidacion = planificacion.ValidarActividad(estudiante, ultimaActividad) Si mensajeValidacion = "Actividad actual correcta": sigActividad = planificacion.ObtenerSiguienteActividad(ultima Actividad) Retornar sigActividad SiNo: mensajeError = "Actividad errónea, su actividad actual es " + mensajeValidacion Retornar mensajeError FinSi	ValidarAcción(accion):	
Crear Agente Tutoría x		
Validar acción estudiante	Valida la acción anterior realizada por el estudiante	

Tabla 4.10. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 4.11 se muestra el detalle del método 'Validar Acción' del Agente de Tutoría dentro del SMA. Este método específico se encarga de verificar la validez y corrección de las acciones realizadas por el agente de tutoría, asegurando que estas cumplan con los criterios establecidos y contribuyan al cumplimiento de los objetivos de tutoría.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ValidarAccion(accion): {Valida la acción realizada por el estudiante}		
{Pre: Deben ser propuesta las diferentes actividades para el avatar del estudiante }		{Pos: Se debe Validar los objetos presentes en el SMA}
Especificación de Atributos:		
1	ValidarAcción(accion): Si experto.EsAcciónPermitida(accion) = falso: Retornar mensaje de error desde experto FinSi ParaCada validador en validadores hacer: Utilizar validador si pertenece a la actividad actual FinSi Si accion debe realizarse en otro lugar: trayectoria = trayectoria.CalcularTrayectoria(accion.lugarAnterior, accion.lugarDestino) mensaje = “Debe ir a ” + accion.lugarDestino + “ por ” + trayectoria Retornar mensaje	ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino):
2	Crear Agente Tutoría x	
3	Validar acción estudiante	Valida la acción realizada por el estudiante

Tabla 4.11. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 4.12 se detalla el procedimiento del método 'Validar Cableado' del Agente de Tutoría en el SMA. Este método se emplea para verificar la correcta instalación del cableado, tomando como entrada el punto de red y el puerto destinado para la conexión. Como resultado, se genera un mensaje de validación que indica si no se cumple con los criterios requeridos, junto con la descripción de la ruta que debería seguir el cableado, incluyendo canaletas y tubos que conforman su trayectoria.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino): {Valida la acción relacionada con el Cableado Estructurado presente en las actividades del Avatar del estudiante}		
{Pre: Deben ser validada la acción realizada por el estudiante }		{Pos: Se debe Validar la ruta de nodos por donde debe ser la trayectoria}
Especificación de Atributos:		
1	ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino): Si no CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed): mensaje = "El punto de red debe ser" + _puntosDeRed[_puntoDeRedActualIndice] camino = nulo Retornar falso FinSi camino = ObtenerCamino(networkPoint, port) Si camino es nulo: mensaje = "No existe camino para cablear desde el punto de red hasta puerto" Retornar falso FinSi Si algún CanaletasTienenTapa(camino): mensaje = "Todas las canaletas deben estar destapadas" Retornar falso FinSi Si NoHayEspacioEnAlgunCable(camino, salida msg): mensaje = msg Retornar falso FinSi Si el puerto no se encuentra en _numeroDePiso Y _numeroDeLaboratorio mensaje = "El puerto se encuentra en otro laboratorio" Retornar falso FinSi Incrementar _currentNetworkPointIndex Si EsCompleto(): mensaje = "" SiNo: mensaje = "Continue con el laboratorio " + CurrentNetworkPoint.Number Retornar verdadero FinSi	ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
2	Crear Agente Tutoría x	
3	Validar objeto Cableado Estructurado	Valida la acción relacionada con el Cableado Estructurado presente en las actividades del Avatar del estudiante

Tabla 4.12. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 4.13 se especifica el propósito del método 'Validar Nodo Colocado' del Agente de Tutoría en el SMA. Este método está diseñado para verificar la correcta colocación de la canaleta o tubo en el nodo correspondiente. En situaciones donde la ubicación no sea adecuada, este método identificará el nodo correcto donde debería realizarse la correcta inserción.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo): {Valida la acción relacionada con la canaleta esté en el nodo correcto}		
{Pre: Deben ser validada la acción de colocar la canaleta correctamente por el estudiante}		{Pos: Se debe Validar la posición correcta del Rack}
Especificación de Atributos:		
<pre> ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo): Si no _rackColocado Y nuevoNodo es un embudo: Si embudo está en el nodo meta: _rackColocado = verdadero _indiceCaminoActual = 0 siguienteNodo = _mejorSolucion.Caminos[0][1] Retornar verdadero FinSi siguienteNodo = _mejorSolucion.Meta Retornar falso FinSi Si no CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, salida siguienteNodo): Retornar falso FinSi _indiceNodoActual += 2 Si _indiceNodoActual < cantidad de _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual]: Retornar verdadero FinSi _indiceCaminoActual++ _indiceNodoActual = 1 Retornar verdadero </pre>	ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack):	
Crear Agente Tutoría x		
Validar objeto Nodo Colocado	Valida la acción relacionada con la colocación de la canaleta en un nodo correcto.	

Tabla 4.13. Especificación formal del método Validar Nodo Colocado del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 4.14, se describe la función del método 'Validar Rack Colocado' en el contexto del Agente de Tutoría del SMA. Este método tiene como objetivo verificar la correcta colocación del rack del datacenter por parte del estudiante, basándose en la solución generada a través del algoritmo genético. Se encarga de validar que el rack haya sido colocado de manera adecuada conforme a la solución obtenida.

30 de Noviembre de 2023 Versión 1.0 ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack): {Valida la acción relacionada con el Rack del Datacenter}	
{Pre: Deben ser validada la acción de colocar un nodo de manera correcta por el estudiante}	{Pos: Agente de Tutoría funcional}
Especificación de Atributos:	
ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack): Si nuevoNodo es embudo: Si embudo.Nodo = SolucionRackDatacenter.NodoDeRack: siguienteRack = nulo Retornar verdadero FinSi FinSi siguienteRack = SolucionRackDatacenter.EspacioDeRack Retornar falso	N/A
Crear Agente Tutoría x	
Validar objeto Rack Colocado	Valida la acción relacionada con la colocación del Rack colocado en un nodo correcto.

Tabla 4.14. Especificación formal del método Validar Rack del Agente de Tutoría del SMA

4.3.4. Fase IV: Codificación y Pruebas

Debido a la extensión del código de todos los agentes, se presenta los tres agentes más importantes de la arquitectura propuesta MAEVIF-PID.

4.3.4.1. Agente de Tutoría

Se presenta la codificación más relevante para el desarrollo del Agente de Tutoría del SMA que cumple un rol fundamental al proponer actividades personalizadas a los estudiantes en función de su nivel de conocimiento actual. Este componente es responsable de monitorear el progreso individual de cada alumno durante una actividad,

comparando la secuencia de acciones ejecutadas por el estudiante con el plan previsto por el agente de planificación.

```
Agente Tutoria:  
planificación: Planificación  
experto: Experto  
trayectoria: Trayectoria  
actividadActual: Actividad  
validadores: Lista de Validador  
  
Inicializar(planificacion, experto):  
instancia.planificacion = planificacion  
instancia.experto = experto  
instancia.trayectoria = Trayectoria()  
validadores = Cargar validadores en función de la configuración del estudiante  
  
ProponerActividades(estudiante):  
ultimaActividad = planificacion.obtenerUltimaActividadEstudiante(estudiante)  
mensajeValidacion = planificacion.ValidarActividad(estudiante, ultimaActividad)  
Si mensajeValidacion = "Actividad actual correcta":  
    sigActividad = planificacion.ObtenerSiguienteActividad(ultimaActividad)  
    Retornar sigActividad  
SiNo:  
    mensajeError = "Actividad errónea, su actividad actual es " +  
        mensajeValidacion  
    Retornar mensajeError  
FinSi  
  
ValidarAcción(accion):  
Si experto.EsAcciónPermitida(accion) = falso:  
    Retornar mensaje de error desde experto  
FinSi  
  
ParaCada validador en validadores hacer:  
    Utilizar validador si pertenece a la actividad actual  
FinSi  
  
Si accion debe realizarse en otro lugar:  
    trayectoria = trayectoria.CalcularTrayectoria(  
        accion.lugarAnterior,  
        accion.lugarDestino  
    )  
    mensaje = "Debe ir a " + accion.lugarDestino + " por " + trayectoria  
    Retornar mensaje  
SiNo  
  
Validador de cableado  
  
Clase CableadoValidador extiende de Validador:  
    _puntosDeRed: Lista de NetworkPoint  
    _puntoDeRedActualIndice: Entero  
    _numeroDeLaboratorio: Entero  
    _numeroDePiso: Entero  
  
Inicializar(puntosDeRed, NumeroDeLaboratorio, numeroDePiso):  
    _numeroDeLaboratorio = NumeroDeLaboratorio  
    _numeroDePiso = numeroDePiso  
    _puntosDeRed = puntosDeRed  
    _puntoDeRedActualIndice = 0
```

```

ValidaCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino):
  Si no CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed):
    mensaje = "El punto de red debe ser" + _puntosDeRed[_puntoDeRedActualIndice]
    camino = nulo
    Retornar falso
  FinSi
  camino = ObtenerCamino(networkPoint, port)
  Si camino es nulo:
    mensaje = "No existe camino para cablear desde el punto de red hasta puerto"
    Retornar falso
  FinSi
  Si algún CanaletasTienenTapa(camino):
    mensaje = "Todas las canaletas deben estar destapadas"
    Retornar falso
  FinSi
  Si NoHayEspacioEnAlgunCable(camino, salida msg):
    mensaje = msg
    Retornar falso
  FinSi
  Si el puerto no se encuentra en _numeroDePiso Y _numeroDeLaboratorio
  mensaje = "El puerto se encuentra en otro laboratorio"
  Retornar falso
  FinSi
  Incrementar _currentNetworkPointIndex
  Si EsCompleto():
    mensaje = ""
  SiNo:
    mensaje = "Continue con el laboratorio " + CurrentNetworkPoint.Number
    Retornar verdadero
  FinSi

CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed):
  Si _puntoDeRedActualIndice < Tamaño de _puntosDeRed:
    Retornar puntoDeRed = _puntosDeRed[_puntoDeRedActualIndice]
  SiNo:
    Retornar falso
  FinSi

EsCompleto():
  Retornar _puntoDeRedActualIndice >= Tamaño de _puntosDeRed

Clase ValidadorSolucionLaboratorio extiende de Validador:
  _indiceNodoActual: Entero
  _mejorSolucion: MejorSolucion

Inicializar(mejorSolucion):
  _mejorSolucion = mejorSolucion
  _indiceNodoActual = 1
  _indiceCaminoActual = Infinito

ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
  Si no _rackColocado Y nuevoNodo es un embudo:
    Si embudo está en el nodo meta:
      _rackColocado = verdadero
      _indiceCaminoActual = 0
      siguienteNodo = _mejorSolucion.Caminos[0][1]
      Retornar verdadero
    FinSi
    siguienteNodo = _mejorSolucion.Meta
    Retornar falso
  FinSi
  Si no CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
    Retornar falso
  FinSi

```

```

        _indiceNodoActual += 2
        Si _indiceNodoActual < cantidad de
        _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual]:
            Retornar verdadero
        FinSi
        _indiceCaminoActual++
        _indiceNodoActual = 1
        Retornar verdadero

CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
    Si _indiceCaminoActual < Contar de _mejorSolucion.Caminos
    Y _indiceNodoActual < Contar _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual]:
        siguienteNodo =
        _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual][_indiceNodoActual]
        Retornar nuevoNodo == siguienteNodo
    FinSi
    Retornar falso

Clase ValidadorRackDatacenter extiende de Validador:

SolucionRackDatacenter: SolucionRackDatacenter
numeroDePiso: Entero
numeroDeLaboratorio: Entero

Inicializar(SolucionRackDatacenter solucionRackDatacenter):
    SolucionRackDatacenter = solucionRackDatacenter

ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack):
    Si nuevoNodo es embudo:
        Si embudo.Nodo = SolucionRackDatacenter.NodoDeRack:
            siguienteRack = nulo
            Retornar verdadero
        FinSi
    FinSi
    siguienteRack = SolucionRackDatacenter.EspacioDeRack
    Retornar falso

```

4.3.4.2. Agente de Múltiples Soluciones

Se destaca la codificación crucial y fundamental para la configuración del Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones en el SMA. Este agente se encarga de crear diversas soluciones empleando el algoritmo A* y el Algoritmo Genético de Inteligencia Artificial para su evaluación. Además, en colaboración con el Agente Experto, se prepara para enviar una tutoría personalizada al estudiante basada en los resultados obtenidos.

```

Agente SolucionesMultiples:

BúsquedaAEstrella(inicio, meta, costoHeurístico, vecinosExcluidos = nulo):
    Si NoExisteNodo(inicio) o NoExisteNodo(meta):
        Retornar nulo
    FinSi
    nodoInicio = EncontrarNodo(inicio)
    nodoMeta = EncontrarNodo(meta)
    vecinosExcluidosLista = vecinosExcluidos? ListaV
    ConvertirLista(vecinosExcluidos)
    gScores = NuevoDiccionario()
    fScores = NuevoDiccionario()
    cameFrom = NuevoDiccionario()

```

```

ParaCada nodo en nodos:
    gScores[nodo] = Infinito
    fScores[nodo] = Infinito
FinPara
gScores[nodoInicio] = 0
fScores[nodoInicio] = costoHeurístico(inicio, meta)
openSet = NuevaColaPrioridad()
Encolar(openSet, nodoInicio, fScores[nodoInicio])
Mientras Tamaño(openSet) > 0:
    actual = Desencolar(openSet)

    Si actual es igual a nodoMeta:
        Retornar ReconstruirCamino(cameFrom, actual)
    FinSi

    ParaCada vecino en VecinosAdyacentes(actual):
        Si vecinosExcluidosLista Contiene vecino entonces Continuar
        nodoVecino = EncontrarNodo(vecino)
        tentativeGScore = gScores[actual] + 1
        Si no (tentativeGScore < gScores[nodoVecino]) entonces Continuar
        cameFrom[nodoVecino] = actual
        gScores[nodoVecino] = tentativeGScore
        fScores[nodoVecino] = gScores[nodoVecino] + costoHeurístico(vecino,
meta)

        Si NoContiene(openSet, nodoVecino):
            Encolar(openSet, nodoVecino, fScores[nodoVecino])
        FinSi
    FinPara
FinMientras

    Retornar nulo

BúsquedaAEstrellaMejorMeta(iniciosLista, metas, costoHeurístico):
    mejorMeta = nulo
    costoMinimo = EnteroMaximo
    caminos = ListaVacía()
    ParaCada meta en metas:
        caminosActuales = ListaVacía()
        costo = 0
        ParaCada camino en iniciosLista
            Si BúsquedaAEstrella(camino, meta, costoHeurístico, iniciosLista) no es nul
                Agregar camino a caminosActuales
                costo = costo + Tamaño(camino)
            FinPara
        Si costo >= costoMinimo entonces Continuar
        caminos = caminosActuales
        costoMinimo = costo
        mejorMeta = meta
    FinPara
    Retornar NuevoResultadoBúsqueda(mejorMeta, caminos)

BúsquedaAEstrellaMejorMetaOptimizada(inicios, metas, costoHeurístico):
    iniciosLista = ConvertirLista(inicios)
    metasLista = ConvertirLista(metas)
    Si NoHayElementos(iniciosLista) o NoHayElementos(metasLista) entonces
        Retornar nulo
    FinSi
    Si Tamaño(iniciosLista) es igual a 1 y Tamaño(metasLista) es igual a 1 entonces
        camino = BúsquedaAEstrella(
            iniciosLista[0],
            metasLista[0],
            costoHeurístico,
            iniciosLista
        )
    )

```



```

Si camino no es nulo entonces
  Retornar NuevoResultadoBúsqueda(metasLista[0], ListaDeListas(camino))
SiNo
  Retornar nulo
FinSi
FinSi
mejorMeta = nulo
primero = verdadero
listaDeCaminos = ListaVacía()
nodosConvergiidos = ConjuntoVacío()
permutacionesDeInicios = NuevaPermutaciónReferenciada(Tamaño(iniciosLista) - 1)
ParaCada meta en metasLista:
  ParaCada inicio en iniciosLista:
    camino = BúsquedaAEstrella(inicio, meta, costoHeurístico, iniciosLista)
    Si camino es nulo entonces Continuar
    iniciosSinActual = Filtrar(iniciosLista, inicio)
    permutacionesDeInicios.ActualizarReferencias(iniciosSinActual)
    ParaCada permutacionDeInicios en permutacionesDeInicios:
      listaDeCaminosAuxiliar = ListaDeListas(camino)
      nodosConvergiidosAuxiliar = NuevoConjunto(camino)
      ParaCada otroInicio en permutacionDeInicios:
        Si Tamaño(nodosConvergiidosAuxiliar) >= Tamaño(nodosConvergiidos)
          Y no primero entonces
            Romper
        FinSi
        nodoMásCercano = MínimoPor(
          noEstáEn(inicios)),
          Obtener(nodosConvergiidosAuxiliar,
            FunciónHeurística(otroInicio, nodo)
          )
        otroCamino = BúsquedaAEstrella(
          otroInicio,
          nodoMásCercano,
          costoHeurística,
          iniciosLista
        )
        Si otroCamino es nulo entonces Continuar
        Agregar otroCamino a listaDeCaminosAuxiliar
        UnirConjunto(nodosConvergiidosAuxiliar, otroCamino)
      FinPara
    Si Tamaño(nodosConvergiidosAuxiliar) < Tamaño(nodosConvergiidos) o primero
      primero = falso
      listaDeCaminos = listaDeCaminosAuxiliar
      nodosConvergiidos = nodosConvergiidosAuxiliar
      mejorMeta = meta
    FinSi
  FinPara
FinPara
Retornar NuevoResultadoBúsqueda(mejorMeta, listaDeCaminos)

EjecutarAlgoritmoGenetico(
  porcentajeElite,
  tamañoPoblacion,
  nodosRackLista,
  nodosEntradaLista,
  probabilidadMutacion = 0.2
):
  maximaDistancia = ObtenerDistanciaMaxima(nodosRackLista, nodosEntradaLista)

  soluciones = NuevaLista()
  solucionesSeleccionadas = Redondear(tamañoPoblacion * porcentajeElite)

  population como Lista de cromosomas
  distances como Arreglo de números

```

```

ParaCada nodoRack en nodosRackLista:
    population = GenerarPoblacionInicial()

    distancias = NuevosFlotantes[ContarElementos(nodosEntradaLista)]
    ParaCada nodoEntrada en nodosEntradaLista:
        distancias[IndiceDe(nodosEntradaLista, nodoEntrada)]
        = DistanciaManhattan(nodoRack.position, nodoEntrada.position)
    FinPara
    Mientras Evaluar(nodoRack):
        Continuar
    FinMientras

soluciones = ordenar soluciones por puntuación
Retornar Primera(soluciones)

Evaluar(nodoRack):
    resultados = NuevaLista()
    ParaCada cromosoma en poblacion:
        aptitud = 0
        ParaCada nodoEntrada en nodosEntradaLista:
            aptitud += Absoluto(distancias[IndiceDe(nodosEntradaLista,
nodoEntrada)]
                - cromosoma.Geno[IndiceDe(nodosEntradaLista, nodoEntrada)]) <=
0.15f ?
                1 : 0
        FinPara
        cromosoma.Aptitud = aptitud
        Agregar(resultados, cromosoma)

    FinPara
    Ordenar resultados por aptitud

    mejorCromosoma = Primero(resultados)
    Si mejorCromosoma.Aptitud es igual a ContarElementos(nodosEntradaLista):
        suma = Suma(mejorCromosoma.Geno)
        Agregar(soluciones, NuevaSoluciónRackDatacenter(nodoRack, suma))
        Retornar falso
    FinSi

    ParaCada i desde 0 hasta solucionesSeleccionadas:
        población[i] = resultados[i]
    FinPara

    ParaCada i desde solucionesSeleccionadas hasta Tamaño(población):
        índicePadre1 = RangoAleatorio(0, solucionesSeleccionadas)
        índicePadre2 = RangoAleatorio(0, solucionesSeleccionadas)

        Mientras índicePadre1 es igual a índicePadre2:
            índicePadre2 = RangoAleatorio(0, solucionesSeleccionadas)
        FinMientras

        puntoCruce = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))
        ParaCada j desde 0 hasta ContarElementos(nodosEntradaLista):
            Si j es menor que puntoCruce Entonces
                población[i].Geno[j] = población[índicePadre1].Geno[j]
            SiNo
                población[i].Geno[j] = población[índicePadre2].Geno[j]
            FinSi
        FinPara
    FinPara

    ParaCada i desde solucionesSeleccionadas hasta Tamaño(población):

```

```

Si probabilidadMutación es menor que Aleatorio(0.0f, 1.0f) Entonces
  Continuar
FinSi

Según ContarElementos(nodosEntradaLista):
  Caso < 2:
    población[i].Geno[0] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)
  Caso < 5:
    genAMutar = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))
    población[i].Geno[genAMutar] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)
  Caso Predeterminado:
    genAMutar = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))
    genAMutar2 = RangoAleatorio(0,
ContarElementos(nodosEntradaLista))

    Mientras genAMutar es igual a genAMutar2:
      genAMutar2 = RangoAleatorio(0,
ContarElementos(nodosEntradaLista))

      población[i].Geno[genAMutar] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)
      población[i].Geno[genAMutar2] = RangoAleatorio(0,
maximaDistancia)

  Retornar verdadero

GenerarPoblacionInicial():
  nuevaPoblacion = NuevaLista()
  Para cada i desde 0 hasta tamañoPoblacion:
    genes = NuevosFlotantes[ContarElementos(nodosEntradaLista)]
    Para cada j desde 0 hasta Longitud(genes):
      genes[j] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)

  Agregar(nuevaPoblacion, NuevoCromosoma(genes, 0))

  Retornar nuevaPoblacion

ObtenerDistanciaMaxima(nodosRack, nodosEntrada):
  maximaDistancia = 0.0f
  ParaCada nodoRack en nodosRack:
    ParaCada nodoEntrada en nodosEntrada:
      distancia = DistanciaManhattan(
        nodoRack.transform.position,
        nodoEntrada.transform.position
      )
      Si distancia > maximaDistancia Entonces
        maximaDistancia = distancia
      FinSi
    FinPara
  FinPara

  Retornar maximaDistancia

```

4.3.4.3. Agente de Eventos

Se describe la codificación esencial para la implementación del Agente de Eventos dentro del SMA, cuya función principal consiste en la interacción directa con el avatar del estudiante y las soluciones planteadas. Este agente se encarga de comunicar la información relevante sobre los eventos en los que el avatar del estudiante participa al

Agente Experto, permitiendo así una toma de decisiones conjunta con el Agente de Tutoría sobre la tutoría más apropiada.

```
Agente Eventos:  
estudiante: Estudiante  
conexiónBDD: ConexiónBDD  
  
Inicializar(estudiante):  
    instancia.estudiante = estudiante  
    conexiónBDD.conectar()  
  
GuardarEvento(evento):  
    conexiónBDD.guardar(estudiante.identificación, evento, tiempoActual)
```

4.3.5. Fase V: Integración

Para realizar el despliegue de integración del SMA Inteligente de Tutoría, se debe realizar en dos partes, para cumplir esto se debe determinar dos componentes: (1) determinado como 'INFRAESTRUCTURA.rar' en donde se encuentra la aplicación que debe ejecutar en cada uno de los nodos para el usuario estudiante, y (2) 'API.rar' donde se debe ejecutar principalmente el repositorio de datos que se obtiene de la ejecución de cada uno de los estudiantes, en la Figura 4.1, se puede apreciar los componentes:

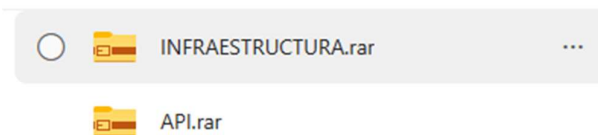


Figura 4.1. Componentes SMA

4.3.5.1. Implementación de un Web Service

Para la instalación del servidor web mediante la cual los agentes del SMA Inteligente de Tutoría pueden conectarse a la API, se requiere la implementación de un Web Service, detallado a continuación:

Pre-requisitos:

En lo referente a Java, se debe obtener la versión de Java 17 o superior, para windows se lo puede descargar desde: [Latest Releases | Adoptium](#), solo se debe descargar el *msi* e instalarlo, por otra parte, para linux se puede instalar el paquete “**openjdk-17-jdk**” mediante apt, apt-get o el gestor de paquetes de nuestra distro de linux. Para asegurarnos de que tenemos java instalado podemos ejecutar en una consola el comando “java --

version”, debemos obtener una salida como la siguiente en donde se pueda observar la versión, como se puede visualizar en la Figura 4.2.

```
root@instance-2:~# java --version
openjdk 17.0.9 2023-10-17
OpenJDK Runtime Environment Temurin-17.0.9+9 (build 17.0.9+9)
OpenJDK 64-Bit Server VM Temurin-17.0.9+9 (build 17.0.9+9, mixed mode, sharing)
```

Figura 4.2. Instalación de Java para el Web Service del SMA

Luego de esto se debe instalar la versión de MySQL 8, dependiendo de sus plataformas, si es Microsoft o Linux.

4.3.5.2. Despliegue de Componentes: Servidor

El archivo ‘API.rar’ contiene un servicio web diseñado para gestionar operaciones de base de datos, autenticación y monitorización de estudiantes, desarrollado utilizando el lenguaje Java y el framework Spring Boot para el desarrollo web. Una de las principales virtudes de optar por estas tecnologías radica en su capacidad multiplataforma, permitiendo su despliegue en sistemas operativos como Windows, macOS y Linux, siempre que se disponga de JDK o JRE de Java 17 o versiones posteriores.

Al extraer el contenido del archivo ‘API.rar’, obtendremos la siguiente estructura de directorio, que se puede apreciar en la Figura 4.3.

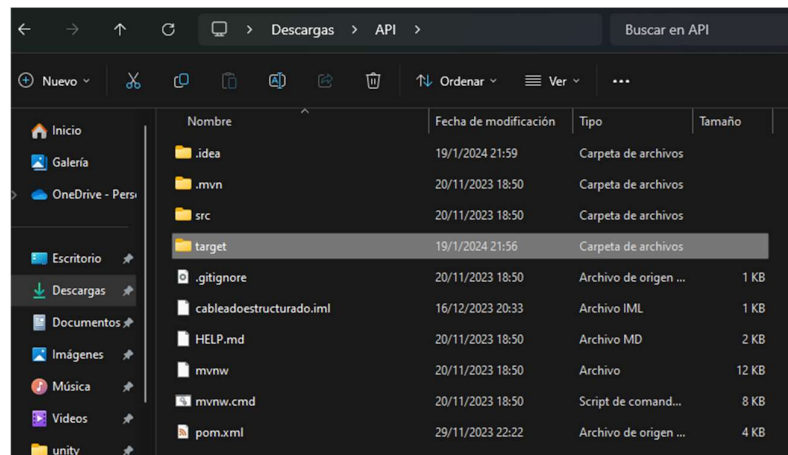


Figura 4.3. Directorios del Web Service del SMA

El resto de la implementación de los componentes se encuentra detallado en el Anexo 2 MASINA.

4.3.5.3. Despliegue de Componentes: Cliente

Como prerrequisitos, se debe instalar los siguiente componentes de Unity

- Unity Hub
- Unity 2021.3.21f1: cuando se intente abrir el proyecto en el hub, automáticamente se mostrará una recomendación sobre la versión apropiada para descargar en el proyecto, donde aparecerá la siguiente versión.

Dentro del archivo INFRAESTRUCTURA.rar se halla una carpeta comprimida que alberga el proyecto cliente, desarrollado en Unity 3D, lo cual facilita su compilación para cualquier plataforma compatible con este motor gráfico (Windows, Mac y Linux). A continuación, se procederá a crear la compilación para Windows de manera detallada. Cabe destacar que esta compilación es completamente portátil, lo que significa que solo se requiere compilar una vez y luego podrá ejecutarse en cualquier máquina que posea el sistema operativo para el que se compiló, sin necesidad de llevar todo el código fuente consigo.

Para este juego, se necesitarán Unity Hub y la versión 2021.3.21f1 de Unity. Desde el Unity Hub, se seleccionará la opción 'Add', la cual no requerirá especificar el directorio del proyecto en el que se encuentra el juego, tal como se muestra en la Figura 4.4.

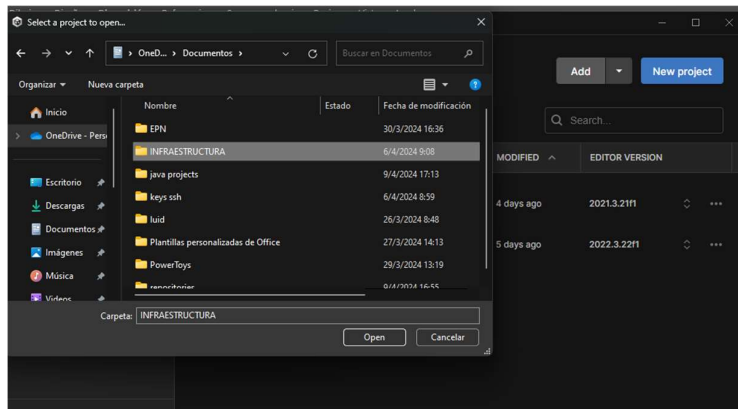


Figura 4.4. Creación de nuevo proyecto para compilación del SMA en el cliente

La secuencia de pasos restantes, debido a su extensión y baja complejidad, se lo puede apreciar en el anexo 2 de la aplicación de la Metodología MASINA.

4.3.6. Fase VI: Operación y Mantenimiento

El detalle de la operación del SMA Inteligente de Tutoría, se lo detalló en el capítulo 3 en la Metodología DSR en la Etapa IV Demostración, además la aplicación de manera detallada de la presente metodología MASINA, se encuentra en el Anexo 2 MASINA.

4.4. Marco Experimental

En el marco de trabajo de doctorado, se realizan los experimentos correspondientes con el objetivo de diseñar y validar la propuesta de una Arquitectura para problemas de tipo ill-defined, mediante la construcción de una serie de artefactos que han ido evolucionando conforme a las versiones desarrolladas.

Estos experimentos se han ejecutado con la participación de diferentes actores, tanto en el ámbito estudiantil como en el ámbito de expertos en los campos de: Ciencias Computacionales, pedagogía, educación y diseño de juegos.

Para esto se analizaron diferentes tipos de mundos virtuales como EVA tanto en dos como en tres dimensiones para dos tipos de problemas: problemas bien definidos donde su principal característica es una única solución y problemas de tipo ill-defined donde no existe una solución única o existen múltiples soluciones equivalentes. En nuestro caso se ha dado énfasis a la temática de cableado estructurado, debido a que se puede diseñar tareas relacionadas con los dos tipos de problemas.

En nuestro caso partiremos de la arquitectura MAEVIF, descrita en el Capítulo 2 del presente trabajo, el mismo que con la integración de un Sistema Inteligente de Tutoría SIT se presentó para problemas de tipo bien definido.

4.5. Concepción de una metodología adaptada a los problemas de tipo ill-defined

Para nuestro trabajo, partiremos de la arquitectura MAEVIF que con la integración de un Sistema Inteligente de Tutoría SIT se presentó como trabajo para el tratamiento de problemas de tipo bien definido con el nombre de Modelo de Comportamiento Colectivo de Estudiantes (MCCE).

El enfoque de MAEVIF se encuentra dirigido hacia los tipos de problemas bien definidos, debido a que está orientado a solucionar problemas que tienen una estructura clara y definida y donde la mejor respuesta se obtiene un conjunto determinado de pasos encaminados hacia la solución.

Un ejemplo de este tipo de problemas fue presentado por Riofrío [304] y consiste en la descripción del proceso para el mantenimiento de bujías de un motor de combustión interna, el cual es muy difundido en nuestra actualidad.

El proceso se puede determinar de la siguiente forma:

1. Inicio

2. Verificar que el motor esté apagado
3. Verificar que el motor esté frío
4. Desconectar la batería
5. Desconectar el cable de la bujía del motor
6. Destornillar la bujía
7. Retirar la bujía
8. Retirar la suciedad del juego de montaje con aire a presión
9. Verificar si la bujía tiene grietas
 - a. No tiene grietas; Ir a 10
 - b. Si tiene grietas; Ir a 13
10. Limpiar la rosca de la bujía con un cepillo metálico
11. Limpiar la bujía con alcohol de 90°C o un limpiador específico
12. Ir a 14
13. Sustituir la bujía
14. Atornillar la bujía
15. FIN

Como se puede observar, en el algoritmo genérico puede determinar tres soluciones básicas considerando si la bujía tiene o no grietas. Para esto, al analizar la primera solución, el usuario no podrá reutilizar la misma bujía y tendrá que reemplazarla por una nueva. En cambio, si la bujía utilizada no tiene grietas se puede proceder con la limpieza y volverla a colocar o, como una tercera alternativa, se puede también reemplazar la bujía así no contenga grietas visibles.

Por el contrario, si se plantea la posibilidad que el estudiante decida solo limpiar la bujía y no proceder a reemplazarla, así ésta tenga grietas, entonces el resultado del proceso de entrenamiento de este problema bien definido tendrá un resultado erróneo y por lo tanto su flujo será considerado como erróneo.

Como se puede determinar, tanto la estructura del problema como su proceso para llegar a la solución están bien definidos por lo que tienen definida tres zonas en el desarrollo del proceso. La primera zona corresponde a la Zona de Flujo Correcto en donde se llega a la solución deseada siguiendo de manera correcta los pasos determinados. Por el contrario, si se cometen algunos errores que no impidan obtener el resultado deseado, estaremos en la Zona de Errores Irrelevantes. Finalmente, si al realizar el proceso se comete errores que impiden la obtención del resultado esperado, corresponde a la Zona de Errores Relevantes.

Esta propuesta se encuentra enmarcada para cumplir con tareas que solucionan problemas de tipo bien definidas, y ha sido aplicada en un EVA3D utilizando la plataforma Open Simulator utilizando la temática del desarrollo de tareas utilizando un laboratorio de Biotecnología de la Universidad Politécnica de Madrid.

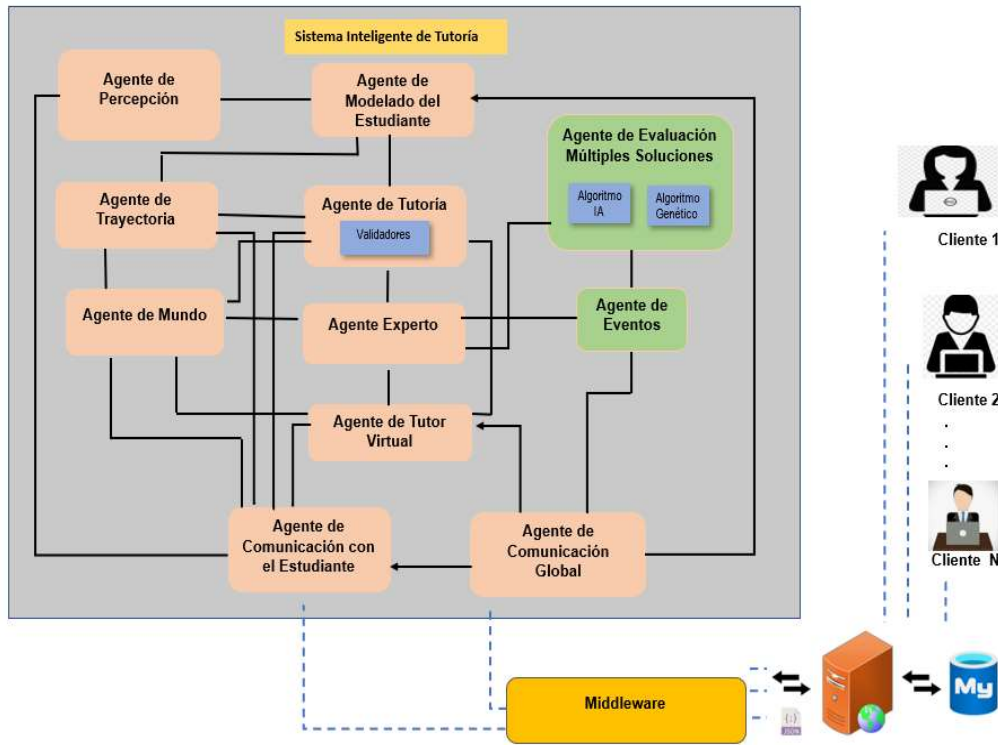


Figura 4.5. Arquitectura MAEVIF-PID para tareas que obtienen una aproximación para problemas de tipo ill-defined.

En cambio, nuestra propuesta está centrada y dirigida para para problemas de tipo ill-defined para esto se aprovecha las tareas que se pueden presentar en la temática de cableado estructurado.

En la Figura 4.5., se puede visualizar la incorporación de nuevos módulos. El primer módulo se denomina Módulo de Evaluación de Múltiples Soluciones y se define como el agente que se encarga de evaluar las múltiples soluciones que puede presentarse cuando el estudiante trate de desarrollar una tarea correspondiente a una aproximación para un problema de tipo ill-defined. En este caso pueden existir múltiples soluciones y es cuando el agente decidirá cuál de las aproximaciones seleccionar.

Estas aproximaciones deben tener la característica de tener un grado de aceptabilidad, por lo que, no se utiliza el término de obtener una solución debido a la naturaleza de la tarea que trata de obtener una aproximación a un problema de tipo ill-defined.

En nuestro caso, para obtener estas múltiples aproximaciones se utilizan dos tipos de algoritmos de inteligencia artificial que son los que operan en el back-end del artefacto.

El segundo módulo que se incorpora a la arquitectura MAEVIF para problemas de tipo ill-defined, corresponde al agente de eventos, que es el módulo encargado de interactuar con el avatar del estudiante, tanto en las interacciones con los objetos del entorno virtual como con las interacciones con los objetos a disposición a través del inventario disponible para los estudiantes. Es por ello que debe relacionarse directamente con el módulo de tutoría y con el agente evaluador de múltiples soluciones de la arquitectura MAEVIF para problemas de tipo ill-defined.

Un módulo que no se lo utiliza es el Agente de Simulación, debido que para este tipo de tareas ill-defined no se requiere simular las acciones del avatar del estudiante debido a que estas simulaciones están enfocadas a determinar las siguientes acciones para determinar si se encuentran en la Zona de Flujo Correcto o en las Zonas de Errores tanto Relevantes como Irrelevantes, pero de problemas bien definidos. Por el contrario, en las tareas relacionadas a problemas de tipo ill-defined no se puede determinar de forma fácil si se encuentra en cualquiera de estas tres zonas, debido a que pueden existir múltiples soluciones equivalentes. Para esto, quien se encarga de trazar varias rutas óptimas es el Agente Evaluador de Múltiples Soluciones mediante los algoritmos de inteligencia artificial.

En el módulo correspondiente al Agente de Tutoría se incorpora un sub-módulo que corresponde al validador y está asociado a la validación de varias tareas que debe realizar el estudiante. Éstas tareas pueden incluir la construcción de la ruta del cableado estructurado, la ruta de colocación de las canaletas y tuberías, la ubicación del datacenter dentro del edificio de la facultad en el juego serio con tutor inteligente y también la selección de los mensajes a mostrar al estudiante a través del tutor virtual, especialmente si el estudiante sigue con las recomendaciones dadas por el tutor o se empieza a alejar de las opciones que le puede mostrar el tutor para continuar con el desarrollo de las tareas que obtienen aproximaciones a problemas de tipo ill-defined. Todos estos validadores se encuentran internamente en el Agente.

El middleware tiene la misma concepción teórica que la arquitectura MAEVIF con el Modelo de Comportamiento Colectivo de Estudiantes, debido a que fue diseñado en la plataforma OpenSimulator. En este caso se ha desarrollado el artefacto en el motor de

juegos de Unity en donde el juego serio se comunica con un API Rest utilizando el protocolo Http mediante un cliente web nativo de Unity denominado UnityWebRequest, el mismo que trabaja de manera asíncrona mediante co-rutinas nativas del motor de juegos tanto en la autenticación y el registro de eventos del estudiante mediante su avatar.

Por el contrario, en la plataforma OpenSimulator, el middleware mantenía una conexión full-duplex debido a que toda la lógica se encontraba en el servidor. Es por ello que se requería de un cliente gráfico para acceder al entorno como los visores en 3D como Singularity.

En nuestra plataforma mediante el juego serio desarrollado en Unity nuestro entorno es ejecutado en nuestros equipos locales y las peticiones al servidor son realizadas solo cuando se requiere registrar algún evento específico, manteniendo de esta manera una comunicación tipo half-duplex, la cual se considera más eficiente en aspectos como tráfico de red, número de conexiones simultáneas, optimización de peticiones al servidor.

4.6. Resumen del Capítulo

En el presente capítulo se sigue de manera cuidadosa los lineamientos de la metodología Design Science Research, se inicia el proceso de concepción y desarrollo de un Sistema Multiagente que actuará como Tutor Inteligente. Esta iniciativa se materializa a través de la adaptación y aplicación de la metodología MASINA, ampliamente reconocida en el diseño y desarrollo de Sistemas Multiagente.

La Metodología MASINA se erige como un pilar fundamental, ofreciendo un sólido respaldo a lo largo de cada una de sus fases. El objetivo final es la creación de un sistema de tutoría inteligente concebido como un entorno multiagente. Este sistema, destinado a integrarse en nuestro Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D, tiene como propósito guiar a los usuarios en la resolución de tareas relacionadas con problemas de naturaleza ill-defined en el ámbito del Cableado Estructurado.

A través de la meticulosa construcción de este cuarto artefacto y la aplicación de los conceptos de la metodología Design Science Research, se plantea una evolución en la arquitectura de MAEVIF, originalmente concebida para la creación de soluciones o enfoques destinados a problemas de tipo ill-defined. Esta nueva configuración, denominada MAEVIF-PID, se presenta como una adaptación específica para abordar con eficacia este tipo de desafíos.

La sinergia entre la metodología Design Science Research y MASINA potencia el desarrollo de un sistema de tutoría inteligente avanzado, adaptado a las necesidades de

nuestro Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D. Gracias a esta fusión metodológica, se espera alcanzar no solo la resolución de problemas complejos, sino también la experiencia de aprendizaje más enriquecedora para los usuarios involucrados.

En resumen, la conjunción de estas metodologías especializadas ofrece una base sólida para la creación de un sistema innovador y eficaz de tutoría inteligente, capaz de orientar a los usuarios en la resolución de desafíos y tareas complejas dentro del ámbito del Cableado Estructurado en un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D.

Capítulo 5: Evaluación de la Arquitectura

5.1. Introducción

Con el objetivo de evaluar y validar tanto los artefactos como la propuesta de la Arquitectura para el tratamiento de los problemas de tipo ill-defined, mediante un Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente que funciona dentro de un juego serio en un entorno virtual de aprendizaje en 3 dimensiones denominada MAEVIF-PID, para ello se cumplió un proceso de evaluación de usabilidad y aceptación conforme a un protocolo pertinente.

Este proceso para la validación de cada artefacto por separado se desarrolló con los usuarios finales que corresponde a estudiantes de diferentes universidades que como requisito inicial deben haber recibido la asignatura de Cableado Estructurado o su equivalente, o al menos estar cursando esta asignatura.

Para la evaluación y validación de la arquitectura MAEVIF-PID, se ha determinado entrevistas a diferentes expertos tanto de EVA, Metodologías centrados en el usuario para Juegos Serios como expertos en la Metodología de tutoría inteligente MAEVIF para la determinación de fortalezas y debilidades determinadas en la propuesta de arquitectura.

5.2. Evaluación de acuerdo con la Metodología DSR

De acuerdo con la metodología principal que se ha desarrollado en el presente trabajo de tesis, la metodología DSR desarrollada en el capítulo 3, se determina en la etapa 5 la evaluación y validación de los artefactos, para ello se desarrolla en primer lugar la validación de los artefactos que contribuyen al desarrollo de los límites del conocimiento mediante la creación de nuevos e innovadores artefactos como lo determina DSR muy difundido y utilizado en el campo de ingeniería, para esto se determina la evaluación de cada uno de los artefactos.

5.3. Resultados Parciales

En la etapa de evaluación de la metodología DSR se determinó en el capítulo 3 del presente trabajo de tesis que la evaluación y validación de cada uno de los artefactos, se los iba a desarrollar en el capítulo 5 de la presente tesis de doctorado, es por ello que se define la evaluación y validación de los artefactos como resultados parciales del presente trabajo de investigación.

Para esto se define el método de evaluación para cada uno de los artefactos diseñados y desarrollados como constructos para extender los límites del conocimiento en el campo de las ingenierías como en nuestro caso el campo de los problemas de tipo ill-defined.

Se determina la metodología TAM [305]–[307] (Technology Acceptance Model), como punto de partida para la evaluación de los artefactos 1, 2, y 3. Esta metodología ha sido desarrollada para evaluar si los futuros usuarios de una aplicación, en este caso específico un artefacto, realmente utilizarán o aceptarán la nueva tecnología. Este modelo se basa en múltiples estudios e investigaciones sobre el uso y la aceptación de tecnologías específicas. Además, evalúa el estado psicológico del usuario quien, de manera voluntaria, debe decidir si acepta o no el uso de una nueva tecnología.

El TAM se complementa con la metodología Design Science Research (DSR). En la quinta etapa de DSR, se lleva a cabo una evaluación del artefacto construido para determinar si la solución o el conjunto de soluciones propuestas para un problema ill-defined es aceptable. Los artefactos han sido diseñados y desarrollados en función de los problemas que se buscan resolver. Tras obtener resultados preliminares con la metodología DSR, se realizarán iteraciones en la ejecución de los algoritmos propuestos para acercarse a una solución óptima del problema. En este contexto, el TAM proporcionará el soporte necesario para evaluar los resultados de los algoritmos ejecutados a través del artefacto, asegurando que las soluciones propuestas sean aceptadas y valoradas por los usuarios.

En la investigación, el TAM se utilizará para evaluar la aceptación y el uso de la nueva tecnología por parte de los usuarios. Específicamente, se evaluará si los estudiantes aceptan y utilizan el artefacto como una solución que contribuye a resolver sus problemas. El TAM evaluará el artefacto en dos aspectos principales, como se muestra en la Figura 3.2:

Utilidad Percibida: Este aspecto mide en qué grado el usuario cree que el uso de un sistema específico mejorará su productividad en el trabajo o en su formación académica, como en la adquisición de destrezas específicas. En este caso, se evaluará si el artefacto mejora la productividad de los estudiantes en la temática de cableado estructurado.

Facilidad de Uso Percibida: Este aspecto mide el grado de facilidad con el que el usuario puede utilizar el sistema específico, en este caso, el artefacto.

Estos dos factores interactúan para influir en una tercera variable denominada Actitud hacia el Uso. Esta variable determina cómo la percepción de la utilidad y la facilidad de uso influyen directamente en la actitud del usuario hacia la aceptación y utilización del sistema o artefacto. Si los usuarios perciben que el artefacto es útil pero difícil de usar, o fácil de usar pero sin utilidad aparente, su actitud hacia el uso del artefacto será negativa.

Con base en estos parámetros, el TAM ayudará a evaluar si el artefacto tiene aceptación entre los estudiantes y si cumple con su objetivo principal: encontrar soluciones aceptables a los problemas ill-defined.

Adicional a TAM se determina la utilización de la metodología propuesta por Lewis para el desarrollo de un cuestionario con adaptado al contexto de la presente investigación, para la evaluación cualitativa de usabilidad de un sistema informático, en nuestro caso cada uno de los artefactos de los cuales se desprenderá los resultados parciales de la presente investigación. Para ejecutar las pruebas de usabilidad se aplica el proceso determinado por Rautela [308] quien detalla las cinco fases del proceso para la ejecución de las pruebas de usabilidad que corresponden a las siguientes:

- Fase I: Planificación de la evaluación de la usabilidad,
- Fase II: Definición de la evaluación y los participantes
- Fase III: Aplicación del test de usabilidad
- Fase IV: Análisis de los resultados
- Fase V: Presentación de resultados

A continuación se determina la evaluación de cada uno de los artefactos diseñados y desarrollados para la presente investigación.

5.3.1. Evaluación del Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim

Para evaluar el presente artefacto, se detalla cada una de las fases de evaluación basadas tanto en la metodología TAM para determinar la aceptación de los usuarios y en la propuesta metodológica de Lewis [309] y Rautela [308] para el desarrollo de la evaluación.

5.3.1.1. Fase 1: Planificar la evaluación de la usabilidad

Se determina los objetivos del proceso de evaluación para el presente artefacto con la finalidad de terminar la aceptación y usabilidad del artefacto con los estudiantes en la temática de cableado estructurado.

- Aplicar el cuestionario para evaluar la usabilidad del EVA desarrollado en OpenSim adaptado a nuestro contexto de investigación.
- Conocer el grado de aceptación de los participantes respecto a la utilización del artefacto en la temática de Cableado Estructurado.

5.3.1.2. Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes

Se procede a organizar los instrumentos que utilizarán los participantes para validar el EVA en OpenSim:

- Se determina y desarrolla el protocolo para la especificación de las actividades a desarrollar en las pruebas del presente EVA que describe: objetivo, fases, responsables, tiempo de ejecución, participantes, materiales, recursos, entregables, artefactos.
- El formulario de evaluación de aceptación y usabilidad que se debe desarrollar una vez finalizada la revisión de las actividades correspondientes a cada fase.

Para determinar el número de participantes que evaluará este artefacto, se proyecta un número inicial y el tamaño de la muestra mediante la fórmula propuesta por Spiegel

$$n = \frac{(Z_{\alpha}^2 * N * p * q)}{(e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * N * p * q)}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población proyectada, para calcular el universo de los usuarios se determina el número de estudiantes que están cursando actualmente la cátedra de Cableado Estructurado en las carreras de Ingeniería de Computación e Ingeniería de Software de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en el período comprendido entre Octubre 2019 - Febrero 2020. En la segunda etapa fueron considerados los estudiantes de la asignatura de Cableado Estructurado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional y los estudiantes de Redes de Computadores I de la Carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad de las Fuerzas Armadas de la Sede Santo Domingo en el período Mayo – Septiembre 2021.

Z_{α}^2 : constante que depende del nivel de confianza

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar (si se desconoce equivale a 0.5)

q: 1-p

e: error que se prevé cometer

La evaluación de este artefacto se la realizó en dos fases en dos períodos académicos diferentes, para esto los valores a ingresar en la fórmula fueron:

N: 39

Z_{α}^2 : 1.65 (nivel de confianza del 90%)

p: 0.5

q: 0.5

e: 0.1 equivalente al 10%

Aplicando estos valores a la ecuación 1 se tiene:

$$n = \frac{(1.65^2 * 39 * 0.5 * 0.5)}{(0.1^2 * (39 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5)}$$

Donde n=25

Esta muestra determina el número mínimo de participantes en cada una de las dos etapas que conformaron la muestra para la aplicación de pruebas, evaluación y validación del artefacto 1, estos participantes deben ser estudiantes que han cursado o estén cursando la asignatura de Cableado Estructurado.

5.3.1.3. Fase 3: Aplicación del test de usabilidad

De acuerdo con el protocolo de aplicación, es esencial que el docente facilitador lleve a cabo una inducción inicial para los participantes. El objetivo de esta inducción es garantizar que los participantes se familiaricen tanto con el entorno virtual de aprendizaje como con la dinámica y finalidad de la evaluación. Durante esta sesión introductoria, el facilitador deberá proporcionar una guía detallada sobre el uso del artefacto y resolver cualquier consulta o duda que los participantes puedan tener.

Además, se debe explicar detalladamente cada pregunta del test utilizado para evaluar la aceptación y usabilidad del artefacto por parte de los participantes. Es fundamental presentar cada una de las opciones de respuesta de acuerdo con la metodología TAM, para cumplir con los objetivos de la evaluación.

Durante esta explicación, el docente facilitador deberá asegurarse de que los participantes comprendan:

Propósito de Cada Pregunta: Clarificar qué se está midiendo con cada pregunta y cómo se relaciona con la aceptación y usabilidad del artefacto.

Opciones de Respuesta: Detallar las opciones de respuesta disponibles, explicando el significado de cada una y cómo elegir la que mejor refleje su experiencia y percepción, mediante una escala de Likert del 1 al 5 en el caso de las preguntas 1 y 2, esta escala se representa de la siguiente manera:

- 1: Muy en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Neutral
- 4: De acuerdo
- 5: Muy de acuerdo

Cada participante deberá registrar sus datos personales y completar el cuestionario diseñado para la presente evaluación. El cuestionario examina diversos aspectos de la aceptación y usabilidad basados en los principios del TAM, incluyendo la Utilidad Percibida y la Facilidad de Uso Percibida.

Facilidad de Uso Percibida:

Pregunta 1: ¿Qué tan fácil le parece el uso del entorno?

Opciones de respuesta: Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Muy de acuerdo.

Utilidad Percibida:

Pregunta 2: ¿ Esta herramienta le parece útil para aprender la asignatura de Cableado Estructurado?

Opciones de respuesta: Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Muy de acuerdo.

Observaciones en general:

Pregunta 3: ¿ Qué recomendaciones podría dar respecto al entorno?

Opciones de respuesta: Debido a que es una pregunta abierta el participante puede determinar en formato texto sus recomendaciones.

Finalmente, los datos recopilados y las respuestas del cuestionario serán analizados para evaluar la efectividad del artefacto y su aceptación entre los participantes, permitiendo identificar áreas de mejora y validar el éxito del entorno de aprendizaje en cumplir sus objetivos pedagógicos.

5.3.1.4. Fase 4: Análisis de los resultados

Si bien la muestra determinada inicialmente fue de 25 participantes, la aplicación del test de usabilidad fue desarrollada en dos fases que corresponden en diferentes períodos académicos.

Fase 1: Fue desarrollada en el período académico Octubre 2019 - Marzo 2020 con 25 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Politécnica Nacional, quienes estaban cursando la asignatura relacionada a Cableado Estructurado.

Fase 2: esta etapa de aplicación del test de aceptación y usabilidad por parte del usuario fue desarrollada en el período académico de Mayo – Septiembre 2021 y fue presentada de manera virtual con asistencia de una herramienta de videoconferencia, debido a las restricciones surgidas a través de la pandemia por el COVID-19 y fue aplicada a estudiantes tanto de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional y estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Sede Santo Domingo, este grupo fue conformado por un total de 88 estudiantes.

Para el análisis de resultados, se determina de acuerdo con la metodología TAM, 3 escalas de aceptación de la tecnología por parte de los usuarios:

- NO ACEPTABLE: en esta categoría se considera las opciones de respuesta de Muy en desacuerdo, En desacuerdo.
- NEUTRO: se considera la opción de respuesta Neutral
- ACEPTABLE: esta categoría engloba las opciones de respuesta: De acuerdo, Muy de acuerdo

5.3.1.5. Fase 5: Presentación de resultados

En esta fase se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con las dos fases de aplicación del presente artefacto, utilizando la metodología de aceptación del usuario TAM.

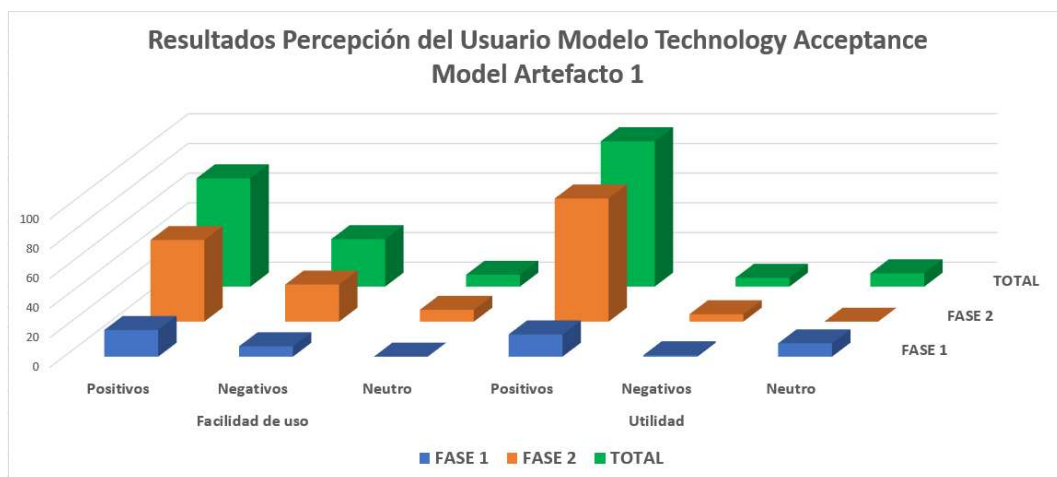


Figura 5.1. Resultados Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim.

La Figura 5.1 muestra en detalle las opciones de respuesta tanto de la fase 1 como de la fase 2 de aplicación, así como el total combinado de ambas fases. A partir de estos datos, se han obtenido las siguientes observaciones:

Categoría Facilidad de Uso

En el rango de ACEPTABILIDAD, se encontró que un 64,60% de los estudiantes consideraron que el artefacto es fácil de usar, este porcentaje incluye la suma de respuestas de la fase 1 y la fase 2.

En el rango NEUTRO, un 7,08% de los estudiantes se ubicaron, lo que indica una perspectiva indiferente sobre la facilidad de uso del artefacto.

En el rango de NO ACEPTABILIDAD, un 28,32% de los estudiantes consideraron que el artefacto no es fácil de usar.

Estos resultados se obtuvieron sobre un total de 113 estudiantes que participaron en ambas fases de aplicabilidad.

Categoría Utilidad

En el rango de ACEPTABILIDAD, el 86,73% de los estudiantes consideraron que el artefacto es útil para sus tareas académicas y prácticas.

En el rango NEUTRO, el 7,96% de los estudiantes indicaron una posición indiferente sobre la utilidad del artefacto.

En el rango de NO ACEPTABILIDAD, el 5,31% de los estudiantes no encontraron útil el artefacto.

Estos porcentajes también corresponden a un total de 113 estudiantes que participaron en ambas fases del test de evaluación.

5.3.1.6. Conclusión de los resultados del Artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim

Los resultados muestran una tendencia mayoritaria hacia la aceptación del artefacto tanto en términos de facilidad de uso como de utilidad, especialmente destacada en la última categoría con un alto porcentaje de aceptabilidad. Sin embargo, también se identifica un porcentaje significativo de estudiantes que encuentran el artefacto difícil de usar, lo cual señala un área de mejora para futuras iteraciones del diseño y desarrollo del artefacto.

La metodología TAM ha sido fundamental para discernir estos puntos y proporcionar una visión clara sobre cómo los estudiantes perciben y aceptan el artefacto, al mismo

tiempo que evidencia áreas específicas donde se puede trabajar para mejorar la experiencia del usuario y la efectividad del artefacto educativo.

5.3.2. Evaluación del Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D

Para evaluar la aceptabilidad y utilidad de este artefacto desde la perspectiva de los usuarios, se implementa la metodología TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) y la metodología de Rautela. A través de la aplicación de un cuestionario, se busca obtener retroalimentación directa de los usuarios finales después de sus sesiones de uso, permitiendo así evaluar y validar el artefacto. Se sigue un protocolo de evaluación estructurado en cinco fases, similar al utilizado en la evaluación del artefacto 1: Entorno Virtual de Aprendizaje en OpenSim.

5.3.2.1. Fase 1: Planificación de la evaluación de la usabilidad

Se determina los siguientes objetivos para evaluar la aceptación y el uso de la nueva tecnología por parte de los usuarios:

- Realizar una sesión de inducción en la cual el facilitador presenta el artefacto a los usuarios finales. Esta sesión tiene como objetivo familiarizar a los usuarios con el EVA3D desarrollado en Unity 3D, proporcionando una visión general de sus características y funcionalidades.
- Desarrollar una sesión de prueba del artefacto, proporcionando a los usuarios finales la oportunidad de interactuar con el EVA3D durante aproximadamente una hora. Esta interacción permitirá a los usuarios explorar el entorno y usarlo de manera práctica, facilitando una evaluación precisa de su usabilidad.
- Aplicar un cuestionario diseñado para medir la percepción de facilidad de uso y la percepción de utilidad del artefacto por parte de los usuarios finales. Este cuestionario es fundamental para comprender la experiencia de los usuarios y su disposición a aceptar el artefacto como una herramienta educativa válida.
- Determinar y analizar el grado de aceptación por parte de los participantes en relación con el uso del artefacto en el entorno virtual de aprendizaje desarrollado en Unity 3D. Esta información proporcionará perspectivas valiosas sobre cómo los usuarios perciben el artefacto y su potencial integración en actividades educativas.

Estos objetivos buscan garantizar una evaluación integral que no solo valide la funcionalidad del artefacto, sino que también identifique áreas de mejora, asegurando una alineación precisa con las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

5.3.2.2. Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes

En esta fase, se organiza y prepara todo lo necesario para que los participantes puedan validar el artefacto en función de su facilidad de uso y la utilidad percibida por los usuarios finales.

Desarrollo del Protocolo de Evaluación: Se elabora un protocolo detallado que especifica las actividades necesarias para probar el artefacto. Este protocolo incluye:

Objetivos: Establecer claramente los propósitos de la evaluación.

Fases: Dividir el proceso de evaluación en etapas manejables.

Responsables: Designar los responsables para cada etapa de la evaluación.

Tiempo de Ejecución: Estimar el tiempo necesario para cada fase.

Participantes: Identificar y seleccionar los usuarios finales que participarán en la evaluación.

Recursos y Materiales: Enumerar los recursos y materiales necesarios para llevar a cabo la evaluación.

Entregables: Definir los resultados y productos esperados al final de cada fase.

Formulario de Evaluación: Se diseña un formulario con las preguntas adecuadas para evaluar la facilidad de uso y la utilidad percibida del artefacto. Este formulario se aplicará una vez concluidas las actividades de cada fase de la evaluación, permitiendo recopilar opiniones y experiencias de los participantes.

Determinación del Número de Participantes: Para definir el número de participantes necesarios para evaluar el artefacto, se parte de una proyección inicial del tamaño de la muestra. El cálculo se realiza utilizando la ecuación 5.1 propuesta por Spiegel. En este caso, se ha proyectado un tamaño de población de $N = 76$ participantes para este artefacto, tomando como punto de partida el número de estudiantes que están cursando las asignaturas de Redes de Comunicaciones I y II de la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad de las Fuerzas Armadas Sede Santo Domingo en el período comprendido entre Abril -Agosto 2022.

Aplicando los valores proyectados en la ecuación, se determina el tamaño adecuado de la muestra para asegurar una evaluación representativa y válida.:

$$n = \frac{(1.65^2 * 76 * 0.5 * 0.5)}{(0.1^2 * (76 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5)}$$

Donde n= 36

Esta muestra corresponde al número aceptable de estudiantes correspondientes para evaluar y validar este artefacto.

5.3.2.3. Fase 3: Aplicación del test de usabilidad

El docente facilitador debe realizar una inducción inicial para familiarizar a los participantes con el entorno virtual de aprendizaje y la dinámica de la evaluación, resolviendo cualquier duda.

Durante esta inducción, el facilitador debe explicar detalladamente:

Propósito de Cada Pregunta: Clarificar lo que mide cada pregunta del cuestionario.

Opciones de Respuesta: Detallar las opciones de respuesta, utilizando una escala de Likert del 1 al 5, como se muestra a continuación:

- 1: Muy en desacuerdo = MD
- 2: En desacuerdo = D
- 3: Neutral = N
- 4: De acuerdo = DA
- 5: Muy de acuerdo = MA

El cuestionario está compuesto por 5 preguntas cerradas que incluye como opciones la escala de Likert y 2 preguntas de tipo abierta centradas en obtener retroalimentación en formato texto, que se puede apreciar en la Tabla 5.1.

No.	Pregunta	MD	D	N	DA	MA
1	Cuál es el grado de utilidad del Entorno Virtual de Aprendizaje 3D para el usuario	1	2	3	4	5
2	Cuál es el grado de facilidad de uso del Entorno Virtual de Aprendizaje	1	2	3	4	5
3	Al utilizar el Entorno Virtual de Aprendizaje 3D, se siente identificado con un entorno real	1	2	3	4	5
4	Cuál es el grado de seguridad que sintió al utilizar el entorno virtual	1	2	3	4	5
5	Considera que el entorno presenta los objetos 3D de manera adecuada	1	2	3	4	5
6	El entorno tuvo algún error durante la ejecución	SI			NO	
7	Considera que el entorno virtual en 3D simplifica los procesos de la realidad	SI			NO	

Tabla 5.1. Cuestionario Test de Aceptación del Usuario Final Artefacto 2

Finalmente, los datos recopilados se analizarán para evaluar la efectividad y aceptación del artefacto, identificando áreas de mejora y validando el artefacto en cumplir sus objetivos.

5.3.2.4. Fase 4: Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados, se utilizará la metodología TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) y se clasificarán las respuestas de los usuarios en tres escalas de aceptación de la tecnología:

- **NO ACEPTABLE:** Incluye las opciones de respuesta "Muy en desacuerdo" y "En desacuerdo". Esta categoría indica una baja aceptación y probablemente sugiera que el artefacto necesita significativas mejoras.
- **NEUTRO:** Incluye la opción de respuesta "Neutral". Esta categoría refleja una falta de opinión clara o contundente sobre la aceptación del artefacto, lo que podría indicar que el artefacto no cumple todas las expectativas, pero tampoco es completamente rechazado.
- **ACEPTABLE:** Engloba las opciones de respuesta "De acuerdo" y "Muy de acuerdo". Esta categoría señala que el artefacto es bien recibido por los usuarios y que cumple con las expectativas de facilidad de uso y utilidad percibida.

Mediante esta categorización, se podrá obtener una visión clara sobre el grado de aceptación del artefacto por parte de los usuarios, permitiendo identificar tanto las fortalezas como las áreas que requieren mejoras adicionales. El análisis riguroso de estos datos es crucial para validar la efectividad y la aceptabilidad del entorno virtual de aprendizaje.

5.3.2.5. Fase 5: Presentación de resultados

En esta fase, se presentan los resultados obtenidos a partir de la evaluación del artefacto utilizando la metodología de aceptación del usuario TAM. Los resultados se visualizan detalladamente en la Figura 5.2 y Figura 5.3, las cuales muestran las opciones de respuesta de los usuarios en términos de Facilidad de Uso y Utilidad. A partir de los datos recopilados, se pueden derivar las siguientes observaciones:

Para la pregunta 1, relacionada con la utilidad del artefacto, se determinó que el 75% de los estudiantes lo consideran Aceptable, el 22.22% se mantiene en una posición Neutral y el 2.78% lo categorizan como No Aceptable.

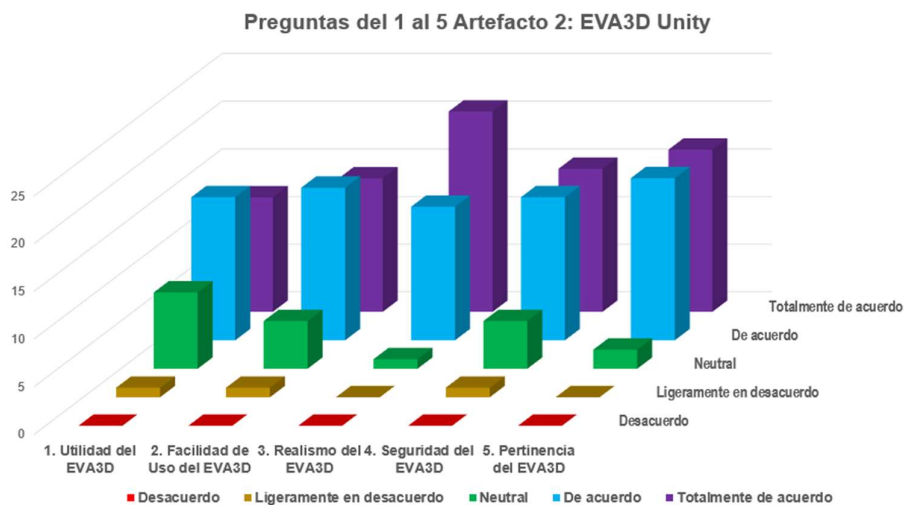


Figura 5.2. Resultados Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D – Preguntas 1 al 5.

En cuanto a la pregunta 2, que mide la facilidad de uso del artefacto, un 83.33% de los estudiantes lo hallan Aceptable, un 13.89% permanecen Neutros y un 2.78% lo encuentran No Aceptable.

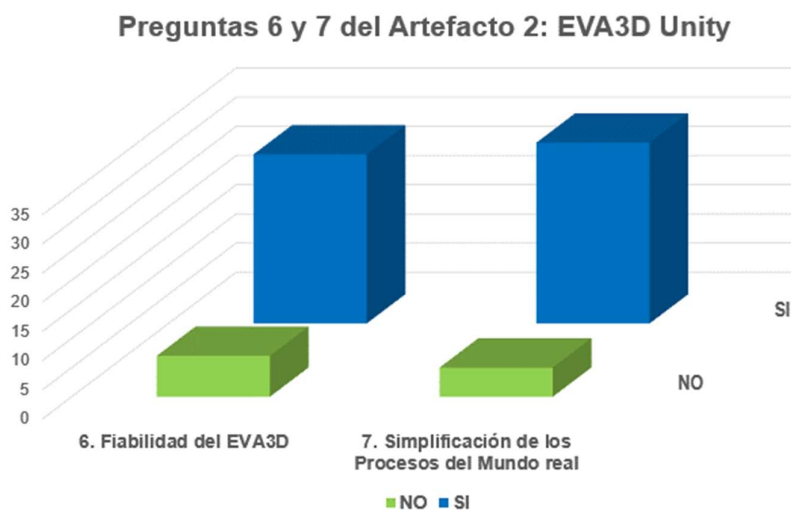


Figura 5.3. Resultados Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D – Pregunta 6 y Pregunta 7.

En la pregunta 3, que evalúa el realismo del artefacto, un 97.22% de los estudiantes lo consideran Aceptable, mientras que un 2.78% se mantienen Neutrales y ninguno lo calificó como No Aceptable.

Para la pregunta 4, que mide la seguridad que sienten los usuarios al utilizar el artefacto, un 83.33% lo considera Aceptable, un 13.89% se siente Neutral y un 2.78% lo considera No Aceptable.

La pregunta 5, que emplea una escala de Likert, muestra que un 94.44% de los usuarios encuentran el artefacto Aceptable, un 5.56% se mantiene Neutral y no se registraron respuestas en la categoría de No Aceptable.

En las respuestas abiertas, la pregunta 6 investiga la fiabilidad del artefacto, encontrando que un 80.56% de los usuarios confía en él, mientras que un 19.44% opina lo contrario.

Finalmente, en la pregunta 7, que aborda si el artefacto podría simplificar el proceso de aprendizaje en comparación con métodos tradicionales, un 86.11% de los usuarios considera que sí, mientras que un 13.89% no está de acuerdo.

Estos porcentajes también corresponden a un total de 36 estudiantes que participaron en ambas fases del test de evaluación.

5.3.2.6. Conclusión de los resultados del Artefacto 2: Ambiente Virtual de Aprendizaje en Unity 3D

En función de los resultados se puede determinar que:

La mayoría de los estudiantes considera el artefacto como aceptable en términos de utilidad, facilidad de uso, realismo, y seguridad. Esto sugiere que el artefacto cumple con las expectativas de los usuarios en estos aspectos clave.

Los altos porcentajes de respuestas en las categorías "ACEPTABLE" para las preguntas relacionadas con la facilidad de uso y utilidad percibida indican que los usuarios encuentran el artefacto fácil de usar y valioso para el aprendizaje.

La alta proporción de respuestas en la categoría "ACEPTABLE" para las preguntas sobre realismo y seguridad sugiere que los usuarios perciben el artefacto como realista y seguro para su uso.

Los datos revelan que la mayoría de los usuarios confía en la fiabilidad del artefacto y considera que puede simplificar el proceso de aprendizaje en comparación con métodos

tradicionales. Esto indica una percepción positiva hacia la eficacia del artefacto en mejorar la experiencia de aprendizaje.

Recomendaciones para Mejora:

A pesar de los resultados mayoritariamente positivos, se debe considerar las pequeñas proporciones de respuestas en las categorías "NEUTRO" y "NO ACEPTABLE" para algunas características. Estas áreas pueden señalar oportunidades de mejora en el artefacto, como posibles ajustes en la usabilidad, la comunicación de la utilidad, o la seguridad percibida.

5.3.3. Evaluación del Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente

La evaluación de la aceptación del artefacto por parte de los usuarios se realiza utilizando la Metodología TAM (Modelo de Aceptación de Tecnología), adaptada a las necesidades específicas de este estudio. Se ha diseñado un cuestionario como herramienta principal para la evaluación y validación, basándose en el protocolo de evaluación y validación propuesto por Rautela, que se estructura en cinco fases.

5.3.3.1. Fase 1: Planificación de la evaluación de la usabilidad

Como primera fase, es importante determinar los objetivos específicos de la evaluación como parte integral del protocolo de implementación. Esto incluye definir claramente qué aspectos del artefacto se desean evaluar y cómo se llevará a cabo el proceso:

- Planificar una sesión de inducción para presentar el artefacto a los usuarios finales, que en este caso son los estudiantes. El objetivo es familiarizar a los estudiantes con las funcionalidades y características del artefacto, asegurando que comprendan su propósito y el modo correcto de interactuar con él.
- Ejecutar una sesión de prueba de usabilidad. Durante esta sesión, el facilitador asignará tareas específicas a los estudiantes para que puedan interactuar con el artefacto en un entorno controlado. Esta práctica permitirá observar y evaluar cómo los usuarios manejan el sistema y recopilar información valiosa sobre su experiencia.
- Aplicar el cuestionario elaborado según los lineamientos de la Metodología TAM. Este cuestionario está diseñado para medir el grado de aceptación y percepción de los usuarios sobre el artefacto, proporcionando datos cuantitativos y cualitativos para el análisis.

- Analizar los resultados obtenidos del cuestionario. Este análisis se enfocará en dos aspectos clave: la facilidad de uso y la utilidad percibida del artefacto. A partir de estos resultados, se puede determinar el grado de aceptación del artefacto por parte de los usuarios y su disposición a utilizarlo en futuros contextos educativos.

El proceso de evaluación está cuidadosamente diseñado para garantizar que el artefacto cumpla con las expectativas y necesidades de los usuarios finales. Desde la planificación inicial hasta el análisis de los resultados, cada paso está orientado a obtener una visión clara y completa sobre la aceptación del artefacto por parte de los estudiantes.

5.3.3.2. Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes

Para llevar a cabo la evaluación de este artefacto, es necesario seguir un enfoque sistemático, similar al utilizado en las evaluaciones de los artefactos 1 y 2, organizando las herramientas y recursos necesarios para determinar los aspectos a evaluar.

Desarrollo del Protocolo de Evaluación

El primer paso es desarrollar un protocolo de evaluación en el cual se especifican las actividades y tareas necesarias para probar el artefacto. Este protocolo debe incluir los siguientes elementos:

- Establecer claramente los objetivos de la evaluación, definiendo lo que se espera lograr y cuáles son los indicadores clave de éxito.
- Dividir el proceso de evaluación en etapas manejables, permitiendo una estructuración organizada y sistemática del proceso. Cada fase debe tener un propósito específico y tareas asociadas.
- Designar los responsables para cada etapa de la evaluación, asignando roles y responsabilidades claros para asegurar una ejecución eficiente.
- Estimar el tiempo necesario para cada fase, calculando y asignando duración apropiada para completar cada una de las etapas del proceso de evaluación.
- Identificar y seleccionar los usuarios finales que participarán en la evaluación, seleccionando una muestra representativa de estudiantes que interactuarán con el artefacto.
- Determinar los recursos y materiales necesarios para llevar a cabo la evaluación, identificando y preparando todos los elementos requeridos, como hardware, software, documentación y otros materiales de apoyo.

- Definir los resultados y productos esperados al final de cada fase, especificando los entregables para cada etapa del proceso de evaluación.

Diseño del Formulario de Evaluación

Es crucial diseñar un formulario con preguntas adecuadas para evaluar la facilidad de uso y la utilidad percibida del artefacto. Este formulario se aplicará una vez concluida cada sesión de ejecución del test de usabilidad, permitiendo recopilar sistemáticamente las opiniones y experiencias de los participantes.

Determinación del Número de Participantes

Para definir el número de participantes necesarios para evaluar el artefacto, se parte de una proyección inicial del tamaño de la muestra. El cálculo se realiza utilizando la ecuación 5.1 propuesta por Spiegel. Inicialmente, se proyecta una población de N=40 participantes para probar el artefacto, este universo de 40 usuarios se determina con los estudiantes que se encuentran cursando la asignatura de Cableado Estructurado de la carrera de Ingeniería de Software de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en el período comprendido entre Abril – Septiembre 2021.

Al aplicar los valores proyectados en la ecuación, se determinará el tamaño específico de la muestra necesaria para obtener resultados fiables y representativos.

$$n = \frac{(1.65^2 * 40 * 0.5 * 0.5)}{(0.1^2 * (40 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5)}$$

Donde n=25

Este número asegura una cantidad adecuada de usuarios para la aplicación y validación del artefacto.

5.3.3.3. Fase 3: Aplicación del test de usabilidad

Para comenzar el desarrollo de esta fase, el investigador facilitador debe ejecutar una inducción inicial para familiarizar a los usuarios con el artefacto, además de presentar los objetivos de la evaluación del mismo. Esta inducción asegura que los usuarios comprendan tanto el funcionamiento del artefacto como la finalidad de la evaluación que se realizará.

Además, el facilitador debe explicar las preguntas que componen el cuestionario de evaluación, detallando las opciones disponibles para cada una de ellas. Las opciones del cuestionario están estructuradas en una escala de Likert de 1 a 5, la cual se visualiza de la siguiente manera:

- 1: Muy en desacuerdo = MD
- 2: En desacuerdo = D
- 3: Neutral = N
- 4: De acuerdo = DA
- 5: Muy de acuerdo = MA

El cuestionario está compuesto por un total de 15 preguntas, 14 de las cuales utilizan la escala de Likert para capturar las percepciones de los usuarios sobre diversos aspectos del artefacto. La pregunta adicional es de tipo abierta, diseñada para obtener retroalimentación cualitativa sobre el artefacto. Las preguntas del cuestionario se detallan en la Tabla 5.2.

Una vez que los usuarios han completado el cuestionario, los datos generados son recopilados para analizar y evaluar la aceptación del usuario al artefacto presentado. Este análisis no solo mide la aceptación, sino que también permite identificar áreas de mejora y descubrir nuevas oportunidades para validar los objetivos del artefacto.

Mediante la recopilación y el análisis de estas respuestas, se obtiene una comprensión más profunda de la percepción y experiencia del usuario con el artefacto, lo cual es crucial para realizar ajustes y mejorar su funcionalidad y usabilidad en futuras iteraciones.

5.3.3.4. Fase 4: Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados, se utilizará la Metodología TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica). Esta metodología permitirá clasificar las respuestas de los usuarios en tres escalas de aceptación de la tecnología, facilitando una comprensión clara del grado de aceptación del artefacto. Las escalas de aceptación se definen de la siguiente manera:

- **NO ACEPTABLE:** Esta categoría incluye las opciones de respuesta "Muy en desacuerdo" y "En desacuerdo". Indica una baja aceptación del artefacto, sugiriendo que existen aspectos significativos que necesitan mejoras. Un alto número de respuestas en esta categoría puede reflejar serias deficiencias en términos de usabilidad o utilidad percibida.
- **NEUTRO:** Incluye la opción de respuesta "Neutral". Refleja una falta de opinión clara o contundente sobre la aceptación del artefacto. Este resultado podría indicar que el artefacto no cumple todas las expectativas de los usuarios, sin

embargo, tampoco es completamente rechazado. Es un indicio de que ciertas áreas pueden necesitar una reevaluación o ajustes menores.

- **ACEPTABLE:** Engloba las opciones de respuesta "De acuerdo" y "Muy de acuerdo". Señala que el artefacto es bien recibido por los usuarios, cumpliendo con sus expectativas en términos de facilidad de uso y utilidad percibida. Una alta concentración de respuestas en esta categoría sugiere que el artefacto es efectivo y satisfactorio para la mayoría de los usuarios.

No.	Pregunta	MD	D	N	DA	MA
1	En general, estoy satisfecho con lo fácil del software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
2	Le resulta sencillo la utilización del software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado presentado (El término sencillo se aplica al concepto de certero, esencial, preciso, sobrio, escueto y claro)	1	2	3	4	5
3	Las tareas planteadas en el software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado se pueden completar utilizando el protocolo (manual de usuario) entregado	1	2	3	4	5
4	Me siento cómodo al desarrollar las tareas que resuelven los problemas para buscar una solución aceptable para el problema de la ubicación del Rack en cada laboratorio seleccionado y el problema de la ubicación del Data-Center del Edificio solicitados en el software	1	2	3	4	5
5	Usted considera como fácil la utilización del software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado para cumplir los retos planteados	1	2	3	4	5
6	Considera como agradable la interfaz sobre el soporte que brinda el software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
7	Los elementos presentados en el software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado , fueron útiles para desarrollar las tareas planteadas	1	2	3	4	5
8	La representación del edificio en 2D, es similar a los laboratorios del edificio de la facultad en el Mundo Real	1	2	3	4	5
9	Le parece útil la interacción con el software para entender la dinámica en un escenario en el mundo real para la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
10	Le parece que el software puede apoyar el proceso de aprendizaje en lo referente a la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
11	Me resulta entretenido la utilización del presente software como herramienta de aplicación de la normativa de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
12	Considera útil la utilización del software como un entorno virtual de aprendizaje en 2 dimensiones para Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
13	Considera útil la utilización del software para enlazar los contenidos teóricos de Cableado Estructurado con su aplicación	1	2	3	4	5
14	En general, "yo me siento bien y cómodo al utilizar la herramienta "	1	2	3	4	5
15	Qué mejoras propondría usted para las actividades presentadas en el presente software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5

Tabla 5.2. Cuestionario Test de Aceptación del Usuario Final Artefacto 3

Mediante esta categorización, se busca obtener una visión clara y estructurada sobre el grado de aceptación del artefacto por parte de los usuarios. Este análisis permitirá identificar tanto las fortalezas del artefacto como las áreas que requieren mejoras adicionales. La evaluación de estos datos es crucial para validar la efectividad y la aceptabilidad del entorno virtual de aprendizaje proporcionado por el artefacto.

5.3.3.5. Fase 5: Presentación de resultados

En esta fase, se procede a presentar los resultados generados a partir de la evaluación del artefacto utilizando la metodología de aceptación del usuario TAM.

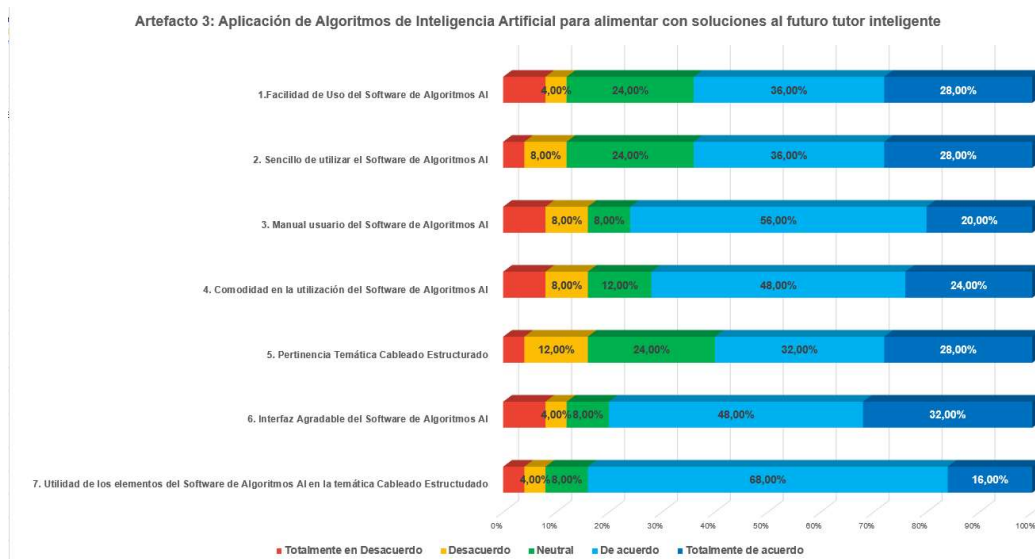


Figura 5.4. Resultados Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente – Preguntas 1 al 7.

Los hallazgos recopilados se detallan minuciosamente en la Figura 5.4 y la Figura 5.5, la cual ofrece una representación visual de las respuestas de los usuarios en relación con la Facilidad de Uso y la Utilidad percibida. Estos datos brindan una panorámica clara sobre la percepción de los usuarios. A través de un análisis exhaustivo de estos resultados, se pueden extraer valiosas observaciones que orientarán las futuras mejoras y optimizaciones del artefacto:

Pregunta 1: Una alta proporción de usuarios 64% se enmarca en la Categoría de Aceptabilidad que indica la Facilidad de uso del artefacto. Esto sugiere que la mayoría de los usuarios encuentra la experiencia generalmente positiva y confortable.

Pregunta 2: El 64 % de los usuarios encuentra sencillo de usar el software en el ámbito de contenidos teóricos sobre Cableado Estructurado.

Pregunta 3: El manual del usuario es valorado positivamente por el 76% de los usuarios (Rango de Aceptabilidad), sugiriendo que la guía proporcionada es clara y útil.

Pregunta 4: El 72% de los usuarios encuentran cómoda la utilización del software. Esto refuerza la percepción de que el software es fácil y cómodo de usar

Pregunta 5: Un 60% de los usuarios encuentra pertinente la temática de Cableado Estructurado, aunque el 24% responde de manera neutral, indicando áreas de mejora en la relevancia percibida

Pregunta 6: Un 80% de los usuarios encuentran la interfaz del software agradable. Esto indica una experiencia de usuario positiva en términos de diseño y usabilidad

Pregunta 7: El 84% de los usuarios encuentran útiles los elementos del software para la temática de Cableado Estructurado. Esto muestra que el software es relevante y útil para esta temática.

Pregunta 8: Un 80% considera que la abstracción de edificios en 2D es útil. La claridad y la utilidad de las representaciones visuales en 2D son muy valoradas.

Pregunta 9: El 76% de los usuarios ven la interacción del software como útil. Esto muestra que la interactividad del software es percibida positivamente y es un aspecto valioso de su funcionamiento

Pregunta 10: El 88% de los usuarios encuentra que el software apoya significativamente su proceso de aprendizaje. Esto es un fuerte indicador de que el software cumple con su objetivo educativo

Pregunta 11: El software es considerado entretenido por un 72% de los usuarios. Esto sugiere que el software no solo cumple su función educativa, sino que también mantiene la atención y el interés de los usuarios.

Pregunta 12: Con un 76% de los usuarios consideran útil la capacidad del software para la representación en 2D. Este es un indicativo positivo de que las representaciones visuales que ofrece el software son útiles para los usuarios

Pregunta 13: El 84.62% de los usuarios encuentra útil el software en el ámbito de contenidos teóricos sobre Cableado Estructurado. Una aceptación tan alta resalta que el software es percibido como una herramienta valiosa para aprender este tipo de material.

Pregunta 14: Una alta proporción de usuarios indica sentirse bien utilizando el Software de Algoritmos AI. Esto sugiere que la mayoría de los usuarios encuentra la experiencia generalmente positiva y confortable

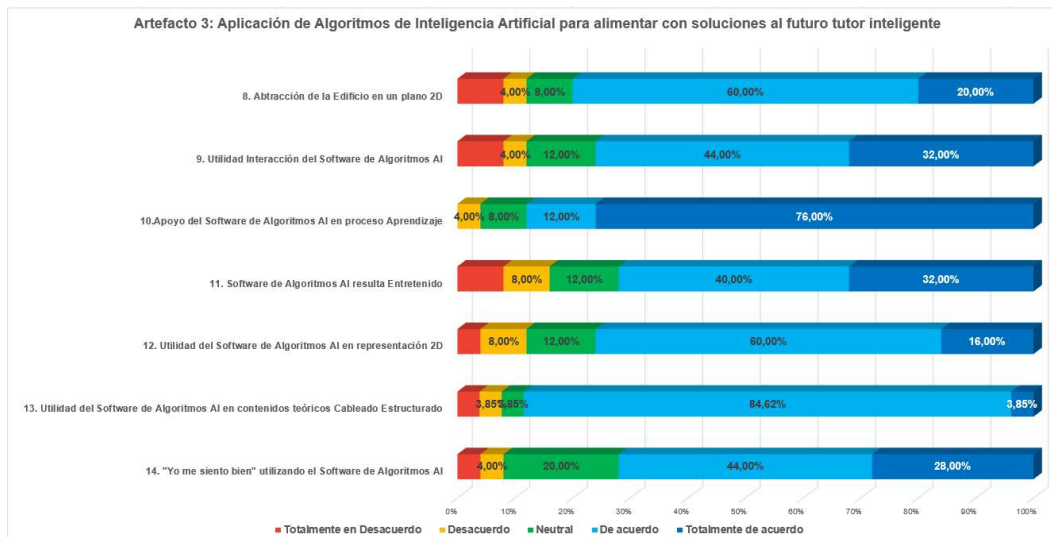


Figura 5.5. Resultados Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente – Preguntas 8 al 14

5.3.3.6. Conclusión de los resultados del Artefacto 3: Aplicación de Algoritmos de Inteligencia Artificial para alimentar con soluciones al futuro tutor inteligente

Las conclusiones que se pueden derivar a partir de los resultados obtenidos, se puede determinar:

- En su mayoría, los usuarios muestran una aceptación positiva del Software de Algoritmos AI en términos de utilidad, entretenimiento y apoyo al aprendizaje.
- Aspectos como la interfaz agradable y la funcionalidad en la representación 2D se destacan como puntos fuertes del software.
- Gran aceptación en la utilidad de elementos específicos, como en la temática de Cableado Estructurado, refuerza la percepción de que el software cumple con las expectativas de los usuarios en esos aspectos.

5.3.4. Evaluación del Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

La evaluación del artefacto "Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría" se centra en la determinación de la aceptación por parte de los usuarios finales. Para llevar a cabo esta evaluación, se utiliza la metodología UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) en

combinación con la metodología de Rautela para la creación de un cuestionario específico que permita obtener una evaluación directa y validada.

La metodología UTAUT [310]–[312], se basa en cuatro constructos teóricos clave que representan determinantes de la intención de uso o del comportamiento de uso de la tecnología. Estos constructos son: Expectativa de Rendimiento, Expectativa de Esfuerzo, Influencia Social y Condiciones facilitadoras. Además, se hace hincapié en la consideración de factores moderadores como género, edad, experiencia y voluntad de uso que influyen en las relaciones entre las variables y la intención de uso del artefacto.

El proceso de evaluación se establece siguiendo un protocolo que consta de cinco fases para garantizar una implementación sistemática y efectiva del proceso de evaluación. Las fases del protocolo guiarán la recopilación de datos y la medición de diversos aspectos relacionados con la aceptación del juego serio y del entorno virtual de aprendizaje en 3D con un Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría.

5.3.4.1. Fase 1: Planificación de la evaluación de la usabilidad

En esta etapa, se determinan los objetivos de la evaluación centrados en la aceptación del artefacto por parte de los usuarios. Los objetivos planteados son los siguientes:

- Desarrollar una sesión introductoria dirigida por el facilitador del protocolo, donde se explique el contexto del artefacto para que los usuarios comiencen a familiarizarse con él.
- Realizar la sesión de ejecución para que los usuarios utilicen el artefacto directamente y puedan interactuar con él.
- Explicar la estructura del cuestionario que se aplicará a los usuarios finales y la finalidad que se busca al recopilar sus respuestas.
- Aplicar el cuestionario, enfatizando la objetividad en las respuestas por parte de los usuarios.

Al cumplir estos objetivos, se espera una evaluación integral y validación efectiva del artefacto, obteniendo retroalimentación directa que permita identificar áreas de mejora basadas en la opinión de los usuarios.

5.3.4.2. Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes

En esta fase, se organizarán los instrumentos necesarios para que los participantes puedan validar el artefacto en función de su facilidad de uso y utilidad percibida. Se procederá de la siguiente manera:

Se desarrollará un protocolo detallado que especifique las actividades a realizar para probar el artefacto, incluyendo objetivos, fases, responsables, tiempo de ejecución, participantes, recursos y entregables.

Se diseñará un formulario con las preguntas pertinentes para evaluar la facilidad de uso y la utilidad percibida, que se aplicará una vez concluida la revisión de cada fase de actividades.

Para determinar el número de participantes que deben evaluar el artefacto, se realizará una proyección inicial considerando la aplicación a estudiantes que hayan cursado o estén cursando la asignatura de Cableado Estructurado en distintas universidades. Se requerirá el apoyo de las autoridades y docentes de la Escuela Politécnica Nacional (Facultades de Ingeniería de Sistemas y Eléctrica y Electrónica), la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Carrera de Ingeniería de Tecnologías de la Información) y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Facultad de Informática y Electrónica). Con una proyección de una población de N=200 participantes en los períodos comprendidos de Abril – Agosto 2023, Octubre 2023 – Febrero 2024 y Abril – Agosto 2024, se calculará el tamaño de la muestra utilizando la ecuación 5.1 propuesta por Spiegel para garantizar una representación adecuada de la población en la evaluación del artefacto:

$$n = \frac{(1.65^2 * 76 * 0.5 * 0.5)}{(0.1^2 * (76 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5)}$$

Donde n= 51

Este número de participantes seleccionado promete ofrecer una muestra representativa y válida para la evaluación y validación del artefacto, permitiendo obtener opiniones variadas y detalladas que enriquecerán el proceso de mejora continua del sistema de aprendizaje propuesto.

5.3.4.3. Fase 3: Aplicación del test de usabilidad

Durante esta fase, el investigador llevará a cabo una inducción inicial para que los participantes se familiaricen con el artefacto y el proceso de evaluación y validación. Se abordarán las posibles preguntas y consultas que puedan surgir por parte de los participantes, aclarando cualquier duda para garantizar una comprensión adecuada del proceso.

Posteriormente, los participantes llevarán a cabo la práctica siguiendo las instrucciones del investigador. Para evitar distracciones, se determinarán varias tareas para diferentes grupos de estudiantes, asegurando que cada práctica sea individual y enfocada.

Durante este proceso, se proporcionará una explicación detallada sobre cada una de las preguntas del cuestionario y se clarificará lo que se espera en las respuestas de los usuarios finales. Cada pregunta del cuestionario ha sido diseñada con opciones de respuesta según una escala de Likert, utilizando los valores del 1 al 5, donde:

1: Muy en desacuerdo (MD)

2: En desacuerdo (D)

3: Neutral (N)

4: De acuerdo (DA)

5: Muy de acuerdo (MA)

El cuestionario consta de 28 preguntas cerradas que incluyen la escala de Likert, además de una pregunta abierta destinada a obtener retroalimentación directa de los usuarios para identificar tanto fortalezas como debilidades. Esta pregunta abierta, que se enfoca en obtener comentarios en formato de texto, permitirá una retroalimentación más detallada y cualitativa.

La estructura y contenido del cuestionario se detallan en la Tabla 5.3, para facilitar su comprensión y aplicación durante el proceso de evaluación.

Una vez recopilados los datos durante la fase de aplicación del test de usabilidad, se procederá a su análisis exhaustivo. Este análisis tiene como objetivo evaluar la efectividad y aceptación del artefacto por parte de los usuarios, permitiendo identificar áreas de mejora y validar en qué medida el artefacto cumple con sus objetivos propuestos.

5.3.4.4. Fase 4: Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados, se empleará la metodología TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica), dividiendo las respuestas de los usuarios en tres categorías de aceptación del artefacto:

NO ACEPTABLE: Incluye respuestas como "Muy en desacuerdo" y "En desacuerdo". Esta categoría indica una aceptación limitada, sugiriendo la necesidad de mejoras sustanciales en el artefacto.

NEUTRO: Incorpora respuestas neutrales. Esto refleja una opinión ambigua sobre la aceptación del artefacto, indicando que quizás no cumple todas las expectativas, pero tampoco es rechazado por completo.

No.	Pregunta	MD	D	N	DA	MA
1	En general, estoy satisfecho con lo fácil de utilizar el juego serio (Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D) con la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
2	Le resulta sencillo la utilización del juego serio en 3 dimensiones presentado (El término sencillo se aplica al concepto de certero, esencial, preciso, sobrio, escueto y claro)	1	2	3	4	5
3	Le parece adecuado los niveles presentados en el juego serio	1	2	3	4	5
4	Las tareas planteadas en el juego serio se pueden completar utilizando el protocolo (manual de usuario) entregado	1	2	3	4	5
5	En el protocolo, las actividades son expuestas de forma clara y precisa	1	2	3	4	5
6	Me siento cómodo al desarrollar las tareas que resuelve el problema relacionado con el pochado de cable UTP con el estándar 568-A y 568-B, solicitado en el juego serio	1	2	3	4	5
7	Me siento cómodo al desarrollar las tareas que resuelven los problemas para buscar una solución aceptable para el problema de la ubicación del Rack en cada laboratorio seleccionado y el problema de la ubicación del Data-Center del Edificio solicitados en el juego serio	1	2	3	4	5
8	Usted considera como fácil la utilización del juego serio para cumplir los retos planteados	1	2	3	4	5
9	Me siento cómodo con los mensajes de ayuda y soporte del tutor inteligente automatizado en el desarrollo de los retos planteados en el juego serio	1	2	3	4	5
10	Considera usted como útil la ayuda proporcionada por el tutor inteligente automatizado en el juego serio	1	2	3	4	5
11	Considera usted como fácil la ayuda proporcionada por el tutor inteligente automatizado en el juego serio	1	2	3	4	5
12	Considera de utilidad el soporte que brinda el tutor virtual inteligente para solucionar el problema relacionado al pochado del cable UTP con el estándar 568-A y 568-B	1	2	3	4	5
13	Considera de utilidad el soporte que brinda el tutor virtual inteligente para buscar una solución aceptable para el problema de la ubicación del Rack en cada laboratorio seleccionado y el problema de la ubicación del Data-Center del Edificio	1	2	3	4	5
14	Considera como agradable la interfaz sobre el soporte que brinda el tutor inteligente automatizado	1	2	3	4	5
15	En el desarrollo de los retos planteados en el juego serio, considera que pueden realizarse sin la ayuda y soporte del tutor inteligente automatizado	1	2	3	4	5
16	Le parece de utilidad los mensajes personalizados que presenta le tutor inteligente automatizado	1	2	3	4	5
17	Le parece fácil de entender los mensajes del tutor inteligente automatizado	1	2	3	4	5
18	Le parece de utilidad la asistencia en modo gráfico para encaminar las siguientes acciones en la ubicación de los objetos para el cumplimiento de las tareas de la ubicación del rack en cada laboratorio seleccionado y la ubicación del data center del edificio	1	2	3	4	5
19	Los elementos presentados en el juego serio, fueron útiles para desarrollar las tareas planteadas	1	2	3	4	5
20	Los objetos presentados en el inventario del juego serio, le parece que son útiles para desarrollar las diferentes tareas planteadas	1	2	3	4	5
21	El Entorno del juego serio en 3D, es similar a los laboratorios del edificio de la facultad en el Mundo Real? Nota: Si no conoce el edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistema de la Escuela Politécnica Nacional, puede contestar la opción "6. No conoce"	1	2	3	4	5
22	Le parece útil la interacción con el juego serio para entender la dinámica en un escenario en el mundo real para la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
23	Le parece que el juego serio puede apoyar el proceso de aprendizaje en lo referente a la temática de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
24	La utilización del juego serio como una plataforma de aprendizaje en 3 dimensiones es agradable para mí	1	2	3	4	5
25	Me resulta entretenido la utilización del presente juego serio como herramienta de aplicación de la normativa de Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
26	Considera útil la utilización del juego serio como un entorno virtual de aprendizaje en 3 dimensiones para Cableado Estructurado	1	2	3	4	5
27	Considera útil la utilización del juego serio para enlazar los contenidos teóricos de Cableado Estructurado con su aplicación	1	2	3	4	5
28	En general, "yo me siento bien y cómodo al utilizar la herramienta del juego serio"	1	2	3	4	5
29	Qué mejoras propondría usted para las actividades presentadas en el presente juego serio	N/A				

Tabla 5.3. Cuestionario Test de Aceptación del Usuario Final Artefacto 4

ACEPTABLE: Envolviendo respuestas como "De acuerdo" y "Muy de acuerdo". Esta categoría señala que el artefacto es bien recibido y satisface las expectativas en términos de facilidad de uso y utilidad percibida.

Esta clasificación permitirá obtener una comprensión clara de cómo los usuarios perciben el artefacto, identificando fortalezas y áreas de mejora. Es esencial analizar estos datos para validar la eficacia y aceptación del entorno virtual de aprendizaje, orientando así las acciones para su mejora continua y adecuación a las necesidades de los usuarios.

5.3.4.5. Fase 5: Presentación de resultados

Durante esta etapa, se exponen los resultados derivados de la evaluación del artefacto empleando la metodología de aceptación del usuario TAM.

Estos resultados están meticulosamente presentados en la Figura 5.6 y Figura 5.7, detallando las elecciones de respuesta de los usuarios en relación con la Facilidad de Uso y la Utilidad percibida. A través de estos datos recopilados, se extraen observaciones significativas que ofrecen perspectivas valiosas.

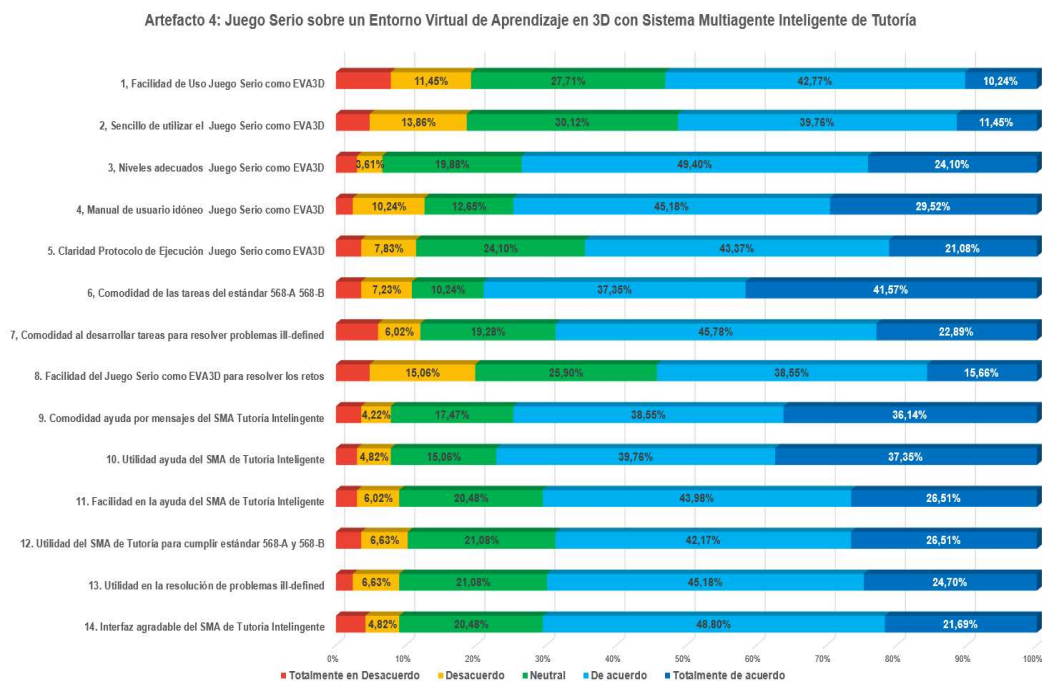


Figura 5.6. Resultados Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría – Preguntas 1 al 14

Basándonos en la gráfica proporcionada, podemos resumir las opiniones de los participantes de la siguiente manera:

- Los participantes expresan en su mayoría sentirse cómodos utilizando el juego serio, con un 40,96% totalmente de acuerdo y un 19,88% en desacuerdo, lo que refleja una aceptación generalizada de esta metodología de aprendizaje.
- En cuanto a la utilidad del juego serio para aplicar conceptos teóricos, se observa que el 48,19% está de acuerdo y el 2,41% en desacuerdo, lo que indica que la gran mayoría considera beneficioso este enfoque para la aplicación práctica de la teoría.
- Respecto a la utilidad del juego serio en el aprendizaje del Cableado Estructurado, un 44,58% está de acuerdo y un 3,01% en desacuerdo, lo que sugiere que la mayoría percibe esta herramienta como efectiva para el desarrollo de habilidades en este campo específico.
- Asimismo, se destaca la valoración de la plataforma EVA3D como agradable para el aprendizaje, con un 39,16% de acuerdo y un 5,42% en desacuerdo, lo que indica una percepción positiva de la experiencia de usuario en dicha plataforma.

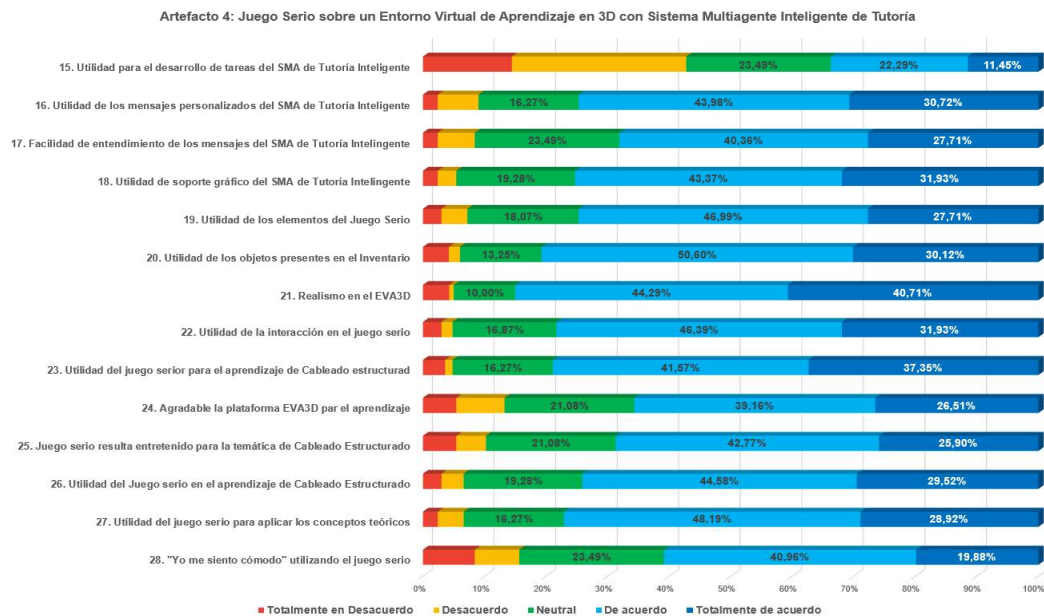


Figura 5.7. Resultados Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría – Preguntas 15 al 29

- Los participantes también reconocen la utilidad de la interacción en el juego serio, con un 46,39% de acuerdo y un 3,01% en desacuerdo, lo que resalta la importancia de la participación activa en el proceso de aprendizaje.

Estos puntos resaltan la percepción mayoritariamente positiva hacia el juego serio y las herramientas de aprendizaje asociadas en el contexto del Cableado Estructurado, con algunas áreas de mejora identificadas en relación con la facilidad de entendimiento de mensajes y la comodidad en la ayuda proporcionada por los sistemas de tutoría inteligente.

5.3.4.6. Conclusión de los resultados del Artefacto 4: Juego Serio sobre un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con Sistema Multiagente Inteligente de Tutoría

En función de los resultados se puede determinar que:

- Aceptación del juego serio: Existe una tendencia positiva hacia el uso del juego serio como herramienta de aprendizaje, ya que la mayoría de los participantes se sienten cómodos utilizándolo y consideran que es útil para aplicar conceptos teóricos.
- Efectividad en el aprendizaje del Cableado Estructurado: Se evidencia que el juego serio es percibido como una herramienta efectiva en el aprendizaje del Cableado Estructurado, lo que sugiere que esta metodología podría contribuir al desarrollo de habilidades específicas en este campo.
- Valoración de la plataforma EVA3D: La plataforma EVA3D es percibida como agradable para el aprendizaje, lo cual indica que la experiencia de usuario en esta plataforma es positiva y contribuye al compromiso y la motivación de los participantes.
- Importancia de la interacción y la personalización: Se destaca la utilidad de la interacción en el juego serio, así como la valoración de los mensajes personalizados en la resolución de problemas, sugiriendo que la personalización y la interactividad son elementos clave para mejorar la experiencia de aprendizaje.
- Áreas de mejora identificadas: A pesar de las percepciones mayoritariamente positivas, se identifican áreas de mejora en la facilidad de entendimiento de mensajes y la comodidad en la ayuda proporcionada por los sistemas de tutoría inteligente, señalando la importancia de la claridad y la accesibilidad en las herramientas de apoyo.

5.4. Prueba de Hipótesis Estadística

Tras obtener los resultados parciales de los cuatro artefactos en aspectos como la facilidad de uso, utilidad, comodidad del usuario y grado de realismo, se procede a realizar una prueba estadística para identificar si existen diferencias significativas entre las medianas de cada artefacto desarrollado en esta investigación.

5.4.1. Características de la Prueba Kruskal Wallis

Para ello, se selecciona la prueba de hipótesis estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis [313], debido a las siguientes razones:

Es una prueba paramétrica: Los datos recolectados de las encuestas no siguen una distribución normal, lo que hace que esta prueba sea apropiada para su análisis.

Datos Ordinales: es útil para datos de tipo ordinal como las respuestas a las preguntas planteada en las encuestas de cada uno de los artefactos desarrollados y probados, en donde sus resultados se encuentran en la escala de Likert.

Variabilidad No Homogénea: lo que representa su utilidad en el caso de que las varianzas entre los grupos sean diferentes y no cumplen los supuestos de homogeneidad de varianza.

Tres o más Grupos: esta prueba estadística está diseñada para comparar las medianas de tres o más grupos independientes, en nuestra investigación, cada grupo representará a los datos recopilados de las pruebas de cada uno de los cuatro artefactos desarrollados y probados.

Facilidad de Computación: esta prueba no paramétrica no requiere de gran complejidad al momento de realizar y aplicar los cálculos de cada uno de los cuatro artefactos a ser probados estadísticamente.

Robustez: es una prueba estadística que contiene a los valores atípicos, debido a que su robustez radica en la aplicación de rangos en lugar de utilizar los valores originales de cada uno de los cuatro artefactos.

Estas razones demuestran que la prueba de Kruskal-Wallis es una herramienta valiosa para determinar diferencias significativas entre las medianas de los cuatro artefactos en relación con la facilidad de uso, utilidad, comodidad, y realismo perceptivo respecto a la infraestructura del mundo real.

5.4.2. Pasos para aplicar la prueba de Kruskal Wallis

Para la aplicación de la prueba de Kruskal Wallis se debe seguir cada uno de los siguientes pasos:

5.4.2.1. Definición del Problema

En este primer paso, se deben establecer las hipótesis: la hipótesis nula H_0 , y la hipótesis alternativa H_1 . H_0 establece que no existen diferencias significativas entre las medianas de los artefactos. En cambio, H_1 sugiere que al menos una de las medianas presenta una diferencia significativa.

5.4.2.2. Organización de los Datos

Es esencial organizar los datos de cada una de las dimensiones de los artefactos desarrollados para su comparación. Debe asegurarse que los datos sean independientes y de naturaleza ordinal.

5.4.2.3. Combinación y determinación del Rango

Combine todos los datos en un solo conjunto y remplace los valores por sus rangos correspondientes. En caso de empates (cuando dos o más datos son iguales), use el promedio de los rangos para esos valores.

5.4.2.4. Cálculo de la estadística H

Para esto se debe aplicar la fórmula de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis para calcular la estadística H, en este caso para cuatro grupos, en donde cada uno representa de manera independiente los datos de un artefacto:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_1^2}{n_1} + \frac{R_2^2}{n_2} + \frac{R_3^2}{n_3} + \frac{R_4^2}{n_4} \right) - 3(N+1)$$

Donde:

N: es el número total de observaciones,

R_i : corresponde al rango de cada grupo o artefacto,

n_i : es el número de observaciones de grupo i o artefacto i.

5.4.2.5. Determinación del Valor Crítico

Consulte una tabla de distribución Ji-cuadrado para encontrar el valor crítico, utilizando los grados de libertad, que son (k-1) (donde (k) es el número de grupos independientes, en

este caso, el número de artefactos evaluados). Compare H con el valor crítico para un nivel de significancia de 0.05.

5.4.2.6. Interpretación del Resultado

Si H es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Si H es menor o igual al valor crítico, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

5.4.2.7. Conclusiones

Determine los resultados dentro del contexto del estudio. Específicamente, evalúe si existen diferencias significativas entre las medianas de los cuatro artefactos en cada una de las dimensiones a ser analizadas.

5.4.3. Dimensiones para la Prueba de Hipótesis Estadística

Después de realizar un análisis exhaustivo de las preguntas y sus respectivas opciones de respuesta en cada una de las encuestas, correspondientes a las pruebas parciales de los artefactos descritos en las secciones 5.3.1 a 5.3.4 de esta tesis doctoral, se identificaron cuatro aspectos clave que reflejan la aceptación del usuario. Estos aspectos fueron evaluados utilizando la Metodología TAM [305]–[307] y su evolución la metodología UTAUT [310]–[312], y que son fundamentales para la comparación en la prueba estadística realizada en este estudio:

Facilidad de Uso: Este aspecto mide la percepción del usuario sobre lo sencillo que resulta interactuar con el artefacto, considerando la simplicidad y la claridad de su interfaz y funcionalidades.

Utilidad del Artefacto: Se evalúa el grado en que el usuario percibe que el artefacto contribuye efectivamente a alcanzar los objetivos para los cuales fue diseñado, reflejando su valor práctico y funcional.

Percepción de Comodidad al Utilizar el Artefacto: Este punto explora cómo los usuarios experimentan el uso del artefacto en términos de comodidad, ergonomía y adaptación durante la interacción, lo que puede influir directamente en su disposición para adoptarlo.

Realismo del Artefacto en Relación con la Infraestructura del Mundo Real: Aquí se considera la fidelidad del artefacto en replicar o integrarse con la infraestructura y condiciones del mundo real, lo que afecta su aplicabilidad y aceptación en escenarios prácticos.

Para cada una de estas cuatro dimensiones, se identifican las preguntas relacionadas en las encuestas de cada artefacto evaluado. Esta correlación se presenta detalladamente en la Tabla 5.4.

Dimensión	Artefacto 1	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Facilidad de Uso	Pregunta 1: ¿Qué tan fácil le parece el uso del entorno?	Pregunta 1: ¿Cuál es el grado de utilidad del Entorno Virtual de Aprendizaje 3D para el usuario?	Pregunta 1: En general, estoy satisfecho con lo fácil del software de aplicación de algoritmos de AI y Algoritmos Genéticos con la temática de Cableado Estructurado	Pregunta 1: En general, estoy satisfecho con lo fácil de utilizar el juego serio (Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D) con la temática de Cableado Estructurado
Utilidad del Artefacto	Pregunta 2: ¿Esta herramienta le parece útil para aprender la asignatura de Cableado Estructurado?	Pregunta 2: ¿Cuál es el grado de facilidad de uso del Entorno Virtual de Aprendizaje?	Pregunta 4: Me siento cómodo al desarrollar las tareas que resuelven los problemas para buscar una solución aceptable para el problema de la ubicación del Rack en cada laboratorio seleccionado y el problema de la ubicación del Data-Center del Edificio solicitados en el software	Pregunta 7: Me siento cómodo al desarrollar las tareas que resuelven los problemas para buscar una solución aceptable para el problema de la ubicación del Rack en cada laboratorio seleccionado y el problema de la ubicación del Data-Center del Edificio solicitados en el juego serio
Realismo del Artefacto en relación con la Infraestructura del Mundo Real	N/A	Pregunta 3: ¿Al utilizar el Entorno Virtual de Aprendizaje 3D, se siente identificado con un entorno real?	Pregunta 8: La representación del edificio en 2D, es similar a los laboratorios del edificio de la facultad en el Mundo Real	Pregunta 21: El Entorno del juego serio en 3D, es similar a los laboratorios del edificio de la facultad en el Mundo Real? Nota: Si no conoce el edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistema de la Escuela Politécnica Nacional, puede contestar la opción "6. No conoce"
Percepción de comodidad al Utilizar el Artefacto	N/A	Pregunta 4: ¿Cuál es el grado de seguridad que sintió al utilizar el entorno virtual?	Pregunta 9: Le parece útil la interacción con el software para entender la dinámica en un escenario en el mundo real para la temática de Cableado Estructurado	Pregunta 13: Considera de utilidad el soporte que brinda el tutor virtual inteligente para buscar una solución aceptable para el problema de la ubicación del Rack en cada laboratorio seleccionado y el problema de la ubicación del Data-Center del Edificio

Tabla 5.4. Dimensiones con preguntas de las encuestas de los Artefactos 1 al 4.

Estas cuatro dimensiones proporcionan una visión integral de la aceptación del usuario y sirven como pilares para la evaluación comparativa en el contexto de las pruebas estadísticas de esta investigación.

5.4.3.1. Prueba de hipótesis Dimensión 1: Facilidad de Uso de los Artefactos

Para determinar la prueba de hipótesis sobre la dimensión de 'Facilidad de Uso' de los artefactos, se aplicará la prueba de Kruskal-Wallis. En la Tabla 5.4 se detallan las preguntas de la encuesta que se utilizaron para recolectar la información correspondiente a cada

artefacto evaluado. Esta tabla proporciona una visión clara de los datos recopilados, permitiendo llevar a cabo un análisis estadístico preciso a través de la prueba.

5.4.3.1.1. Definición del Problema

En este primer paso, se deben establecer las hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en la Facilidad de Uso de los 4 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

Hipótesis alternativa H_1 : Existe una diferencia significativa en la Facilidad de Uso de los 4 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.4.3.1.2. Organización de los Datos

Los datos en la dimensión de Facilidad de uso son presentados en la Tabla 5.5.

Escala Ordinal	Artefacto 1	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	15	0	2	13
Ligeramente en desacuerdo	17	1	1	19
Neutral	8	5	6	46
De acuerdo	50	16	9	71
Totalmente de acuerdo	23	14	7	17

Tabla 5.5. Datos de la Dimensión Facilidad de Uso de los Artefactos 1 al 4.

5.4.3.1.3. Combinación y determinación del Rango

Luego de combinar y reemplazar todos los datos originales en un solo conjunto de rango se obtiene los valores expuestos en la Tabla 5.6.

Escala Ordinal	Artefacto 1	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	12	1	4	10
Ligeramente en desacuerdo	14.5	1.5	1.5	16
Neutral	8	5	6	18
De acuerdo	19	13	9	20
Totalmente de acuerdo	17	11	7	14.5

Tabla 5.6. Rangos de la Dimensión Facilidad de Uso de los Artefactos 1 al 4.

5.4.3.1.4. Cálculo de la estadística H

Para calcular H, se aplica la fórmula de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis, con sus respectivos valores

$$H = \frac{12}{20(20 + 1)} \left(\frac{70.5^2}{5} + \frac{31.5^2}{5} + \frac{27.5^2}{5} + \frac{78.5^2}{5} \right) - 3(20 + 1)$$

$$H=10.60$$

5.4.3.1.5. Determinación del Valor Crítico

Al consultar la tabla de distribución Ji-cuadrado para encontrar el valor crítico, utilizando los grados de libertad, que son (4-1) y con un nivel de significancia de 0.05, se puede determinar que el valor corresponde a 7.815.

5.4.3.1.6. Interpretación del Resultado

Se puede determinar que H es mayor que el valor crítico, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alternativa H_1 .

5.4.3.1.7. Conclusión

Como conclusión se puede determinar que se acepta la H_1 , lo que quiere decir:

Hipótesis alternativa H_1 : Existe una diferencia significativa en la Facilidad de Uso de los 4 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios que los evaluaron.

5.4.3.2. Prueba de hipótesis Dimensión 2: Utilidad de los Artefactos

Para determinar la prueba de hipótesis sobre la dimensión de 'Utilidad de los Artefactos', se aplicará la prueba de Kruskal-Wallis. En la Tabla 5.4 se detallan las preguntas de la encuesta que se utilizaron para recolectar la información correspondiente a cada artefacto evaluado. Esta tabla proporciona una visión clara de los datos recopilados, permitiendo llevar a cabo un análisis estadístico preciso a través de la prueba.

5.4.3.2.1. Definición del Problema

En este primer paso, se deben establecer las hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en la Utilidad de los 4 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

Hipótesis alternativa H_1 : Existe una diferencia significativa en la Utilidad de los 4 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.4.3.2.2. Organización de los Datos

Los datos en la dimensión de Facilidad de uso son presentados en la Tabla 5.7.

Escala Ordinal	Artefacto 1	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	4	0	2	4
Ligeramente en desacuerdo	2	1	1	11
Neutral	9	8	3	35
De acuerdo	60	15	11	75
Totalmente de acuerdo	38	12	8	41

Tabla 5.7. Datos de la Dimensión Utilidad de los Artefactos 1 al 4.

5.4.3.2.3. Combinación y determinación del Rango

Luego de combinar y reemplazar todos los datos originales en un solo conjunto de rango se obtiene los valores expuestos en la Tabla 5.8.

Escala Ordinal	Artefacto 1	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	7.5	1	4.5	7.5
Ligeramente en desacuerdo	4.5	1.5	1.5	12.5
Neutral	11	9.5	6	16
De acuerdo	19	15	12.5	20
Totalmente de acuerdo	17	14	9.5	18

Tabla 5.8. Rangos de la Dimensión Utilidad de los Artefactos 1 al 4.

5.4.3.2.4. Cálculo de la estadística H

Para calcular H, se aplica la fórmula de la prueba estadística no paramétrica de Krukal-Wallis, con sus respectivos valores

$$H = \frac{12}{20(20+1)} \left(\frac{59^2}{5} + \frac{41^2}{5} + \frac{34^2}{5} + \frac{74^2}{5} \right) - 3(20+1)$$

$$H = 4.39$$

5.4.3.2.5. Determinación del Valor Crítico

Al consultar la tabla de distribución Ji-cuadrado para encontrar el valor crítico, utilizando los grados de libertad, que son (4-1) y con un nivel de significancia de 0.05, se puede determinar que el valor corresponde a 7.815.

5.4.3.2.6. Interpretación del Resultado

Se puede determinar que H es menor que el valor crítico, por lo tanto se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alternativa H_1 .

5.4.3.2.7. Conclusión

Como conclusión se puede determinar que se acepta la H_0 , lo que quiere decir:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en la Utilidad en el uso de los 4 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.4.3.3. Prueba de hipótesis Dimensión 3: Realismo de los Artefactos

Para determinar la prueba de hipótesis sobre la dimensión de 'Realismo' de los artefactos, se aplicará la prueba de Kruskal-Wallis. En la Tabla 5.4 se detallan las preguntas de la encuesta que se utilizaron para recolectar la información correspondiente a cada artefacto evaluado. Esta tabla proporciona una visión clara de los datos recopilados, permitiendo llevar a cabo un análisis estadístico preciso a través de la prueba.

Se puede recalcar que solo serán comparados los Artefactos 2, 3 y 4, debido a que en la encuesta determinada para el Artefacto 1 planteada en el punto 5.3.1.3. del presente trabajo de tesis, no se tiene preguntas relacionadas a esta dimensión, por lo que el Artefacto 1 será excluido del análisis en esta dimensión.

5.4.3.3.1. Definición del Problema

En este primer paso, se deben establecer las hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en el Realismo de los 3 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

Hipótesis alternativa H_1 : Existe una diferencia significativa en el Realismo los 3 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.4.3.3.2. Organización de los Datos

Los datos en la dimensión de Realismo son presentados en la Tabla 5.9.

Escala Ordinal	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	0	2	6
Ligeramente en desacuerdo	0	1	1
Neutral	1	2	14
De acuerdo	14	15	62
Totalmente de acuerdo	21	5	57

Tabla 5.9. Datos de la Dimensión Realismo de los Artefactos 2,3 y 4.

5.4.3.3.3. Combinación y determinación del Rango

Luego de combinar y reemplazar todos los datos originales en un solo conjunto de rango se obtiene los valores expuestos en la Tabla 5.10.

Escala Ordinal	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	1.5	6.5	9
Ligeramente en desacuerdo	1.5	4	4
Neutral	4	6.5	10.5
De acuerdo	10.5	12	15
Totalmente de acuerdo	13	8	14

Tabla 5.10. Rangos de la Dimensión Realismo de los Artefactos 2,3 y 4.

5.4.3.3.4. Cálculo de la estadística H

Para calcular H, se aplica la fórmula de la prueba estadística no paramétrica de Krukal-Wallis, con sus respectivos valores

$$H = \frac{12}{15(15 + 1)} \left(\frac{30.5^2}{5} + \frac{37^2}{5} + \frac{52.5^2}{5} \right) - 3(15 + 1)$$

$$H = 2.555$$

5.4.3.3.5. Determinación del Valor Crítico

Al consultar la tabla de distribución Ji-cuadrado para encontrar el valor crítico, utilizando los grados de libertad, que son (3-1) y con un nivel de significancia de 0.05, se puede determinar que el valor corresponde a 5.991.

5.4.3.3.6. Interpretación del Resultado

Se puede determinar que H es menor que el valor crítico, por lo tanto se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alternativa H_1 .

5.4.3.3.7. Conclusión

Como conclusión se puede determinar que se acepta la H_0 , lo que quiere decir:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en el Realismo de los 3 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.4.3.4. Prueba de hipótesis Dimensión 4: Percepción de Comodidad de uso de los Artefactos

Para determinar la prueba de hipótesis sobre la dimensión de 'Percepción de Comodidad de Uso' de los artefactos, se aplicará la prueba de Kruskal-Wallis. En la Tabla 5.4 se detallan las preguntas de la encuesta que se utilizaron para recolectar la información correspondiente a cada artefacto evaluado. Esta tabla proporciona una visión clara de los datos recopilados, permitiendo llevar a cabo un análisis estadístico preciso a través de la prueba.

Se puede recalcar que solo serán comparados los Artefactos 2, 3 y 4, debido a que en la encuesta determinada para el Artefacto 1 planteada en el punto 5.3.1.3. del presente trabajo de tesis, no se tiene preguntas relacionadas a esta dimensión, por lo que el Artefacto 1 será excluido del análisis en esta dimensión.

5.4.3.4.1. Definición del Problema

En este primer paso, se deben establecer las hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en la Percepción de Comodidad de uso de los 3 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

Hipótesis alternativa H_1 : Existe una diferencia significativa en la Percepción de Comodidad de uso los 3 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.4.3.4.2. Organización de los Datos

Los datos en la dimensión de Percepción de Comodidad de uso son presentados en la Tabla 5.11.

Escala Ordinal	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	0	2	10
Ligeramente en desacuerdo	1	2	10
Neutral	5	3	32
De acuerdo	15	12	76
Totalmente de acuerdo	15	6	38

Tabla 5.11. Datos de la Dimensión Percepción de Comodidad de Uso de los Artefactos 2,3 y 4.

5.4.3.4.3. Combinación y determinación del Rango

Luego de combinar y reemplazar todos los datos originales en un solo conjunto de rango se obtiene los valores expuestos en la Tabla 5.12.

Escala Ordinal	Artefacto 2	Artefacto 3	Artefacto 4
Desacuerdo	1	3.5	8.5
Ligeramente en desacuerdo	2	3.5	8.5
Neutral	6	5	13
De acuerdo	11.5	10	15
Totalmente de acuerdo	11.5	7	14

Tabla 5.12. Rangos de la Dimensión Percepción de Comodidad de Uso de los Artefactos 2,3 y 4.

5.4.3.4.4. Cálculo de la estadística H

Para calcular H, se aplica la fórmula de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis, con sus respectivos valores

$$H = \frac{12}{15(15 + 1)} \left(\frac{32^2}{5} + \frac{29^2}{5} + \frac{59^2}{5} \right) - 3(15 + 1)$$

$$H = 5.46$$

5.4.3.4.5. Determinación del Valor Crítico

Al consultar la tabla de distribución Ji-cuadrado para encontrar el valor crítico, utilizando los grados de libertad, que son (3-1) y con un nivel de significancia de 0.05, se puede determinar que el valor corresponde a 5.991.

5.4.3.4.6. Interpretación del Resultado

Se puede determinar que H es menor que el valor crítico, por lo tanto se acepta la hipótesis nula H_0 , y se rechaza la hipótesis alternativa H_1 .

5.4.3.4.7. Conclusión

Como conclusión se puede determinar que se acepta la H_0 , lo que quiere decir:

Hipótesis nula H_0 : Existe una igualdad en la Percepción de Comodidad de uso de los 3 Artefactos Evaluados por parte de los usuarios.

5.5. Resultados Globales

Para obtener los resultados globales se ha realizado una validación de nuestra propuesta de arquitectura con expertos en áreas de investigación que confluyen a la nuestra para ello se selecciona a expertos en el área, para esto se proyecta un número comprendido entre 3 a 5 expertos en las diferentes áreas de investigación determinadas en el presente trabajo de tesis.



Validación MAEVIF-PID

Etapas: Validación de Expertos

Figura 5.8. Resultados Globales: Validación por Expertos

5.5.1. Evaluación de la Arquitectura MAEVIF-PID por expertos

Para determinar la evaluación se la propuesta se selecciona a los siguientes expertos:

- Experto 1: Dr. Byron Vaca, Rector de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH (Figura 5.8), experto en e-learning en 3D y 3D y gestión del conocimiento y autor de trabajos de investigación que analiza y describe los aspectos comunicacionales de la interacción y la interactividad en el contexto del desarrollo de una actividad académica llevada a cabo en entornos virtuales de aprendizaje 2D y 3D
- Experto 2: Dra. Mayra Carrión, directora del Laboratorio de Investigación LUDOLAB, docente titular de la Escuela Politécnica Nacional - EPN, experta en juegos serios y autora de la Metodología iPlus una Metodología Centrada en el usuario para el Diseño de Juegos Serios.
- Experto 3: Dr. Diego Riofrío, docente de la Universidad San Francisco de Quito - USFQ, experto en la arquitectura MAEVIF y autor de la Propuesta de un Modelo de Comportamiento Colectivo de Estudiantes para un Sistema Inteligente de Tutoría dirigido al Entrenamiento Procedimental basado en MAEVIF.

Para esto se aplica la metodología de Rautela [308] para la planificación y desarrollo de un protocolo de validación para la propuesta de arquitectura, de acuerdo con las cinco fases propuestas:

5.5.1.1. Fase 1: Planificación de la evaluación de la arquitectura

Se determina los siguientes objetivos para el proceso de evaluación de la arquitectura MAEVIF-PID:

- Realizar una sesión de inducción en la cual el investigador presenta tanto el contexto de la investigación, el artefacto 4 y la propuesta de arquitectura a los expertos. Esta sección de la sesión tiene como objetivo familiarizar a los expertos con la propuesta de arquitectura MAEVIF-PID.
- Desarrollar una demostración exhaustiva del artefacto 4 y la arquitectura MAEVIF-PID para que los expertos puedan identificar sus fortalezas y debilidades.
- Aplicar una entrevista estructurada para recopilar los criterios y opiniones de los expertos sobre las fortalezas y debilidades de la arquitectura MAEVIF-PID.

Mediante esta planificación cuidadosa, se busca asegurar una comprensión profunda de la arquitectura por parte de los expertos y obtener valiosa retroalimentación para mejorar y validar la propuesta de manera efectiva.

5.5.1.2. Fase 2: Definición de la evaluación y los participantes

En esta fase, se organiza y prepara todo lo necesario para que los expertos participantes puedan validar la arquitectura MAEVIF-PID.

Desarrollo del Protocolo de Evaluación: Se elabora un protocolo detallado que especifica las actividades necesarias para realizar la demostración del artefacto 4, para probar la arquitectura. Este protocolo incluye:

Objetivos: Establecer claramente los propósitos de la evaluación.

Fases: Dividir el proceso de evaluación en tres etapas manejables, que son la inducción, la demostración del artefacto y la aplicación de la entrevista para los expertos.

Tiempo de Ejecución: Estimar el tiempo necesario para cada sub-fase.

Participantes: los expertos descritos en la planificación de la evaluación.

Recursos y Materiales: Enumerar los recursos y materiales necesarios para llevar a cabo la evaluación.

Entrevista: Se obtiene la respectiva evaluación y validación de la arquitectura por parte de los expertos con el fin de determinar sus fortalezas y debilidades.

5.5.1.3. Fase 3: Aplicación de la entrevista

En esta etapa, se procede a obtener las observaciones y perspectivas de cada uno de los expertos sobre la arquitectura MAEVIF-PID. Para ello, se realizan grabaciones de audio durante las entrevistas presenciales y se utiliza una herramienta de videoconferencia para las entrevistas virtuales, cuando las distancias geográficas impiden la interacción presencial.

Mediante esta aplicación cuidadosa de entrevistas, se busca garantizar que cada experto pueda comunicar sus percepciones de manera detallada y precisa, contribuyendo así a una evaluación enriquecedora y constructiva de la arquitectura MAEVIF-PID.

5.5.1.4. Fase 4: Análisis de los resultados

Se han definido dos niveles para la obtención de retroalimentación de los expertos:

- Fortalezas o puntos altos: Identificación de los aspectos positivos de la arquitectura MAEVIF-PID, aquellos que aportan mayor valor y beneficio a la propuesta.
- Debilidades o puntos bajos: Identificación de las áreas que requieren mejora dentro de la arquitectura, proporcionando una visión crítica y constructiva para su optimización.

Mediante este enfoque sistemático y detallado, se busca asegurar que las observaciones de los expertos sean capturadas de manera precisa y completa.

5.5.1.5. Fase 5: Presentación de resultados

En este apartado se exponen los resultados de cada uno de los expertos:

5.5.1.5.1. Experto 1:

Fortalezas:

- "...A través del artefacto le permite al estudiante ir construyendo su conocimiento, lo que le convierte en una herramienta que aplica el constructivismo para el desarrollo del conocimiento del estudiante"
- "...Está bien definida los tipos de soluciones que se generan a través del agente de generación y evaluación de soluciones para determinar una solución óptima a los problemas de tipo ill-defined planteados".
- "...En mi criterio la arquitectura lleva procesos implícitos de tipo interactivo del artefacto con los estudiantes, lo que determina una cualidad adicional de la arquitectura MAEVIF-PID".
- "...Desde mi perspectiva y experiencia está bien planteado tanto el modelo (arquitectura MAEVIF-PID), como el mecanismo de validación de cada uno de los artefactos".

Debilidades:

- "...Se debería considerar el agente de planificación para este tipo de tareas, que a pesar de que no tienen una sola solución y un solo proceso, se puede determinar subplanificaciones".
- "...A pesar de considerar la ruta óptima en este tipo de problemas, se debería considerar otro tipo de variables como la estética del entorno virtual que se basa en un entorno físico".

5.5.1.5.2. Experto 2:

Fortalezas:

- "...La arquitectura y el artefacto funciona para este contexto y para este caso de estudio, de debería considerar en las siguientes evoluciones otros contextos de estudios para ampliar la gama de pruebas".
- "...La aplicación de una Arquitectura para el diseño de un Sistema Multiagente (MASINA) para determinar que agentes están presentes en la arquitectura".
- "...El artefacto cumple el objetivo de entrenar al estudiante para que pueda desarrollar el cableado estructurado de una infraestructura".

Debilidades:

- "...Faltan elementos de gamificación que se deben haber considerado en el diseño, especialmente en lo referente a premios y sonidos".
- "...El tutor virtual debería tener navegabilidad en 3D para que acompañe al jugador y no solo sea un tutor estático".

5.5.1.5.3. Experto 3:

Fortalezas:

- "...La utilización de algoritmos tanto de inteligencia artificial como algoritmo genético a través de un agente de generación y evaluación de algoritmos"
- "... La utilización de un agente de eventos en donde el tutor reacciona dependiendo de los eventos que produce el usuario".
- "...Por su estructura es una fortaleza la determinación que es una arquitectura flexible debido a que considera los eventos para ir determinando las siguientes acciones, en lugar de convertirse en una arquitectura estricta".
- "...determina que la arquitectura es para problemas de tipo ill-defined, luego se podría evolucionar en una arquitectura híbrida, tanto para problemas ill-defined pero también para problemas de tipo well-defined".

Debilidades:

- "...Se debe revisar los agentes de planificación, debido a que se puede dividir en dos subagentes: un planificador estricto y un planificador generativo, así el tutor deberá decidir cuál de los dos utilizar".

- “...En una futura evolución de la arquitectura de debe considerar los tipos de estudiantes, para de esa manera personalizar de mejor manera la tutoría”.
- “...En la demostración del artefacto la práctica destinada está muy largo el desarrollo de las tareas propuestas, sería bueno reducirlas en extensión.”

5.5.1.6. Conclusión de los resultados de evaluación de la Arquitectura MAEVIF-PID

Tras analizar detenidamente las opiniones y observaciones proporcionadas por los tres expertos durante la evaluación de la arquitectura MAEVIF-PID, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

5.5.1.6.1. Fortalezas Consolidadas:

- La arquitectura MAEVIF-PID ha sido elogiada por su enfoque constructivista y su capacidad para fomentar la construcción activa del conocimiento entre los estudiantes.
- La claridad en la definición de soluciones a través de agentes especializados ha sido destacada como un punto fuerte.
- La interactividad entre el artefacto y los estudiantes ha sido reconocida como un elemento distintivo que agrega valor a la propuesta.
- La adaptabilidad y flexibilidad de la arquitectura para responder a eventos y acciones de manera dinámica se ha identificado como una fortaleza clave.
- La utilización de algoritmos avanzados y la posibilidad de evolucionar hacia una arquitectura híbrida han sido puntos elogiados por los expertos.

5.5.1.6.2. Áreas de Mejora Identificadas:

- La sugerencia de incorporar un agente de planificación y considerar subplanificaciones en tareas complejas ha sido planteada como una mejora potencial.
- La necesidad de abordar elementos de gamificación, como premios y sonidos, para enriquecer la experiencia del usuario ha sido señalada como un punto de atención.
- La recomendación de dotar al tutor virtual de capacidades de navegabilidad en entornos 3D para una interacción más inmersiva ha sido resaltada como una mejora deseable.

- La necesidad de revisar y diversificar los agentes de planificación para una mejor toma de decisiones y personalización de la tutoría ha sido mencionada como un área a explorar con mayor detalle.
- La reducción de la extensión de tareas en la demostración del artefacto para una experiencia más eficiente y efectiva ha sido propuesta como una mejora inmediata.

Para finalizar, las opiniones de los expertos revelan tanto aspectos sólidos de la arquitectura MAEVIF-PID que deben mantenerse y potenciarse, como áreas específicas que requieren atención y mejoras para garantizar su efectividad y relevancia en diferentes contextos de aplicación. La combinación de estas fortalezas consolidadas y áreas de mejora identificadas proporciona una guía valiosa para la evolución y optimización continua de la arquitectura, en línea con las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

5.6. Resumen del Capítulo

En este capítulo se procede a evaluar y validar cada uno de los artefactos siguiendo los lineamientos de la Metodología de Investigación Design Science Research y finalmente la evaluación y validación de la propuesta de arquitectura MAEVIF-PID por expertos en temáticas como: Modelos de Tutoría Inteligentes, Juegos Serios y plataformas de aprendizaje.

En evaluación y validación del primer artefacto, los resultados muestran una alta aceptación del artefacto en cuanto a utilidad y facilidad de uso, aunque un porcentaje significativo de estudiantes lo encuentra difícil de usar, destacando un área de mejora. La metodología TAM ha sido crucial para identificar estos aspectos y proporcionar una visión clara de la percepción de los estudiantes sobre el artefacto, señalando áreas específicas para futuras mejoras. La retroalimentación detallada guiará las iteraciones del diseño, enfocándose en optimizar la usabilidad y la efectividad del artefacto educativo.

Los resultados de la evaluación del segundo artefacto revelan que la mayoría de los estudiantes lo consideran aceptable en utilidad, facilidad de uso, realismo y seguridad, cumpliendo sus expectativas clave. La alta valoración en facilidad de uso y utilidad refleja la percepción positiva sobre su valor educativo. La consistente calificación en realismo y seguridad indica su autenticidad. La confianza en su fiabilidad y capacidad para simplificar el aprendizaje resalta su eficacia en mejorar la experiencia educativa.

En los resultados del tercer artefacto los usuarios en su mayoría expresan una aceptación positiva del Software de Algoritmos AI en cuanto a utilidad, entretenimiento y apoyo al aprendizaje. La interfaz amigable y la funcionalidad en la representación 2D son

reconocidos como puntos destacados del software. La alta valoración de elementos específicos, como la utilidad en la temática de Cableado Estructurado, refuerza la idea de que el software satisface las expectativas de los usuarios en esas áreas específicas.

Para la evaluación y validación del cuarto artefacto los participantes muestran una tendencia positiva hacia el uso del juego serio como herramienta educativa, sintiéndose cómodos con su utilización y reconociendo su utilidad para la aplicación de conceptos teóricos. Se destaca la efectividad del juego serio en el aprendizaje del Cableado Estructurado, sugiriendo su potencial para el desarrollo de habilidades específicas en este campo. La plataforma EVA3D recibe una valoración positiva por su agradable entorno de aprendizaje, lo que contribuye al compromiso y motivación de los participantes. La interacción y la personalización emergen como aspectos clave en la experiencia de aprendizaje, subrayando la importancia de mensajes personalizados y la interactividad para mejorar la participación y el aprendizaje efectivo.

A través de la evaluación y validación de cada uno de los cuatro artefactos, se emprende una prueba estadística no paramétrica para identificar cualquier posible correlación en los datos recolectados a través de encuestas. La naturaleza de estos datos—no normalmente distribuidos y de tipo ordinal—conduce a la elección de la prueba de Kruskal-Wallis como la más adecuada para este análisis. El examen detallado de las encuestas revela cuatro dimensiones clave para el análisis de correlación: (1) Facilidad de Uso, (2) Utilidad de los Artefactos, (3) Realismo del Diseño y Dinámica en Relación con la Infraestructura del Mundo Real, y (4) Percepción de Comodidad del Usuario al Utilizar el Artefacto. En este contexto, se derivan dos conclusiones fundamentales: (i) Existe una diferencia significativa entre los artefactos en las dimensiones de Utilidad, Realismo y Percepción de Comodidad del Uso, y (ii) No se observa una diferencia significativa entre los artefactos en la dimensión de Facilidad de Uso.

Finalmente en la evaluación y validación de la propuesta de arquitectura por parte de los expertos, se puede determinar que la arquitectura MAEVIF-PID por su enfoque constructivista que promueve la construcción activa del conocimiento entre los estudiantes. Se destaca la claridad en la definición de soluciones a través de agentes especializados, así como la interactividad que añade valor a la propuesta. La adaptabilidad y flexibilidad de la arquitectura para responder dinámicamente a eventos y acciones se identifican como fortalezas clave. Por último, la utilización de algoritmos avanzados y la posibilidad de evolucionar hacia una arquitectura híbrida han sido elogiadas por los expertos como puntos destacados.

Capítulo 6: Contribuciones, Conclusiones y Trabajos Futuros

6.1. Introducción

En este capítulo, se culmina la presente investigación presentando las contribuciones en consonancia con los objetivos establecidos, seguidas de conclusiones relevantes y una visión prospectiva para investigaciones futuras.

6.2. Contribuciones

El presente trabajo doctoral se enmarca en el esfuerzo por innovar dentro del campo de los Sistemas de Información, particularmente en la resolución de problemas "ill-defined" dentro de Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D. Estos problemas, caracterizados por su complejidad y la ambigüedad en la definición de soluciones, requieren enfoques metodológicos y tecnológicos avanzados para ser abordados de manera efectiva. En respuesta a estos desafíos, esta investigación ha realizado una serie de contribuciones científicas que no solo avanzan el conocimiento teórico, sino que también ofrecen soluciones prácticas y validadas para la implementación en entornos educativos.

A través de un enfoque multidimensional, que incluye el desarrollo de arquitecturas adaptadas, la creación de contenidos pedagógicos innovadores, la implementación de Sistemas Multiagente y la validación empírica rigurosa, esta tesis ofrece una hoja de ruta clara y efectiva para mejorar la resolución de problemas "ill-defined" en Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D. Las contribuciones presentadas en esta sección reflejan el impacto significativo de este trabajo en el avance de las Ciencias Computacionales, subrayando tanto la originalidad de los enfoques adoptados como su aplicabilidad en escenarios reales.

A continuación, se detallan las principales contribuciones de esta tesis, cada una de las cuales ha sido fundamental para alcanzar los objetivos de la investigación y avanzar en la comprensión y solución de problemas "ill-defined" en entornos educativos virtuales.:

- i. **Desarrollo de una Arquitectura Adaptada para Problemas "Ill-Defined"**
MAEVIF-PID: Esta tesis doctoral presenta un avance significativo en el desarrollo de un Sistema Inteligente de Tutoría enfocado en resolver problemas de tipo "ill-defined". Se ha diseñado y construido una arquitectura adaptada específicamente para este propósito denominada MAEVIF-PID, superando los desafíos tradicionales en la resolución de problemas complejos y ambiguos dentro de entornos virtuales de aprendizaje en 3D. La investigación ha resultado

en la creación de cuatro artefactos clave, siguiendo la metodología Design Science Research, que contribuyen a la expansión del conocimiento en esta área.

- ii. **Desarrollo de Contenido Pedagógico mediante Metodología iPlus:** El contenido pedagógico dentro del entorno de aprendizaje virtual en 3D ha sido diseñado utilizando la metodología iPlus, que se caracteriza por su enfoque participativo y centrado en el usuario. Esta aproximación ha transformado la plataforma en un juego serio, lo que promueve una mayor interacción y un aprendizaje significativo entre los usuarios. La integración de técnicas lúdicas ha demostrado ser una estrategia eficaz para involucrar a los estudiantes en procesos educativos complejos.
- iii. **Implementación de un Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente:** Se ha implementado un Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente utilizando la arquitectura MAEVIF como base. Aunque MAEVIF ha demostrado su eficacia en la resolución de problemas bien definidos, esta investigación amplía su aplicación a contextos más desafiantes y ambiguos, demostrando su potencial en la gestión de problemas "ill-defined", evolucionando a la arquitectura MAEVF-PID. Esta implementación se distingue por su capacidad de ofrecer soluciones adaptativas y personalizadas en un entorno virtual dinámico.
- iv. **Aplicación de la Metodología MASINA para Sistemas Multiagentes:** El desarrollo del tutor inteligente ha sido guiado por la metodología MASINA, la cual facilita la gestión de redes de agentes con bajo acoplamiento. Esta metodología permite una interacción dinámica en tiempo real, asegurando que el sistema pueda adaptarse de manera eficiente a las necesidades cambiantes de los usuarios y a las particularidades de los problemas presentados en tiempo de ejecución.
- v. **Validación Empírica con Usuarios Finales y Expertos:** Los artefactos y el modelo propuesto han sido rigurosamente validados a lo largo de cuatro años (2020, 2021, 2023 y 2024) mediante la participación de usuarios finales y expertos en áreas relacionadas. La validación ha demostrado la efectividad del modelo en la resolución de problemas "ill-defined", especialmente en el contexto de diseño de cableado estructurado en infraestructuras virtualizadas. Los resultados indican una utilidad y facilidad de uso significativa, con niveles de aceptación destacables, particularmente en el cuarto artefacto.
- vi. **Evaluación de la Madurez del Modelo Propuesto:** La contribución de esta investigación se alinea con el marco conceptual de Hevner [248],

posicionándose en un cuadrante que refleja tanto la madurez del contexto y entorno del problema como la madurez de la solución propuesta. Esta evaluación conceptual no solo subraya la relevancia y aplicabilidad del modelo desarrollado, sino que también proporciona una visión clara de su potencial para ser adaptado y mejorado en futuros trabajos de investigación (Figura 6.1).

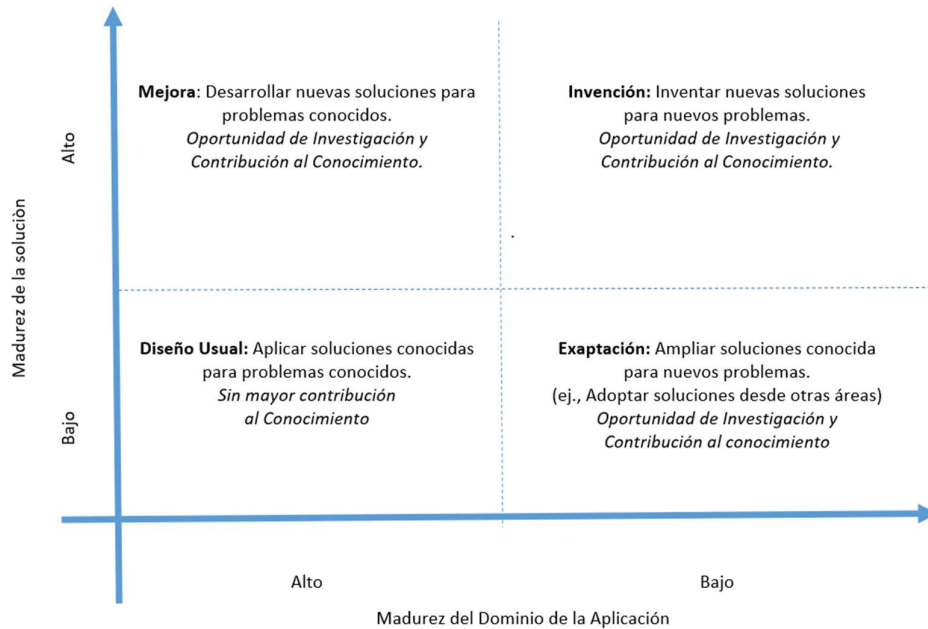


Figura 6.1. Identificación del Cuadrante de Contribución de la Investigación [248]

6.3. Conclusiones

La investigación presentada en este trabajo escrito de tesis constituye un avance en el desarrollo de un sistema inteligente de tutoría debido a que se encuentra direccionado al tratamiento de problemas de tipo ill-defined mediante la guía de tareas tomando como base la temática de cableado estructurado, debido a su gran facilidad de plantear problemas de este tipo específico.

- La evolución de la arquitectura MAEVIF para el tratamiento de problemas de tipo ill-defined denominada MAEVIF-PID, mediante la construcción de un tutor inteligente que guíe en el desarrollo de tareas a los estudiantes para obtener una solución a este tipo de problemas representa la principal contribución de esta investigación.

- Se han llevado a cabo exhaustivas Revisiones Sistemáticas de la Literatura (RSL) para abordar aspectos relacionados con los Entornos Virtuales de Aprendizaje en 2D y 3D, así como para explorar la problemática particular asociada a estas plataformas, los desafíos derivados de problemas de tipo ill-defined y posibles estrategias de tratamiento para estos escenarios. Estas revisiones han sido fundamentales para desarrollar una comprensión clara de las áreas de investigación que presentan vacíos, permitiendo identificar de manera precisa las áreas donde es necesario iniciar la búsqueda de soluciones para abordar este tipo de problemas de manera efectiva.
- La adaptación y aplicación de la metodología iPlus que ha permitido el desarrollo participativo y centrado en el usuario de los contenidos de aprendizaje para representar el dominio de problemas de tipo ill-defined a través de los diferentes artefactos desarrollados como juegos serios que ha demostrado una comprensión clara y efectiva en la aproximación a la solución de este tipo de problemas.
- La identificación y aplicación de la metodología MASINA para el diseño y desarrollo de un Sistema Multiagente de Tutoría Inteligente representa un avance significativo en la generación de aproximaciones prácticas a soluciones de problemas "ill-defined" dentro de Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D. A través de esta metodología, se ha logrado no solo conceptualizar, sino también implementar un sistema robusto y adaptativo capaz de guiar a los usuarios en la exploración y resolución de problemas complejos y poco definidos.
- Se logró diseñar y desarrollar una aproximación innovadora para la resolución de problemas "ill-defined" mediante construcción de artefactos con la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial para la generación de soluciones en problemas mal definidos, se destaca como un hito crucial en la construcción de un Sistema Inteligente de Tutoría. Sobresale la capacidad de la inteligencia artificial para ofrecer respuestas adaptativas y relevantes, lo que contribuye significativamente a la resolución efectiva de problemas de tipo ill-defined en Entornos Virtuales de Aprendizaje en 3D.
- La selección de la temática de Cableado Estructurado permitió abordar de manera efectiva la representación de problemas de tipo ill-defined, un desafío crucial en el diseño de Sistemas Inteligentes de Tutoría. Al enfocar este estudio en un dominio técnico específico, se logró no solo facilitar la comprensión y modelado de estos problemas complejos, sino también desarrollar soluciones

aproximadas que son implementables de manera eficiente y adaptativa dentro del sistema.

- En esta investigación, se logró validar de manera rigurosa el marco metodológico aplicado al diseño y desarrollo de un sistema de tutoría inteligente, específicamente orientado a la resolución de problemas "ill-defined" en entornos virtuales de aprendizaje en tres dimensiones. La validación de este marco no solo confirmó su eficacia y robustez, sino que también destacó su capacidad para integrarse de manera efectiva en contextos educativos complejos y dinámicos.

6.4. Trabajos Futuros

- Uno de los propósitos más trascendentales de una tesis doctoral radica en la generación de proyectos que motiven a la comunidad científica a continuar con investigaciones que contribuyan al constante crecimiento del conocimiento humano. Basándose en esta premisa, se enumeran a continuación una serie de posibles áreas de trabajo futuro:
- Surge la oportunidad de abordar problemas híbridos que contienen elementos tanto bien definidos como ill-defined, lo que implica la necesidad de determinar métodos para gestionar la obtención de soluciones aproximadas en dichos escenarios.
- Se propone aplicar y validar la arquitectura en la resolución de problemas de tipo ill-defined mediante el desarrollo de Sistemas Multiagentes de tutoría inteligente en ámbitos distintos a las ciencias computacionales.
- Un camino para explorar sería la evolución de la arquitectura MAEVIF-PID para su generalización y aplicación en la resolución de problemas tanto well-defined como ill-defined, con el objetivo de ampliar su utilidad y alcance.
- La creación de un modelo de clúster automatizado que asigne a los nuevos estudiantes de manera personalizada, basándose en sus características, conocimientos y habilidades, permitiría ofrecer tutorías más adaptadas y efectivas.
- Ante los desafíos de rendimiento identificados, se plantea la necesidad de mejorar el sistema para solucionar la ralentización al guardar el progreso del avatar en el juego serio en 3D, con el foco puesto en optimizar la experiencia en el Entorno Virtual Tridimensional.

- Se sugiere el diseño y desarrollo de diversos niveles de interacción y tutoría, que abarquen desde un enfoque estricto hasta uno más flexible, con el fin de evaluar su efectividad en diferentes contextos de aplicación del sistema de tutoría inteligente.
- Una oportunidad de mejora futura consiste en identificar y evaluar el grado de influencia de los aspectos motivacionales en el uso de la arquitectura MAEVIF-PID. Este análisis deberá complementarse con criterios multidisciplinarios para determinar la efectividad de la arquitectura en otros contextos educativos más allá de la temática de Cableado Estructurado. Tal enfoque permitirá evaluar la capacidad de generalización de MAEVIF-PID y su aplicabilidad en una amplia gama de espacios de formación, fortaleciendo así su versatilidad y adaptabilidad a diferentes dominios de conocimiento.
- Una posibilidad adicional de exploración reside en el aprovechamiento de grandes modelos de lenguaje para la creación de un tutor basado en datos generados a partir de la interacción de los estudiantes con el Entorno de Aprendizaje Virtual tridimensional, lo que podría redundar en una personalización y adaptación más efectiva de las tutorías ofrecidas.

6.5. Publicaciones Generadas

En la Tabla 6.1 se presenta el detalle de las publicaciones, específicamente conferencias indexadas que se han generado del presente trabajo de investigación:

No.	Título	Conference Proceedings	Fecha de Publicación
1	Improving the Use of Virtual Worlds in Education Through Learning Analytics: A State of Art DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02686-8_83	Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2018 Part of the Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC,volume 880)	Octubre 2018
2	A Systematic Literature Review of Indicators for the Understanding of Interactions in Virtual Learning Environments DOI: 10.1109/CSCI46756.2018.00120	2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)	Diciembre 2018
3	Virtual Learning Environments: A Case of Study DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03884-6_8	International Conference on Applied Technologies ICAT 2021: Applied Technologies Part of the Communications in Computer and Information Science book series (CCIS,volume 1535)	Abril 2022

Tabla 6.1. Artículos de Conferencias Indexadas

En la Tabla 6.2 se muestra el detalle de los artículos indexados publicados a partir de esta investigación:

No.	Título	Journal	Fecha de Publicación
1	A Systematic Review of Ill-Defined Problems in the Intelligent Tutoring Systems in Virtual Learning Environments https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/2769	International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering ISSN: 21476799 SJR Q3	Abril 2023
2	Structured Cabling Development in 3D Virtual Learning Environment in OpenSim https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/2771	International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering ISSN: 21476799 SJR Q3	Abril 2023

Tabla 6.2. Artículos en Revistas Indexadas

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. I. Adindu, "Application of Information Communication Technologies (ICT) for effective user education programme in federal university libraries in south east, Nigeria," *Int. J. Libr. Inf. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 16–30, 2020.
- [2] A. Balderas, J. M. Dodero, A. Berns, R. Gómez-Sánchez, M. Palomo-Duarte, and I. Ruiz-Rube, "A domain specific language to retrieve objective indicators for foreign language learning in virtual worlds," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 675–680, Oct. 2015.
- [3] A. Lindén, J. Lexell, and M. Larsson Lund, "Improvements of task performance in daily life after acquired brain injury using commonly available everyday technology," *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 214–224, May 2011.
- [4] B. Vilhelmson, E. Thulin, and E. Eldér, "Where does time spent on the Internet come from? Tracing the influence of information and communications technology use on daily activities," *Information, Commun. Soc.*, vol. 20, no. 2, pp. 250–263, Feb. 2017.
- [5] W. J. Orlikowski and S. R. Barley, "Technology and institutions: What can research on information technology and research on organizations learn from each other?," *MIS Q. Manag. Inf. Syst.*, vol. 25, no. 2, pp. 145–165, 2001.
- [6] M. Tyworth, "Organizational identity and information systems: how organizational ICT reflect who an organization is," *Eur. J. Inf. Syst.*, vol. 23, no. 1, pp. 69–83, 2014.
- [7] P. Pentelényi, L. V.-L. Ltd., and Budapest, "Virtual Learning Environments," *velvitt.tmpk.uni-obuda.hu* P Pentelényi, L VargaLigatura Ltd., Budapest, 2006•*velvitt.tmpk.uni-obuda.hu*, 2006.
- [8] P. Alves, L. Miranda, and C. Morais, "The influence of virtual learning environments in students' performance," *Univers. J. Educ. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 517–527, Mar. 2017.
- [9] D. G. Perrin, S. Downes, B. Muirhead, and E. E. Perrin, "Creating presence and community in a synchronous virtual learning environment using avatars," *itdl.org* LA Annetta, S HolmesInternational J. Instr. Technol. distance Learn. 2006•*itdl.org*, 2006.
- [10] H. Lin and H. Wang, "Avatar creation in virtual worlds: Behaviors and motivations," *Comput. Human Behav.*, vol. 34, pp. 213–218, May 2014.
- [11] K. S. Kitchner, "Cognition, Metacognition, and Epistemic CognitionA Three-Level

- Model of Cognitive Processing," *Hum. Dev.*, vol. 26, no. 4, pp. 222–232, Apr. 1983.
- [12] G. Schraw, M. E. Dunkle, and L. D. Bendixen, "Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving," *Appl. Cogn. Psychol.*, vol. 9, no. 6, pp. 523–538, Dec. 1995.
- [13] W. R. Reitman, "Cognition and thought. An information processing approach. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1965, 312 p.," *Psychol. Sch.*, vol. 3, no. 2, 1966.
- [14] R. W. Shephard, M. W. S. II, and G. L. Bryan, "Human Judgements and Optimality," *OR*, vol. 16, no. 2, 1965.
- [15] H. A. Simon, "The structure of ill structured problems," *Artif. Intell.*, vol. 4, no. 3–4, 1973.
- [16] R. Imbert, L. Sánchez, A. De Antonio, G. Méndez, and J. Ramírez, "A multiagent extension for virtual reality based intelligent tutoring systems," *Proc. - 7th IEEE Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICAIT 2007*, pp. 82–84, 2007.
- [17] G. Méndez Pozo, "Una arquitectura software basada en agentes y recomendaciones metodológicas para el desarrollo de entornos virtuales de entrenamiento con tutoría inteligente," Sep. 2008.
- [18] A. De Antonio, J. Ramírez, R. Imbert, and G. Méndez, "Intelligent Virtual Environments for Training: An agent-based approach," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 3690 LNAI, pp. 82–91, 2005.
- [19] M. del C. Carrión Toro, "iPlus una metodología centrada en el usuario para el diseño de juegos serios.," 2022.
- [20] P. Dillenbourg and D. Schneider, "Virtual learning environments," *3rd, P Synt. - Proc. 2002*, 2002.
- [21] M. C. Borba, A. Santana De Souza Chiari, H. Rangel, F. Leite De Almeida, A. Santana, and S. Chiari, "Interactions in virtual learning environments: new roles for digital technology," *SpringerMC Borba, ASS Chiari, HRFL Almeida Educational Stud. Math. 2018•Springer*, vol. 98, no. 3, pp. 269–286, Jul. 2018.
- [22] I. Reisoğlu, B. Topu, R. Yılmaz, T. Karakuş Yılmaz, and Y. Gökteş, "3D virtual learning environments in education: a meta-review," *Asia Pacific Educ. Rev.*, vol. 18, no. 1, pp. 81–100, Mar. 2017.

- [23] D. Bell, "Learning from Second Life," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 40, no. 3, pp. 515–525, May 2009.
- [24] J. R. Anderson, C. Franklin Boyle, and B. J. Reiser, "Intelligent Tutoring Systems," *Science (80-.)*, vol. 228, no. 4698, pp. 456–462, Apr. 1985.
- [25] R. Chauca, "La covid-19 en Ecuador: fragilidad política y precariedad de la salud pública," *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, vol. 28, no. 2, pp. 587–591, Apr. 2021.
- [26] S. Möller, "Intervenciones sociosanitarias y uso de las tecnologías de la industria 4.0 para enfrentar la enfermedad por coronavirus (COVID-19) en América Latina y el Caribe." CEPAL, 04-Aug-2020.
- [27] E. Abad-Segura, M. D. González-Zamar, J. C. Infante-Moro, and G. R. García, "Sustainable management of digital transformation in higher education: Global research trends," *Sustain.*, vol. 12, no. 5, Mar. 2020.
- [28] D. D.-I. Education, "The advantages and disadvantages of virtual learning," *J. Res. Method*, 2020.
- [29] A. Abecker, O. K. uhn DFKI Kaiserslautern, G. OttoKuehn, dfkide Andreas Abecker DFKI Kaiserslautern, and G. AndreasAbecker, "Corporate memories for knowledge management in industrial practice: Prospects and challenges," *SpringerO Kühn, A AbeckerInformation Technol. Knowl. Manag. 1998•Springer*, vol. 3, no. 8, pp. 929–954, 1997.
- [30] A. C. Garavelli, M. Gorgoglione, and B. Scozzi, "Managing knowledge transfer by knowledge technologies," *Technovation*, vol. 22, no. 5, pp. 269–279, May 2002.
- [31] C. Bouras, E. Guannaka, and T. Tsiatsos, "Exploiting Virtual Environments to Support Collaborative E-Learning Communities," <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/jwltt.2008040101>, vol. 3, no. 2, pp. 1–22, Jan. 1AD.
- [32] A. Konstantinidis, T. Tsiatsos, and A. Pomportsis, "Collaborative virtual learning environments: Design and evaluation," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 44, no. 2, pp. 279–304, Sep. 2009.
- [33] D. Mueller, "Design characteristics of virtual learning environments: state of research," *Educ. S Strohmeier - Comput. Elsevier*, 2011.
- [34] S. Kurbakova, Z. Volkova, and A. Kurbakov, "Virtual learning and educational

- environment: New opportunities and challenges under the COVID-19 pandemic," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 167–171, Jul. 2020.
- [35] T. Daradoumis and F. Xhafa, "Problems and Opportunities of Learning Together in a Virtual Learning Environment," <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-59140-408-8.ch011>, pp. 218–233, Jan. 1AD.
- [36] J. Cruz-Benito *et al.*, "Monitoring and feedback of learning processes in virtual worlds through analytics architectures: A real case," *Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. Cist.*, 2014.
- [37] M. Virvou, G. Katsionis, and K. Manos, "Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 8. International Forum of Educational Technology & Society, pp. 54–65, 2005.
- [38] P. T. Bremer, G. Weber, J. Tierny, V. Pascucci, M. Day, and J. Bell, "Interactive exploration and analysis of large-scale simulations using topology-based data segmentation," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 17, no. 9, pp. 1307–1324, 2011.
- [39] R. Wojciechowski and W. Cellary, "Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments," *Comput. Educ.*, vol. 68, pp. 570–585, Oct. 2013.
- [40] D. Williams, "The mapping principle, and a research framework for virtual worlds," *Commun. Theory*, vol. 20, no. 4, pp. 451–470, 2010.
- [41] F. S. de Oliveira and S. Santos, "PBLMaestro: A virtual learning environment for the implementation of problem-based learning approach in Computer education," in *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2016, pp. 1–9.
- [42] A. Bandura, "Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning," *Educ. Psychol.*, vol. 28, no. 2, pp. 117–148, Mar. 1993.
- [43] C. E. Hmelo-Silver, "Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?," *Educ. Psychology Rev.*, vol. 15, no. 3, pp. 22–30, 2004.
- [44] S. Gonçalves, D. Carneiro, J. Alfonso, D. I. Mecánica, and P. Novais, "Analysis of Student 's Context in e-Learning," pp. 179–182, 2014.
- [45] S. Panchoo, "Learning Space: Assessment of Prescribed Activities of Online

- Learners,” in *2017 International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon)*, 2017, pp. 1–4.
- [46] D. Boojihawon and G. Gatscha, “Using ODL and ICT to develop the skills of the unreached: a contribution to the ADEA triennial of the Working Group on Distance Education and Open Learning,” no. February, pp. 12–17, 2012.
- [47] P. Abrami *et al.*, “A Review of e-Learning in Canada: A Rough Sketch of the Evidence, Gaps and...,” *Can. J. Learn. Technol. / La Rev. Can. L...*, vol. 32, no. 3, Oct. 2006.
- [48] P. Fournier-Viger, R. Nkambou, and E. M. Nguifo, “Building intelligent tutoring systems for ill-defined domains,” *Stud. Comput. Intell.*, vol. 308, pp. 81–101, 2010.
- [49] P. Fournier-Viger, R. Nkambou, E. M. Nguifo, A. Mayers, and U. Faghihi, “A multiparadigm intelligent tutoring system for robotic arm training,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 364–377, Oct. 2013.
- [50] L. Catalán, “Laboratorios Virtuales: la Experiencia de la Universidad Politécnica de Madrid,” *Campus Virtuales*, vol. 3, no. 2, pp. 78–86, Aug. 2015.
- [51] D. Riofrío-Luzcando and J. Ramírez, “Student action prediction for automatic tutoring for procedural training in 3D virtual environments,” *Lect. Notes Inst. Comput. Sci. Soc. Telecommun. Eng. LNICST*, vol. 160, pp. 200–207, 2016.
- [52] A. De Antonio, J. Ramírez, and G. Méndez, “Una arquitectura software para entornos virtuales inteligentes aplicados a la educación,” *Rev. Fac. Ing.-Univ Cíteseer*, 2005.
- [53] R. Imbert, L. Sánchez, A. De Antonio, G. Méndez, and J. Ramírez, “A multiagent extension for virtual reality based intelligent tutoring systems,” in *Proceedings - The 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2007*, 2007, pp. 82–84.
- [54] M. Carrión¹², M. Santorum¹², J. Aguilar, and M. Pérez, “iPlus methodology for requirements elicitation for serious games,” 2019.
- [55] X. Wei and H. Jia, “A Review of the Application of Artificial Intelligence in the Virtual Learning Environment,” *Proc. - 2021 10th Int. Conf. Educ. Innov. through Technol. EITT 2021*, pp. 79–82, 2021.
- [56] R. Garay-Argandona, M. C. Rodríguez-Vargas, R. M. Hernández, R. Carranza-Esteban, and J. E. Turpo, “Research Competences in University Students in Virtual Learning Environments,” *Cypriot J. Educ. Sci.*, vol. 16, no. 4, pp. 1721–1736, 2021.

- [57] C. T. Martín, C. Acal, M. El Honrani, and Á. C. M. Estrada, "Impact on the Virtual Learning Environment Due to COVID-19," *Sustain.* 2021, Vol. 13, Page 582, vol. 13, no. 2, p. 582, Jan. 2021.
- [58] H. Fry, S. Ketteridge, and S. Marshall, "A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice," 2008.
- [59] S. Strohmeier, "Informationssysteme im Personalmanagement," 2008.
- [60] M. Weller, "Virtual learning environments: Using, choosing and developing your VLE," 2007.
- [61] R. E. Morales Salas, J. C. Infante Moro, and J. Gallardo Pérez, "Evaluation of virtual learning environments: A management to improve," *IJERI Int. J. Educ. Res. Innov.* ISSN-e 2386-4303, n. 13, 2020, págs. 126-142, no. 13, pp. 126–142, 2020.
- [62] R. Williams, "An Academic Review of Virtual Learning Environments," *ICRRD Qual. Index Res. J.* , vol. 3, no. 2, pp. 143–145, Jun. 2022.
- [63] S. Hantooobi, A. Wahdan, S. A. Salloum, and K. Shaalan, "Integration of knowledge management in a virtual learning environment: A systematic review," *Stud. Syst. Decis. Control*, vol. 335, pp. 247–272, 2021.
- [64] R. Ubell, "Engineers turn to e-learning," *ieeexplore.ieee.orgR UbellIEEE spectrum*, 2000.
- [65] K. H. Tan, P. P. Chan, and N. E. Mohd Said, "Higher Education Students' Online Instruction Perceptions: A Quality Virtual Learning Environment," *Sustain.* 2021, Vol. 13, Page 10840, vol. 13, no. 19, p. 10840, Sep. 2021.
- [66] I. Naimi-Akbar, M. Weurlander, and L. Barman, "Teaching-learning in virtual learning environments: a matter of forced compromises away from student-centredness?," *Teach. High. Educ.*, Apr. 2023.
- [67] K. Wainwright, M. Osterman, C. Finnerman, and B. Hill, "Traversing the LMS terrain," *Proc. ACM SIGUCCS User Serv. Conf.*, pp. 355–359, 2007.
- [68] P. Kuitunen, A. Honkaranta, and S. Kalevi, "Ontologies and metadata for E-Learning environments in Ecological and Environmental science," *Kuitunen, Pirjo, Anne Honkaranta, Kalevi Salonen*, vol. 5, no. 1, 2008.
- [69] G. Totkov, "Virtual learning environments: towards new generation.," *CompSysTech*, 2003, 2003.

- [70] J. Laister and S. K. Learning, "Social aspects of collaborative learning in virtual learning environments," *Proc. Networked Learn. Conf. Sheff.*, 2002.
- [71] M. Koskela, P. Kiltti, I. Vilpola, and J. T. E-Learning, "Suitability of a Virtual Learning Environment for Higher Education.," - *Electron. J. e-Learning*, 2005.
- [72] R. O'Leary and A. R. Generic, "Virtual learning environments," *Learn. Teach. Support Netw.*, 2002.
- [73] M. Carrión-Toro, J. Aguilar, M. Santórum, M. Pérez, and U. 2022, "iKeyCriteria: A Qualitative and Quantitative Analysis Method to Infer Key Criteria since a Systematic Literature Review for the Computing Domain," *Data*, 2022 - *mdpi.com*, 2022.
- [74] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review," *ElsevierB Kitchenham, OP Brereton, D Budgen, M Turner, J Bailey, S LinkmanInformation Softw. Technol. 2009•Elsevier*, vol. 51, pp. 7–15, 2008.
- [75] D. Mueller and S. Strohmeier, "Design characteristics of virtual learning environments: state of research," *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 4, pp. 2505–2516, Dec. 2011.
- [76] K. Georgouli, "Virtual learning environments - An overview," *Proc. - 2011 Panhellenic Conf. Informatics, PCI 2011*, pp. 63–67, 2011.
- [77] J. Lee, N. L. Hong, and N. L. Ling, "An analysis of students' preparation for the virtual learning environment," *Internet High. Educ.*, vol. 4, no. 3–4, pp. 231–242, Jan. 2001.
- [78] G. Totkov, "Virtual learning environments: towards new generation.," *CompSysTech*, 2003.
- [79] D. Bri, M. García, H. Coll, J. Lloret, and - Wseas transactions on Advances, "A study of virtual learning environments," *Wseas Trans. Adv. Eng. Educ.*, vol. 6, no. 1, 2009.
- [80] Z. Hamid, C. F. Peng, M. Shaharom, T. Ter, and K. Raman, "The concept and use of the virtual learning environment in teaching: a literature review," *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 8, no. 6, 2018.
- [81] T. A. Mikropoulos, "Presence: A unique characteristic in educational virtual environments," *Virtual Real.*, vol. 10, no. 3–4, pp. 197–206, Dec. 2006.
- [82] S. Chou and L. Chien-Hung, "Learning effectiveness in a Web-based virtual learning environment: a learner control perspective," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 21, no. 1,

pp. 65–76, Feb. 2005.

- [83] C. Keller, “Virtual learning environments: Three implementation perspectives,” *Learn. Media Technol.*, vol. 30, no. 3, pp. 299–311, Oct. 2005.
- [84] A. S. Robles and M. Á. G. Vigil, “Entornos Virtuales de Aprendizaje: nuevos retos educativos,” *Etic@net. Rev. científica electrónica Educ. y Comun. en la Soc. del Conoc.*, vol. 13, no. 2, pp. 260–272, Jan. 2013.
- [85] J. M. Boneu, “Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos,” *Rev. Univ. Soc. del Conoc.*, vol. 4, p. 36, 2007.
- [86] R. O’Leary and A. R. Generic, “Virtual learning environments,” *Learn. Teach. Support Netw.*, 2002.
- [87] S. D. Johnson, S. D. Johnson, S. R. Aragon, and N. Shaik, “Comparative Analysis of Learner Satisfaction and Learning Outcomes in Online ...,” *J. Interact. Learn. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 29–49, 2000.
- [88] W. Johnson, J. Rickel, and J. L. Artificial, “Animated pedagogical agents: Face-to-face interaction in interactive learning environments,” *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 11, no. 1, 2000.
- [89] N. T. T. Thai, B. De Wever, and M. Valcke, “Face-to-face, blended, flipped, or online learning environment? Impact on learning performance and student cognitions,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 36, no. 3, pp. 397–411, Jun. 2020.
- [90] J. Bowers and P. K. Learning, “Students’ perceptions of teaching and social presence: A comparative analysis of face-to-face and online learning environments,” *Int. J. Web-Based Learn. Teach. Technol.*, vol. 10, no. 1, 2015.
- [91] D. M. Johnson, S. Peter, and J. Poon, “Face-to-Face vs. CMC: Student communication in a technologically rich learning environment,” *17th Annu. Conf. Aust. Soc. Comput. Learn. Tert. Educ. ASCILITE*, 2000.
- [92] D. Kirovska-Simjanoska, “Digital vs in-Person Learning Environment in ESP Classrooms: Let the Students Decide,” *SEEU Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 36–68, Jul. 2019.
- [93] S. K. Schauber, M. Hecht, Z. M. Nouns, A. Kuhlmeier, and S. Dettmer, “The role of environmental and individual characteristics in the development of student achievement: a comparison between a traditional and a problem-based-learning curriculum,” *Adv. Heal. Sci. Educ.*, vol. 20, no. 4, pp. 1033–1052, Oct. 2015.

- [94] L. O. Gómez, "Características de los ambientes híbridos de aprendizaje: estudio de caso de un programa de posgrado de la Universidad de los Andes," 2010.
- [95] L. H. Ho, H. Sun, and T. H. Tsai, "Research on 3D Painting in Virtual Reality to Improve Students' Motivation of 3D Animation Learning," *Sustain.* 2019, Vol. 11, Page 1605, vol. 11, no. 6, p. 1605, Mar. 2019.
- [96] M. Cook *et al.*, "Challenges and Strategies for Educational Virtual Reality: Results of an Expert-led Forum on 3D/VR Technologies Across Academic Institutions," *Inf. Technol. Libr.*, vol. 38, no. 4, pp. 25–48, Dec. 2019.
- [97] A. Christopoulos, S. Mystakidis, J. Kurczaba, M. J. Laakso, and C. Stylios, "Is Immersion in 3D Virtual Games Associated with Mathematical Ability Improvement in Game-Based Learning?," *Int. J. Sci. Math. Educ.*, pp. 1–21, Jan. 2024.
- [98] A. Y. Al-Amri, M. E. Osman, and A. S. Al Musawi, "The Design Principles of 3D-Virtual Reality Learning Environment (3D-VRLE) in Science Education," *Interdiscip. J. Virtual Learn. Med. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 238–249, Dec. 2021.
- [99] O. Ak and B. Kutlu, "Comparing 2D and 3D game-based learning environments in terms of learning gains and student perceptions," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 129–144, 2017.
- [100] P. R. Messinger *et al.*, "Virtual worlds — past, present, and future: New directions in social computing," *Decis. Support Syst.*, vol. 47, no. 3, pp. 204–228, Jun. 2009.
- [101] D. Bogusevschi, D. Bogusevschi, C. Muntean, and G.-M. Muntean, "Teaching and Learning Physics using 3D Virtual Learning Environment: A Case...," *J. Comput. Math. Sci. Teach.*, vol. 39, no. 1, pp. 5–18, 2020.
- [102] S. A. Nottingham, "An exploratory study of higher education virtual campuses in Second Life," 2008.
- [103] A. Denoyelles and K.-J. S. Kay, "Inspiring equal contribution and opportunity in a 3d multi-user virtual environment: Bringing together men gamers and women non-gamers in Second Life®," *Comput. Educ.*, vol. 58, no. 1, 2012.
- [104] B. Dalgarno and M. J. Lee, "What are the learning affordances of 3-D virtual environments?," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 41, no. 1, 2010.
- [105] I. Duncan, A. Miller, and S. Jiang, "A taxonomy of virtual worlds usage in education," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 43, no. 6, pp. 949–964, Nov. 2012.

- [106] C. Wang, B. Calandra, and E. Al, "Learning effects of an experimental EFL program in Second Life," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 60, no. 5, pp. 943–961, Oct. 2012.
- [107] S. J. Zuiker, "Educational virtual environments as a lens for understanding both precise repeatability and specific variation in learning ecologies," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 43, no. 6, pp. 981–992, Nov. 2012.
- [108] E. Scott, A. Soria, and M. Campo, "Adaptive 3D virtual learning environments—A review of the literature," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 10, no. 3, 2016.
- [109] G. J. Hwang, "Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective," *Smart Learn. Environ.*, vol. 1, no. 1, Dec. 2014.
- [110] J. Cruz-Benito *et al.*, "Monitoring and feedback of learning processes in virtual worlds through analytics architectures: A real case," in *2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2014, pp. 1–6.
- [111] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo, F. J. García-Peñalvo, and P. Lucas, "Discovering usage behaviors and engagement in an Educational Virtual World," *Elsevier*, 2014.
- [112] M. Schmidt, J. M. Laffey, C. T. Schmidt, X. Wang, and J. Stichter, "Developing methods for understanding social behavior in a 3D virtual learning environment," *Comput. Human Behav.*, vol. 28, no. 2, pp. 405–413, 2012.
- [113] M. Schmidt and J. Laffey, "Visualizing behavioral data from a 3D virtual learning environment: A preliminary study," *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, pp. 3387–3394, 2012.
- [114] M. Chau *et al.*, "Using 3D virtual environments to facilitate students in constructivist learning," *Decis. Support Syst.*, vol. 56, no. 1, pp. 115–121, Dec. 2013.
- [115] A. Tick, "A new direction in the learning processes, the road from eLearning to vLearning," *SACI 2011 - 6th IEEE Int. Symp. Appl. Comput. Intell. Informatics, Proc.*, pp. 359–362, 2011.
- [116] P. Di Bitonto, T. Roselli, V. Rossano, and M. Sinatra, "Adaptive E-Learning Environments: Research Dimensions and Technological Approaches," <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/jdet.2013070101>, vol. 11, no. 3, pp. 1–11, Jan. 1AD.

- [117] B. Fernández-Gallego, M. Lama, J. C. Vidal, and M. Mucientes, "Learning Analytics Framework for Educational Virtual Worlds," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 25, pp. 443–447, Jan. 2013.
- [118] M. Atkisson and D. Wiley, "Learning analytics as interpretive practice: Applying westerman to educational intervention," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 117–121, 2011.
- [119] C. E. Porter, "A typology of virtual communities: A multi-disciplinary foundation for future research," *J. Comput. Commun.*, vol. 10, no. 1, Nov. 2004.
- [120] J. R. Carbonell, "AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction," *IEEE Trans. Man-Machine Syst.*, vol. 11, no. 4, pp. 190–202, 1970.
- [121] J. Laine, T. Lindqvist, T. Korhonen, and K. Hakkarainen, "Systematic Review of Intelligent Tutoring Systems for Hard Skills Training in Virtual Reality Environments.," *Int. J. Technol. Educ. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 178–203, 2022.
- [122] J. Paladines and J. Ramírez, "A systematic literature review of intelligent tutoring systems with dialogue in natural language," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 164246–164267, 2020.
- [123] J. Han, W. Zhao, Q. Jiang, M. Oubibi, and X. Hu, "Intelligent tutoring system trends 2006-2018: A literature review," *Proc. - 2019 8th Int. Conf. Educ. Innov. through Technol. EITT 2019*, pp. 153–159, Oct. 2019.
- [124] E. Mousavinasab, N. Zarifsanaiey, S. R. Niakan Kalhori, M. Rakhshan, L. Keikha, and M. Ghazi Saeedi, "Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods," *Interact. Learn. Environ.*, vol. 29, no. 1, pp. 142–163, 2021.
- [125] D. Sleeman and J. S. Brown, "Intelligent Tutoring Systems," p. 345 pages, 1982.
- [126] Y. Akyuz and Y. Akyuz, "Effects of Intelligent Tutoring Systems (ITS) on Personalized Learning (PL)," *Creat. Educ.*, vol. 11, no. 06, pp. 953–978, Jun. 2020.
- [127] A. K. Erümit and İ. Çetin, "Design framework of adaptive intelligent tutoring systems," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 25, no. 5, pp. 4477–4500, Sep. 2020.
- [128] C. C. Lin, A. Y. Q. Huang, and O. H. T. Lu, "Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review," *Smart Learn. Environ.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–22, Dec. 2023.

- [129] T. Murray, "An Overview of Intelligent Tutoring System Authoring Tools: Updated Analysis of the State of the Art," *Authoring Tools Adv. Technol. Learn. Environ.*, pp. 491–544, 2003.
- [130] E. Wenger, "Artificial intelligence and tutoring systems: Computational approaches to the communication of knowledge." Kaufman Publishers Inc., Los Altos, CA, 01-Jan-1986.
- [131] N. Yelland and J. Masters, "Rethinking scaffolding in the information age," *Comput. Educ.*, vol. 48, no. 3, pp. 362–382, Apr. 2007.
- [132] S. L. Jackson, J. Krajcik, and E. Soloway, "Design of guided learner-adaptable scaffolding in interactive learning environments," *Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc.*, pp. 187–194, 1998.
- [133] H. Holden and Anne M. Sinatra, "Instructional strategies for ITSs," *books.google.comHK Holden, AM SinatraDesign Recomm. Intell. tutoring Syst. 2014•books.google.com*.
- [134] S. P. Lajoie, "Extending the scaffolding metaphor," *Instr. Sci.*, vol. 33, no. 5–6, pp. 541–557, Nov. 2005.
- [135] S. DMello and A. Graesser, "AutoTutor and affective autotutor," *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, vol. 2, no. 4, Jan. 2013.
- [136] S. Järvelä and H. Järvenoja, "Socially Constructed Self-Regulated Learning and Motivation Regulation in Collaborative Learning Groups," <https://doi.org/10.1177/016146811111300205>, vol. 113, no. 2, pp. 350–374, Feb. 2011.
- [137] R. Azevedo, D. C. Moos, J. A. Greene, F. I. Winters, and J. G. Cromley, "Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia?," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 56, no. 1, pp. 45–72, Feb. 2008.
- [138] A. F. Hadwin, L. Wozney, and O. Pontin, "Scaffolding the appropriation of self-regulatory activity: A socio-cultural analysis of changes in teacher-student discourse about a graduate research portfolio," *Instr. Sci.*, vol. 33, no. 5–6, pp. 413–450, Nov. 2005.
- [139] B. J. Zimmerman and M. Campillo, "Motivating self-regulated problem solvers. The psychology of problem solving," in *The Psychology of Problem Solving*, 2003.
- [140] P. R. Pintrich, "A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated

- learning in college students," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 16, no. 4, 2004.
- [141] M. Chi and K. VanLehn, "Meta-cognitive strategy instruction in intelligent tutoring systems: How, when, and why," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 13, no. 1, 2010.
- [142] V. A. W. M. M. Alevén and K. R. Koedinger, "An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor," *Cogn. Sci.*, vol. 26, no. 2, 2002.
- [143] C. I. Johnson and R. E. Mayer, "Applying the self-explanation principle to multimedia learning in a computer-based game-like environment," *Comput. Human Behav.*, vol. 26, no. 6, 2010.
- [144] D. Bigbee, "INTERACTIVE 3D MODELING IN VIRTUAL REALITY," 2019.
- [145] X. Zhang and J. Hou, "Quality assessment towards cell diffraction image based on multi-channel feature fusion," *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 64, p. 102632, Oct. 2019.
- [146] Y. Bellarhmouch, A. Jeghal, H. Tairi, and N. Benjelloun, "A proposed architectural learner model for a personalized learning environment," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 4, pp. 4243–4263, Apr. 2023.
- [147] G. L. López, A. P. P. Negrón, J. Paladines, and F. Rubio, "User Modeling Systems Adapted to Virtual Environments," *Virtual Real. Des.*, pp. 27–54, Mar. 2020.
- [148] J. Clemente Párraga, "Una propuesta de modelado del estudiante basada en ontologías y diagnóstico pedagógico-cognitivo no monótono," Nov. 2010.
- [149] J. Clemente, J. Ramírez, and A. De Antonio, "A proposal for student modeling based on ontologies and diagnosis rules," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 7, pp. 8066–8078, Jul. 2011.
- [150] J. Clemente, J. Ramírez, and A. De Antonio, "Applying a student modeling with non-monotonic diagnosis to Intelligent Virtual Environment for Training/Instruction," *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 2, pp. 508–520, Feb. 2014.
- [151] J. Rosenhead, "What's the Problem? An Introduction to Problem Structuring Methods," <https://doi.org/10.1287/inte.26.6.117>, vol. 26, no. 6, pp. 117–131, Dec. 1996.
- [152] S. Robins and R. E. Mayer, "Schema Training in Analogical Reasoning," *J. Educ. Psychol.*, vol. 85, no. 3, pp. 529–538, 1993.

- [153] C. F. Lynch, K. D. Ashley, V. Aleven, and N. Pinkwart, "Defining ' Ill-Defined Domains ' ; A literature survey .," in *Proceedings of the Workshop on Intelligent Tutoring Systems for IllDefined Domains at the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 2006.
- [154] A. Rump and V. Zaytsev, "A refined model of ill-definedness in project-based learning," *Proc. - ACM/IEEE 25th Int. Conf. Model Driven Eng. Lang. Syst. Model. 2022 Companion Proc.*, pp. 115–122, Oct. 2022.
- [155] B. Swartz, "'Assessment as Learning' as a tool to prepare engineering students to manage ill-defined problems in industry," *2020 IFEEES World Eng. Educ. Forum - Glob. Eng. Deans Counc. WEEF-GEDC 2020*, Nov. 2020.
- [156] J. Milbourne and E. Wiebe, "The Role of Content Knowledge in Ill-Structured Problem Solving for High School Physics Students," *Res. Sci. Educ.*, vol. 48, no. 1, pp. 165–179, Feb. 2018.
- [157] R. Batres, "Teaching ill-defined problems in engineering," *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, vol. 16, no. 4, pp. 1321–1336, Dec. 2022.
- [158] N. Dewaele and N. Vannieuwenhoven, "What part of a numerical problem is ill-conditioned?," May 2023.
- [159] M. Minsky, "Steps Toward Artificial Intelligence," *Proc. IRE*, vol. 49, no. 1, pp. 8–30, 1961.
- [160] W. R. Reitman, "Heuristic Decision Procedures, Open Constraints [sic], and the Structure of Ill-defined Problems," *Grad. Sch. Ind. Adm. Carnegie Inst. Technol.*, 1964.
- [161] A. Newell, "Heuristic programming: Ill-structured problems in progress," *Oper. Res.*, vol. 3, 1969.
- [162] A. Newell and H. A. Simon, "GPS, a program that simulates human thought," *Rand Corp. St. Monica, CA*, 1961.
- [163] H. E. Pople, "Heuristic methods for imposing structure on ill-structured problems: The structuring of medical diagnostics," *Artif. Intell. Med.*, vol. 51, pp. 119–190, 1982.
- [164] V. Goel and P. Pirolli, "The structure of Design Problem Spaces," *Cogn. Sci.*, vol. 16, no. 3, pp. 395–429, Jul. 1992.
- [165] J. F. Voss and A. P. Timothy, *On the solving of ill-structured problems*. 2014.

- [166] E. Johnson, "Expertise and Decision Under Uncertainty: Performance and Process, chapter 7," *Lawrence Erlbaum Assoc. Hillsdale New Jersey*, 1988.
- [167] J. A. Lawrence, "Expertise on the bench: Modeling magistrates' judicial decision-making," *Nat. Expert.*, pp. 229–259, 1988.
- [168] K. Ashley, M. Chi, R. Pinkus, and J. Moore, "Modeling learning to reason with cases in engineering ethics: A test domain for intelligent assistance," *NSF Propos.*, 2004.
- [169] B. C. Brolin, "The failure of modern architecture," *Van Nostrand Reinhold Co.*, 1976.
- [170] E. H. Levi, "An introduction to legal reasoning," 1950.
- [171] M. Radin, "Case Law and Stare Decisis: Concerning Prajudizienrecht in Amerika," *Colum. L. Rev.*, vol. 33, p. 199, 1933.
- [172] F. Schauer, "Prediction and particularity," *Bost. Univ. Law Rev.*, 1998.
- [173] K. N. Llewellyn, "The bramble bush: On our law and its study," *Ocean. Publ. Inc. Dobbs Ferry, New York.*, 1981.
- [174] J. Lehmann, M. A. Biasiotti, E. Francesconi, and M. T. Sagri, "LOAIT: Proc. of the ICAIL-05 Workshop," *Proc. ICAIL-05 Work. shop, IAAIL Work. Ser.*, 2005.
- [175] C. Alexander, S. Ishikawa, and M. Silverstein, "A Pattern Language," *Lang. New*, 1977.
- [176] C. Alexander, "The timeless way of building," *New york Oxford Univ. Press*, vol. 1, 1979.
- [177] P. Avgeriou and U. Zdun, "Architectural patterns revisited-a pattern language," 2005.
- [178] M. Sergot, F. Sadri, R. Kowalski, and F. Kriwaczek, "The British Nationality Act as a logic program," *Commun. ACM*, vol. 29, no. 5, pp. 370–386, 1986.
- [179] A. von der L. Gardner, "An artificial intelligence approach to legal reasoning," *MIT Press*, 1987.
- [180] K. Ashley, "Modelling legal argument: Reasoning with cases and hypotheticals.," 1989.
- [181] D. Berman and C. Hafner, "Obstacles to the development of logic-based models of legal reasoning," 1988.
- [182] M. Carrion, M. Santorum, H. Flores, J. Aguilar, and M. Perez, "Serious game, gamified applications, educational software: A comparative study," *Proc. - 2019 Int.*

Conf. Inf. Syst. Softw. Technol. ICI2ST 2019, pp. 55–62, Nov. 2019.

- [183] M. Carrión-Toro, M. Santorum, P. Acosta-Vargas, J. Aguilar, and M. Pérez, “iPlus a User-Centered Methodology for Serious Games Design,” *Appl. Sci.* 2020, Vol. 10, Page 9007, vol. 10, no. 24, p. 9007, Dec. 2020.
- [184] J. Huizinga, “Homo Ludens O pu Vodu Kultury ve hr e,” *Dauphin: Prague, República Checa*, 1938.
- [185] B. Suits, “The Grasshopper; Life and Utopia,” in *Library of Congress Cataloguing in Publication Data*, 1978, vol. 53, pp. 6–194.
- [186] R. Caillois, *Man, play, and games*. Paris, Francia: The Free Press of Glencoe, Inc., 2001.
- [187] J. Moizer *et al.*, “An approach to evaluating the user experience of serious games,” *Comput. Educ.*, vol. 136, pp. 141–151, Jul. 2019.
- [188] M. Fitzgerald and G. Ratcliffe, “Serious games, gamification, and serious mental illness: A scoping review,” *Psychiatr. Serv.*, vol. 71, no. 2, pp. 170–183, Feb. 2020.
- [189] M. Ullah *et al.*, “Serious games in science education: a systematic literature,” *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 4, no. 3, pp. 189–209, Jun. 2022.
- [190] Y. Zhonggen, “A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade,” *Int. J. Comput. Games Technol.*, vol. 2019, no. 1, p. 4797032, Jan. 2019.
- [191] C. C. Abt, *Serious games*. New York, New York, USA: University press of America, 1987.
- [192] B. Sawyer, “Serious games: improving public policy through game,” *Foresight Gov. Proj.*, vol. 1, pp. 2–35, 2001.
- [193] M. Zyda, “From visual simulation to virtual reality to games,” *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 38, no. 9, pp. 25–32, Sep. 2005.
- [194] J. Ferrés i Prats and P. Marqués Graells, *Comunicación educativa y nuevas tecnologías*. Editorial Praxis, 1996.
- [195] J. Alvarez and D. Djaouti, “Introduction aux serious games/an introduction to serious games, Ed., 2nd.,” *Th’eoriques, ed*, vol. 2012, p. 324, 2012.
- [196] D. Djaouti, J. Alvarez, and J.-P. Jessel, *Classifying serious games: the G/P/S model*. IGI global, 2011.

- [197] M. Freire, Á. Serrano-Laguna, B. Manero Iglesias, I. Martínez-Ortiz, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, "Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games," pp. 3475–3502, 2023.
- [198] D. Checa and A. Bustillo, "A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 79, no. 9–10, pp. 5501–5527, Mar. 2020.
- [199] F. R. López, M. Arias-Oliva, J. Pelegrín-Borondo, and L. M. Marín-Vinuesa, "Serious games in management education: An acceptance analysis," *Int. J. Manag. Educ.*, vol. 19, no. 3, p. 100517, Nov. 2021.
- [200] B. M. Winn, "The Design, Play, and Experience Framework," *Handb. Res. Eff. Electron. Gaming Educ.*, pp. 1010–1024, 2009.
- [201] B. Reichart and B. Bruegge, "Social interaction patterns for learning in serious games," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. 09-13-July-2014, Jul. 2014.
- [202] A. J. Abdellatif, B. McCollum, and P. McMullan, "Serious games: Quality characteristics evaluation framework and case study," *ISEC 2018 - Proc. 8th IEEE Integr. STEM Educ. Conf.*, vol. 2018-January, pp. 112–119, Apr. 2018.
- [203] M. Lobo, JF Chipia (Del Sur, "Juegos serios: alternativa innovadora," *Conoc. Libr. y Educ.*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [204] S. A. Alserri, N. A. M. Zin, and T. Wook, "Gender-based engagement model for serious games," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 1350–1357, 2018.
- [205] I. Supriana, R. D. Agustin, M. A. Bakar, and N. A. M. Zin, "Serious games for effective learning," *Proc. 2017 6th Int. Conf. Electr. Eng. Informatics Sustain. Soc. Through Digit. Innov. ICEEI 2017*, vol. 2017-November, pp. 1–6, Mar. 2018.
- [206] C. E. Catalano, A. M. Luccini, and M. Mortara, "Best practices for an effective design and evaluation of serious games," *Int. J. Serious Games*, vol. 1, no. 1, pp. e1–e13, 2014.
- [207] G. Petri and C. G. Von Wangenheim, "How to evaluate educational games: a systematic," *J. Univers. Comput. Sci.*, vol. 22, no. 7, pp. 992–1021, 2016.
- [208] E. Sanchez, "Key criteria for game design. A framework," *Bus. Game-Based Learn. Manag. Educ. Baldissin, N., Bettiol, S., Magrin, S., Nonino, F., Eds*, vol. 1, no. 1, pp. 79–95, 2011.

- [209] A. Ghannem, "Characterization of serious games guided by the educational objectives," *Proc. Second Int. Conf. Technol. Ecosyst. Enhancing Multicult.*, pp. 227–333, 2014.
- [210] J. V Hall, P. A. Wyeth, and D. Johnson, "Instructional objectives to core-gameplay: a serious game design technique," *Proc. first ACM SIGCHI Annu. Symp. Comput. Interact. Play*, pp. 121–130, 2014.
- [211] L. A. Annetta and S. Bronack, *Serious educational game assessment: Practical methods and models for educational games, simulations and virtual worlds*. 2011.
- [212] Á. Serrano-Laguna, I. Martínez-Ortiz, J. Haag, D. Regan, A. Johnson, and B. Fernández-Manjón, "Applying standards to systematize learning analytics in serious games," *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 50, pp. 116–123, Feb. 2017.
- [213] Y. Wang and W. Hu, "Analysis about serious game innovation on mobile devices," *Proc. - 16th IEEE/ACIS Int. Conf. Comput. Inf. Sci. ICIS 2017*, pp. 627–630, Jun. 2017.
- [214] S. Deterding, R. Khaled, L. E. Nacke, and D. Dixon, "Gamification: Toward a Definition In CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings, Vancouver, BC, Canada," *Online <http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/02-Deterding-Khaled-Nacke-Dixon.pdf> [14.4. 2017]*, 2011.
- [215] G. Zichermann and C. Cunningham, *Gamification by Design*, M. Treseler, ed. Canada. Canada: O'Reilly Media, Inc, 2011.
- [216] A. Yusoff, R. Crowder, L. Gilbert, and G. Wills, "A conceptual framework for serious games," *Proc. - 2009 9th IEEE Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICALT 2009*, pp. 21–23, 2009.
- [217] W. Westera, "How people learn while playing serious games: A computational modelling approach," *J. Comput. Sci.*, vol. 18, pp. 32–45, Jan. 2017.
- [218] K. Mitgutsch and N. Alvarado, "Purposeful by design?: A serious game design assessment framework," *Found. Digit. Games 2012, FDG 2012 - Conf. Progr.*, pp. 121–128, 2012.
- [219] A. Yusoff, "A conceptual framework for serious games and its validation," 2010.
- [220] F. Laamarti, M. Eid, and A. El Saddik, "An overview of serious games," *Int. J. Comput. Games Technol.*, vol. 2014, Jan. 2014.

- [221] B. E. Marcano Lárez, "Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital," *Teoría la Educ. Educ. y Cult. en la Soc. la Inf.*, vol. 9, 2010.
- [222] F. J. Gallego-Durán, C.-J. Villagrà-Arnedo, R. Satorre Cuerda, P. Compañ, R. Molina-Carmona, and F. Llorens Largo, "Panoràmica: serious games, gamification y mucho más," 2014.
- [223] A. Menin, R. Torchelsen, and L. Nedel, "An Analysis of VR Technology Used in Immersive Simulations with a Serious Game Perspective," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 38, no. 2, pp. 57–73, Mar. 2018.
- [224] M. Carrion, M. Santorum, M. Perez, and J. Aguilar, "A participatory methodology for the design of serious games in the educational environment," *2017 Congr. Int. Innov. y Tendencias en Ing. CONIITI 2017 - Conf. Proc.*, vol. 2018-January, pp. 1–6, Jan. 2018.
- [225] M. T. Chandio, S. M. Pandhiani, and R. Iqbal, "Bloom's Taxonomy: Improving Assessment and Teaching-Learning Process," *J. Educ. Educ. Dev.*, vol. 3, no. 2, 2016.
- [226] D. R. Krathwohl, "A revision of bloom's taxonomy: An overview," *Theory Pract.*, vol. 41, no. 4, pp. 212–218, 2002.
- [227] H. Gardner, *Multiple intelligences: The theory in practice*. Basic books, 1993.
- [228] H. Gardner, "Multimedia and Multiple Intelligences," *Dev. Educ. Mind*, pp. 75–83, Jun. 2006.
- [229] S. G. Eberle, "Playing with the Multiple Intelligences: How Play Helps Them Grow.," *Am. J. Play*, vol. 4, no. 1, pp. 19–51, 2011.
- [230] A. C. Brualdi Timmins, "Multiple Intelligences: Gardner's Theory," *Pract. Assessment, Res. Eval.*, vol. 5, no. 1, p. 10, Nov. 2019.
- [231] E. Flores, "Inteligencias Múltiples," *¿Qué es la Intel.*, vol. 1, pp. 51–62, 2017.
- [232] K. N. Kumbhar, "Brainstorming technique: innovative quality management tool for library," *Curr. Trends Libr. Manag.*, 2018.
- [233] V. L. Putman and P. B. Paulus, "Brainstorming, Brainstorming Rules and Decision Making," *J. Creat. Behav.*, vol. 43, no. 1, pp. 29–40, Mar. 2009.
- [234] H. Al-Samarraie and S. Hurmuzan, "A review of brainstorming techniques in higher education," *Think. Ski. Creat.*, vol. 27, pp. 78–91, Mar. 2018.

- [235] R. Scupin, "The KJ Method: A Technique for Analyzing Data Derived from Japanese Ethnology," *Hum. Organ.*, vol. 56, no. 2, pp. 233–237, Jun. 1997.
- [236] A. Lucero, "Using affinity diagrams to evaluate interactive prototypes," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9297, pp. 231–248, 2015.
- [237] J. Alvarez, "DU JEU VIDÉO AU SERIOUS GAME," Dec. 2007.
- [238] J. Alvarez, "Approche atomique du jeu vid'eo: Briques Gameplay 3.0.," pp. 4–221, 2018.
- [239] B. Jolival, "Les jeux vid'eo, Presses Universitaires de France-PUF, ed," *Fr. Press. Univ. Fr.*, pp. 1–128, 1994.
- [240] D. Arsenault, "Video Game Genre, Evolution and Innovation," *Eludamos J. Comput. Game Cult.*, vol. 3, no. 2, pp. 149–176, Oct. 2009.
- [241] K. Bejarano, A. Rodríguez, and J. Carreño, "Especificación de Requerimientos Criterio de Calidad," Pontificia Universidad Javeriana: Cali, Colombia, 2013.
- [242] I. C. S. S. E. S. C. and I.-S. S. Board, *IEEE recommended practice for software requirements specifications*. IEEE Computer Society, 1998.
- [243] IEEE, "ISO/IEC/IEEE DIS P29148, September 2017: ISO/IEC/IEEE Draft International Standard - Systems and Software Engineering -- Life Cycle Processes --Requirements Engineering.," 2017.
- [244] H. A. Simon, *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.
- [245] A. Hevner and S. Chatterjee, "Design science in information systems research," *JSTORAR Hevner, ST March, J Park. S RamMIS quarterly, 2004•JSTOR*, vol. 28, no. 1, p. 75, 2004.
- [246] R. T. Watson, M.-C. Boudreau, and J. C. Adela, "Information systems and environmentally sustainable development: energy informatics and new directions for the IS community," *JSTORRT Watson*, pp. 23–38, 2010.
- [247] J. vom Brocke, R. T. Watson, C. Dwyer, S. Elliot, and N. Melville, "Green information systems: Directives for the IS discipline," *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 33, no. 1, p. 30, 2013.
- [248] S. Gregor and A. R. Hevner., "Positioning and presenting design science research for maximum impact," *JSTORS Greg. AR HevnerMIS Q.*, pp. 337–355, 2013.

- [249] J. F. Nunamaker, M. Chen, and T. D. M. Purdin, "Systems development in information systems research," *J. Manag. Inf. Syst.*, vol. 7, no. 3, pp. 89–106, 1990.
- [250] J. G. Walls, G. R. Widmeyer, and O. A. El Sawy, "Building an information system design theory for vigilant EIS," *Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 36–59, 1992.
- [251] A. R. Hevner, "A three cycle view of design science research," *Scand. J. Inf. Syst.*, vol. 19, no. 2, 2007.
- [252] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *J. Manag. Inf. Syst.*, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, Dec. 2007.
- [253] E. L.-A. B. E. V. B. Fredy Gavilanes-Sagnay, "Structured Cabling Development in 3D Virtual Learning Environment en OpenSim," *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, vol. 11, no. 5s, pp. 238 – 246, Apr. 2023.
- [254] M. Laboratories, "Home - Hippo OpenSim Viewer," 2011. [Online]. Available: <https://mjm-labs.com/viewer/>. [Accessed: 10-Oct-2023].
- [255] I. K. Group, "Kokua - Confluence," 2023. [Online]. Available: <https://kokua.atlassian.net/wiki/spaces/KKA/overview>. [Accessed: 10-Oct-2023].
- [256] S. V. Team, "Singularity Viewer: Prepare to Implode! | Singularity Viewer," 2023. [Online]. Available: <https://www.singularityviewer.org/>. [Accessed: 10-Oct-2023].
- [257] OpenSimulator, "OpenSimulator," 2021. [Online]. Available: http://opensimulator.org/wiki/Main_Page. [Accessed: 10-Oct-2023].
- [258] R. Hunicke, M. LeBlanc, and R. Z. AAI, "MDA: A formal approach to game design and game research," *Proc. AAAI Work. Challenges Game AI*, vol. 4, no. 1, 2004.
- [259] K. Schwaber, "SCRUM Development Process," *Bus. Object Des. Implement.*, pp. 117–134, 1997.
- [260] A. Srivastava, S. Bhardwaj, and S. Saraswat, "SCRUM model for agile methodology," *Proceeding - IEEE Int. Conf. Comput. Commun. Autom. ICCCA 2017*, vol. 2017-January, pp. 864–869, Dec. 2017.
- [261] M. Singh, "U-SCRUM: An agile methodology for promoting usability," *Proc. - Agil. 2008 Conf.*, pp. 555–560, 2008.
- [262] J. Patton, "Hitting the target: Adding interaction design to agile software development," *OOPSLA 2002 - ACM SIGPLAN Object Oriented Program. Syst.*

Lang. Appl. Conf. - Pract. Reports, Nov. 2002.

- [263] K. Baxter *et al.*, “Extreme usability: Adapting research approaches for agile development,” *Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc.*, pp. 2269–2272, 2008.
- [264] “Home | Scrum.org.” [Online]. Available: <https://www.scrum.org/>. [Accessed: 12-Oct-2023].
- [265] U. Technologies, “Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Motor de VR, AR, 3D y 2D,” 2023. [Online]. Available: <https://unity.com/es>. [Accessed: 12-Oct-2023].
- [266] O. S. 3D C. Suite, “blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software,” 2023. [Online]. Available: <https://www.blender.org/>. [Accessed: 12-Oct-2023].
- [267] U. de las F. A.- ESPE, “Órdenes y Resoluciones del H. Consejo Universitario Año 2022 - HCU,” 2022. [Online]. Available: <https://hcu.espe.edu.ec/ordenes-y-resoluciones-del-h-consejo-universitario-anio-2022/>. [Accessed: 13-Oct-2023].
- [268] A. Hevner and S. Chatterjee, “Design Science Research in Information Systems,” *MIS Q.*, pp. 75–105, 2004.
- [269] A. Hevner and S. Chatterjee, “Design science in information systems research,” *MIS Q.*, pp. 75–105, 2004.
- [270] E. W. Dijkstra, “A note on two problems in connexion with graphs,” *Numer. Math.*, vol. 1, no. 1, pp. 269–271, Dec. 1959.
- [271] E. W. Dijkstra, “A Note on Two Problems in Connexion with Graphs,” *Edsger Wybe Dijkstra*, pp. 287–290, Jul. 2022.
- [272] C. Ju, Q. Luo, and X. Yan, “Path Planning Using an Improved A-star Algorithm,” *Proc. - 11th Int. Conf. Progn. Syst. Heal. Manag. PHM-Jinan 2020*, pp. 23–26, Oct. 2020.
- [273] S. Erke, D. Bin, N. Yiming, Z. Qi, X. Liang, and Z. Dawei, “An improved A-Star based path planning algorithm for autonomous land vehicles,” *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, vol. 17, no. 5, Oct. 2020.
- [274] S. Sedighi, D. Van Nguyen, and K. D. Kuhnert, “Guided Hybrid A-star Path Planning Algorithm for Valet Parking Applications,” *2019 5th Int. Conf. Control. Autom. Robot. ICCAR 2019*, pp. 570–575, Apr. 2019.
- [275] M. Srinivas and L. M. Patnaik, “Genetic algorithms: A survey,” *Computer (Long.*

- Beach. Calif.*., vol. 27, no. 6, pp. 17–26, 1994.
- [276] M. Mitchell, “Genetic algorithms: An overview.,” *Complex*, vol. 1, no. 1, pp. 31–39, 1995.
- [277] S. F.- (CSUR), “Genetic algorithms,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 28, no. 1, 1996.
- [278] S. Katoch, S. S. Chauhan, and V. Kumar, “A review on genetic algorithm: past, present, and future,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80, no. 5, pp. 8091–8126, Feb. 2021.
- [279] C. K. H. Lee, “A review of applications of genetic algorithms in operations management,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 76, pp. 1–12, Nov. 2018.
- [280] S. Mirjalili, “Genetic algorithm,” *Stud. Comput. Intell.*, vol. 780, pp. 43–55, 2019.
- [281] M. Abdella and T. Marwala, “The use of genetic algorithms and neural networks to approximate missing data in database,” *ICCC 2005 - IEEE 3rd Int. Conf. Comput. Cybern. - Proc.*, vol. 2005, pp. 207–212, 2005.
- [282] A. Lambora, K. Gupta, and K. Chopra, “Genetic Algorithm- A Literature Review,” *Proc. Int. Conf. Mach. Learn. Big Data, Cloud Parallel Comput. Trends, Perspectives Prospect. Com. 2019*, pp. 380–384, Feb. 2019.
- [283] A. Hassanat, K. Almohammadi, E. Alkafaween, E. Abunawas, A. Hammouri, and V. B. S. Prasath, “Choosing Mutation and Crossover Ratios for Genetic Algorithms—A Review with a New Dynamic Approach,” *Inf. 2019, Vol. 10, Page 390*, vol. 10, no. 12, p. 390, Dec. 2019.
- [284] R. Stern *et al.*, “Multi-Agent Pathfinding: Definitions, Variants, and Benchmarks,” *Proc. Int. Symp. Comb. Search*, vol. 10, no. 1, pp. 151–158, 2019.
- [285] K. Zhang, Z. Yang, H. Liu, T. Zhang, and T. B. Basar, “Fully Decentralized Multi-Agent Reinforcement Learning with Networked Agents.” PMLR, pp. 5872–5881, 03-Jul-2018.
- [286] T. T. Nguyen, N. D. Nguyen, and S. Nahavandi, “Deep Reinforcement Learning for Multiagent Systems: A Review of Challenges, Solutions, and Applications,” *IEEE Trans. Cybern.*, vol. 50, no. 9, pp. 3826–3839, Sep. 2020.
- [287] S. Gronauer and K. Diepold, “Multi-agent deep reinforcement learning: a survey,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 55, no. 2, pp. 895–943, Feb. 2022.
- [288] N. Perozo, ““LISAND,” 2008.
- [289] N. Perozo, J. Aguilar, O. Terán, and H. Molina, “Un modelo afectivo para la

- arquitectura multiagente para sistemas emergentes y auto-organizados (MASOES),” *Rev. Técnica la Fac. Ing. Univ. del Zulia*, vol. 35, no. 1, pp. 080–090, 2012.
- [290] A. Dorri, S. S. Kanhere, and R. Jurdak, “Multi-Agent Systems: A Survey,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 28573–28593, Apr. 2018.
- [291] M. M. Alipour, S. N. Razavi, M. R. Feizi Derakhshi, and M. A. Balafar, “A hybrid algorithm using a genetic algorithm and multiagent reinforcement learning heuristic to solve the traveling salesman problem,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 30, no. 9, pp. 2935–2951, Nov. 2018.
- [292] G. Weiss, *Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence*. London, England: MIT press, 1999.
- [293] M. Wooldridge and N. R. Jennings, “Intelligent agents: Theory and practice,” *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 10, no. 2, pp. 115–152, 1995.
- [294] J. Aguilar Guy Theraulaz Oswaldo Terán, “MODELADO MULTIAGENTE PARA SISTEMAS EMERGENTES Y AUTO-ORGANIZADOS,” 2011.
- [295] E. Rich and K. Knight, *Artificial Intelligence*, Second. McGraw-Hill, 1994.
- [296] A. Jose, C. Mariela, and H. Francisco, “A methodology to specify multiagent systems,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 4496 LNAI, pp. 92–101, 2007.
- [297] M. Palma, *Inteligencia. técnicas, métodos y aplicaciones*. McGraw Hill, 2008.
- [298] F. ORG, “FIPA contract net interaction protocol specification.” 2002.
- [299] F. Schweitzer, *Brownian Agents and Active Particles Collective Dynamics in the Natural and Social Sciences*. Berlin - Heidelberg, 2003.
- [300] C. A. Iglesias, M. Garijo, J. C. González, and J. R. Velasco, “Analysis and design of multiagent systems using MAS-CommonKADS,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 1365, pp. 313–327, 1998.
- [301] C. A. Iglesias and M. Garijo, “The Agent-Oriented Methodology MAS-CommonKADS,” <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-59140-581-8.ch003>, pp. 46–78, Jan. 1AD.
- [302] G. Booch, I. Jacobson, and R. James, “The unified modeling language,” *Unix Rev.*,

vol. 14, no. 13, p. 5, 1996.

- [303] N. Medvidovic, D. S. Rosenblum, D. F. Redmiles, and J. E. Robbins, "Modeling software architectures in the unified modeling language," *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 11, no. 1, pp. 2–57, 2002.
- [304] D. Riofrío-luzcando, "Propuesta de un Modelo de Comportamiento Colectivo de Estudiantes para un Sistema Inteligente de Tutoría dirigido al Entrenamiento Procedimental," Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- [305] F. Davis, "A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results," 1985.
- [306] F. Davis, "User acceptance of information systems: the technology acceptance model (TAM)," 1987.
- [307] S. J. Simon, "User acceptance of voice recognition technology: an empirical extension of the technology acceptance model," *J. Organ. End User Comput.*, vol. 1, 2007.
- [308] A. Rautela, *The usability testing process (Diagram)*. 2018.
- [309] J. R. Lewis, "Measuring perceived usability: The CSUQ, SUS, and UMUX," *Int. J. Human-Computer Interact.*, vol. 34, no. 12, pp. 1148–1156, Dec. 2018.
- [310] V. Venkatesh, M. Morris, G. Davis, and F. Davis, "User acceptance of information technology: Toward a unified view," *MIS Q.*, pp. 425–478, 2003.
- [311] J Sarfaraz, "Unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT) model-mobile banking," *J. Internet Bank. Commer.*, vol. 1, 2017.
- [312] M. Ahmad, "Unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT)," *LinkedIn Pulse*, vol. 1, 2015.
- [313] W. H. Kruskal and W. A. Wallis, "Use of ranks in one-criterion variance analysis," *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 47, no. 260, pp. 583–621, 1952.

ANEXO 1: Aplicación de la Metodología iPlus

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	i
FASE 1: IDENTIFICACIÓN.....	ii
ACTIVIDAD IDENTIFICACIÓN PARTICIPANTES	ii
FASE 2: OBJETIVOS PEDAGÓGICOS	iv
ACTIVIDAD CUESTIONARIO REQUERIMIENTOS	iv
ACTIVIDAD BRAINSTOMRING	viii
ACTIVIDAD DIAGRAMA DE AFINIDAD	ix
ACTIVIDAD DEFINICIÓN OBJETIVOS PEDAGÓGICOS	xiv
FASE 3: GAME SCRIPT	xix
ACTIVIDAD POSIBLES HISTORIAS TODOS PARTICIPANTES.....	xix
ACTIVIDAD HISTORIA CONSENSUADA	xxii
FASE 4: GAMEPLAY	xxv
ACTIVIDAD DEFINICIÓN GAMEPLAY	xxv
ACTIVIDAD IDENTIFICACIÓN GÉNERO	xxix
ACTIVIDAD TÉRMINOS CLAVE	xxix
FASE 5: REFINAMIENTO.....	xxx
ACTIVIDAD REFINAMIENTO DE IDEAS	xxx
ACTIVIDAD REFINAMIENTO GAMEPLAY	xxxí
ACTIVIDAD DEFINICIÓN HISTORIAS EPICAS.....	xxxii

FASE 1: IDENTIFICACIÓN

ACTIVIDAD IDENTIFICACIÓN PARTICIPANTES

1. Problemática identificada. ¿Qué necesidad específica tiene el cliente, cómo quiere que se le ayude?

La docente de la asignatura relacionada con Cableado Estructurado requiere una aplicación que permita atacar a problemas que se presentan en la enseñanza de la temática como: ausencia de tiempo para realizar el respectivo seguimiento y supervisión a actividades prácticas de cableado estructurado tanto en tareas bien definidas como en tareas de tipo ill-defined (mal definidas) a través de un tutor automatizado.

2. Identificar Institución, Establecimiento a la que pertenece el cliente.

Asignaturas de Cableado Estructurado de la Escuela Politécnica Nacional en las carreras de pregrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas y la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

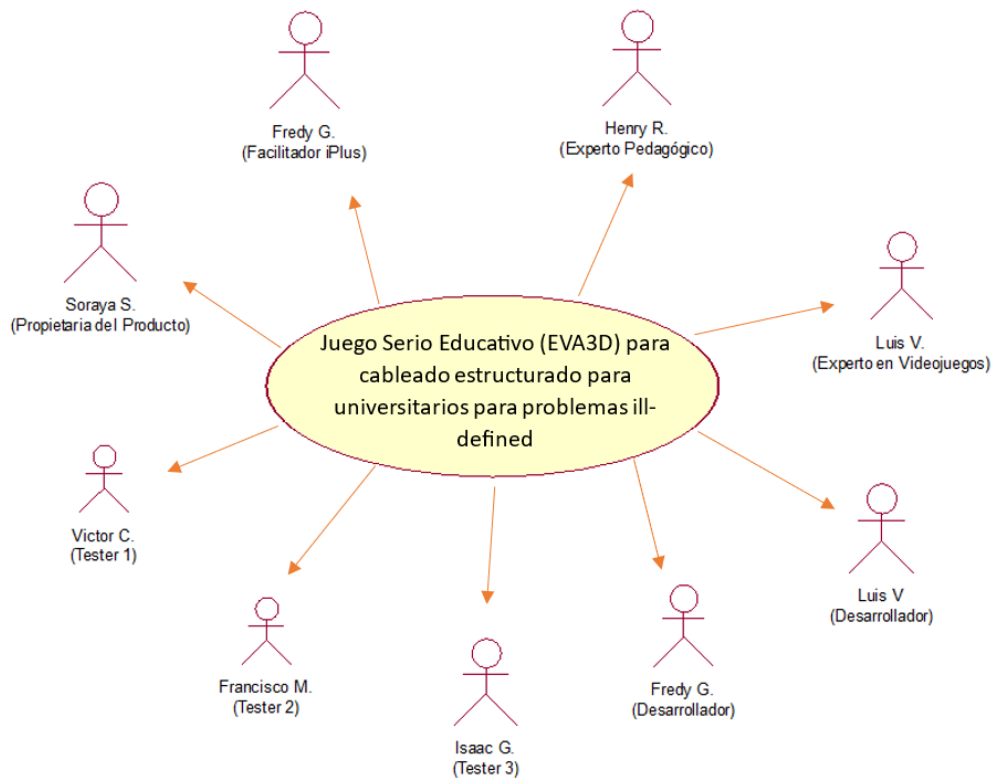
3. Identificar Participantes. ¿Quiénes participarán en la reunión de trabajo?

Experto Pedagógico

Participantes

Rol Participante	Nombres Completos	e-mail contacto	Teléfono contacto
Experto en video juegos	Luis Miguel Vásquez Basurto	playerluis159@gmail.com	093 925 7628
Propietario del Producto	Soraya Lucía Sinche Maita	soraya.sinche@epn.edu.ec	099 502 7949
Experto Pedagógico	Henry Nelson Roa Marín	hnroa@puce.edu.ec	099 371 0389
Experto en Cableado Estructurado	Edison Fernando Loza Aguirre	edison.loza@epn.edu.ec	096 058 5430
Facilitador de la Metodología	Fredy Marcelo Gavilanes Sagñay	fredy.gavilanes@epn.edu.ec	098 419 9215
Desarrollador	Fredy Marcelo Gavilanes Sagñay	fredy.gavilanes@epn.edu.ec	098 419 9215
Desarrollador	Luis Miguel Vásquez Basurto	playerluis159@gmail.com	093 925 7628
Tester 1	Víctor Hugo Coyago Tupiza	victor.coyago@epn.edu.ec	098 838 4745
Tester 2	Francisco David Morales Zaldumbide	francisco.morales01@epn.edu.ec	099 322 0577
Tester 3	Isaac Mateo González Hinojosa	isaac.gonzalez@epn.edu.ec	096 254 7923

Modelo de Participantes



4. Definir el día y hora de reunión de trabajo participativo.

La reunión será efectuada los días Lunes de 09:00 a 10:00.

FASE 2: OBJETIVOS PEDAGÓGICOS

ACTIVIDAD CUESTIONARIO REQUERIMIENTOS

Estimado docente experto en la temática de Cableado Estructurado, nos encontramos reunidos un grupo de expertos que quiere ayudarle en la concepción del juego serio educativo.

1. **¿Quisiéramos que de manera general nos amplíe el problema que usted presenta en su ambiente de trabajo?**

Existe una desconexión entre la parte teórica de Cableado Estructurado y su práctica respectiva, debido que los estudiantes al momento de recibir la asignatura no enlazan los conocimientos, normativa y estándares de Cableado Estructurado con su aplicación en un entorno real, debido a que en muchas ocasiones no realizan las prácticas pre-profesionales.

2. **¿Además, quisiéramos que de manera general nos explique, qué es lo que usted quiere enseñar con este aplicativo educativo?**

Se busca la aplicación de la normativa teórica de Cableado Estructurado, es por ello por lo que se busca el virtualizar un entorno real en un ambiente virtual en 3 dimensiones que sea lo más parecido a la realidad. Para esto se requiere aplicar la manera como se podría buscar una solución aceptable para problemas de tipo ill-defined.

3. **¿Cuál es el objetivo pedagógico que quiere que se cumpla el aplicativo informático?**

Se busca que el aprendizaje sea mucho más activo. Un claro ejemplo es el aula invertida, donde se envía el reforzamiento de la parte teórica la puedan realizar como tarea y la parte más importante que consiste en la correcta identificación y aplicación de la parte teórica en un entorno en 3 dimensiones que sea lo más parecido a un entorno real. Se rompe con la pedagogía tradicional y memorística de una manera divertida para los estudiantes universitarios en las asignaturas relacionadas a Cableado Estructurado, lo que permitirá que el conocimiento sea retenido a largo plazo.

4. **¿Qué habilidades, aptitudes quisiera que sean estimuladas y/o desarrolladas en los estudiantes con el uso de la aplicación?**

Es importante que los estudiantes universitarios puedan aplicar la normativa relacionada con cableado estructurado de una manera correcta, para esto

necesitan enlazar la parte teórica con la parte práctica, para esto se plantean las tareas entorno a dos tipos de problemas, los problemas bien definidos y los problemas de tipo ill-defined, con la temática de Cableado estructurado.

5. ¿Cuál es el público objetivo al cuál va a estar dirigido este juego serio educativo, y su rango de edad?

Si utilizamos la temática de Cableado Estructurado, el público objetivo son los estudiantes universitarios, además pueden ser profesionales de la industria que requieran realizar prácticas en un entorno diferente al que lo desarrollan de forma cotidiana. Para esto nuestro entorno debe desarrollarse de manera imperiosa en un ambiente virtual de aprendizaje en 3 dimensiones.

6. ¿Cuál son las características de la población objetivo para quién va a estar dirigido este aplicativo?

Estudiantes universitarios que estén cursando o hayan cursado asignaturas relacionados con Cableado Estructurado, en donde tengan los conocimientos básicos de los temas de normativa 568-A y 568-B, además de los estándares que se requieren al implementar una infraestructura de red en edificios.

7. ¿El público al que va dirigido requiere de ayuda, soporte o supervisión por parte de alguien?

En caso de que el juego sea lo suficientemente claro, los estudiantes no necesitarían ayuda. Posiblemente necesitará una ayuda del docente para explicarle el funcionamiento del juego, sin embargo, se debe realizar el desarrollo del manual de usuario, además, todo dependería de lo sencillas que sean las instrucciones y los controles. Es ideal generar interés y curiosidad para que ellos puedan aprender por sí solos. Finalmente, se desea que el juego serio tenga un soporte de un tutor inteligente automatizado.

8. ¿Le gustaría que este aplicativo sea trabajado de forma colaborativa o individual?

Se requiere la personalización de la experiencia del juego serio en un ambiente virtual de aprendizaje en 3 dimensiones, es decir, debe ser resuelto de forma individual, debido a que la interacción del avatar del estudiante con el mundo virtual y los objetos a los que podría acceder deben ser registrados en una Base de Datos para brindar una retroalimentación personalizada a los estudiantes por parte del tutor inteligente automatizado.

9. ¿Qué dificultades ha encontrado usted antes al momento de enseñar sin la aplicación informática?

Son dos las principales dificultades que se ha logrado determinar sin la aplicación, la primera al momento de impartir la parte práctica de la temática relacionada con Cableado Estructurado y la segunda corresponde a que los estudiantes se les dificulta la relación de la actividad práctica con los conocimientos teóricos de Cableado Estructurado, lo que conlleva a la aplicación de manera incorrecta en un ambiente real.

10. ¿En dónde va a ser usado dicho juego serio o aplicativo informático (ambiente en donde va a ser usado)?

Principalmente en computadores de los laboratorios de la facultad de Ingeniería de Sistemas para enlazar la parte práctica con la parte teórica de los conocimientos de Cableado Estructurado, aunque como alternativa pueden ser utilizados en las laptops de los estudiantes, si la práctica no pudo ser completada en las horas de clase.

11. ¿Ha visto algo parecido, que ya existe, que pueda ayudarnos a visualizar de mejor manera su idea? ¿Puede explicarnos? ¿Cómo hacía uso de esa aplicación o de ese juego?

En la temática de Cableado Estructurado se tiene desarrollado 2 versiones anteriores, al primera en la plataforma OpenSimulator en donde la principal dificultad es la interacción del avatar con elementos colocados en el inventario, la manipulación es muy limitada y en realidad no se puede obtener los resultados deseados. En la segunda versión desarrollada en el motor de juegos Unity 3D, se puede superar la limitación de la interacción del avatar del estudiante con los objetos del mundo virtual, pero no se logró desarrollarlo en etapas o niveles, además no posee elementos propios de cableado estructurado.

12. ¿Qué información es importante que se almacene en el juego serio o aplicación informática?

Se requiere el almacenamiento de las principales acciones y eventos del avatar del estudiante en la interacción con el entorno virtual de aprendizaje en 3 dimensiones, pero también se requiere los eventos con los objetos del inventario que el usuario debe tener a disposición para el desarrollo de la infraestructura de red dentro del ambiente virtual simulado en 3 dimensiones.

13. ¿Qué roles le gustaría que exista en el juego serio o aplicación informática?

Los roles deseados son el avatar del estudiante que corresponde al principal actor que interactúa con el ambiente virtual de aprendizaje en 3 dimensiones, luego de ello, aunque no corresponden a roles, pero es importante señalar que el mundo virtual debe contener sus propios objetos y los objetos que el avatar del estudiante puede acceder a través del inventario para cumplir con las tareas que se les planteará a los estudiantes.

14. ¿De los roles definidos anteriormente qué acciones deben realizar cada uno dentro del juego serio o aplicación informática?

El avatar del estudiante corresponde al personaje principal que requiere ir desarrollando las tareas planteadas con ayuda del tutor inteligente automatizado, además, el personaje al terminar el nivel puede obtener una retroalimentación al recibir un mensaje que se ha logrado finalizar la tarea y por ende se ha desbloqueado el siguiente nivel. La retroalimentación influye mucho en la percepción de los estudiantes.

15. ¿Cómo usted evaluaría la efectividad del juego serio o aplicación informática?

Al determinar el tiempo que el estudiante se demora al aplicar los conocimientos teóricos de Cableado Estructurado. Otra opción es el reconocimiento de patrones comunes en el desarrollo de tareas que resuelven problemas de tipo ill-defined, para este tipo de problemas no tiene una única solución sino aproximaciones, la que el estudiante debe desarrollar una solución aceptable dentro de la temática de Cableado Estructurado.

ACTIVIDAD BRAINSTORMING

En la Figura 1., se puede apreciar la actividad de brainstorming para el juego serio sobre el Entono Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones para resolver problemas de tipo ill-defined utilizando la temática de Cableado Estructurado.

EVA 3D con tutor automático para problemas ill-defined

- Tareas de tipo bien definidas**
Para que exista un contraste idóneo y permita a los estudiantes diferenciar las tareas bien definidas de las tareas de tipo ill-defined
- Tareas de tipo ill-defined**
El juego serio debe proponer tareas de tipo ill-defined.
- Desarrollo de destrezas**
Aplicación de conceptos de cableado estructurado
- Beneficio para los docentes**
Utilizar el juego para realizar una evaluación de estudiantes universitarios, para obtener una retroalimentación.
- Objetivo Principal**
Obtener una solución aceptable para problemas de tipo ill-defined
- Accesibilidad**
El juego debe ser accesible desde sus diferentes niveles para los estudiantes de acuerdo a sus conocimientos
- Interactividad**
Proporcionar una experiencia educativa enriquecedora y entretenida en tres dimensiones
- Motivación**
Generar curiosidad y entusiasmo por el conocimiento a través de juegos educativos en 3 dimensiones
- Objetivo pedagógico**
Promover el desarrollo de destrezas en la resolución de problemas de tipo ill-defined utilizando la temática de cableado estructurado
- Conocimiento de los estudiantes universitarios**
Aplicar los conceptos de cableado estructurado en la solución de problemas bien definidos y de tipo ill-defined.
- Conceptos básicos**
Aplicar normas de Cableado Estructurado
- Público objetivo**
Estudiantes universitarios de asignaturas relacionadas con Cableado Estructurado
- Proporcionar instrucciones claras**
El tutor automatizado debe brindar instrucciones claras para las actividades a realizar
- Disponibilidad en dispositivos**
El juego debe ser accesible en computadoras y laptops de la plataforma Windows
- Incorporar elementos de juego**
Debe incluir niveles para determinar los siguientes tipos de tareas a desarrollar.
- Brindar ayudas y tips**
Proporcionar pistas o consejos para resolver desafíos difíciles a través de un tutor automático
- Niveles progresivos**
El juego debe tener niveles de dificultad de acuerdo al tipo de tarea (bien definida o ill-defined)
- Atractivo visual**
Incorporar un ambiente virtual de aprendizaje en 3 dimensiones con objetos y avatares
- Diseño realista**
El Entorno Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones debe tener un alto grado de realismo con la infraestructura del mundo real. Se desea la virtualización de Edificio de Ingeniería en Sistemas
- Opciones de ayuda**
Incluir ayudas visuales y en modo texto a través del tutor inteligente automatizado.
- Modo individual**
Los estudiantes pueden jugar solos para practicar y mejorar sus destrezas en la aplicación de conocimientos de cableado estructurado
- Aula invertida**
Los estudiantes realizan la práctica en clases y en la casa refuerzan con actividades sobre la parte teórica de Cableado Estructurado
- Juego de armado de la infraestructura de red**
Los estudiantes deben identificar y seleccionar objetos necesarios para armar la estructura de cableado estructurado.
- Tareas de tipo bien definidas**
Para que exista un contraste idóneo y permita a los estudiantes diferenciar las tareas bien definidas de las tareas de tipo ill-defined
- Juego de montar la infraestructura**
Los estudiantes deben desarrollar las actividades planteadas para resolver problemas de tipo ill-defined en la temática de Cableado Estructurado

Figura 1. Brainstorming Juego Serio EVA 3D

Se adjunto el padlet correspondiente a la actividad

Link Padlet: https://cgi.padletcdn.com/export/image?delay=1000&filename=padlet-feicrxy0j2tldtb4&full_page=true&height=&service=urlbox&timeout=60000&url=https%3A%2F%2Fpadlet.com%2Ffredymarcelo%2Ffeicrxy0j2tldtb4%3Flast_updated%3D1701748754%26locale%3Den%26read_only%3D1%26screenshot%3D1%26timezone%3DEtc%252FUTC&width=1024

ACTIVIDAD DIAGRAMA DE AFINIDAD

En la Figura 2., se puede apreciar la actividad sobre el diagrama de afinidad para el juego serio sobre el Entono Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones para resolver problemas de tipo ill-defined utilizando la temática de Cableado Estructurado.

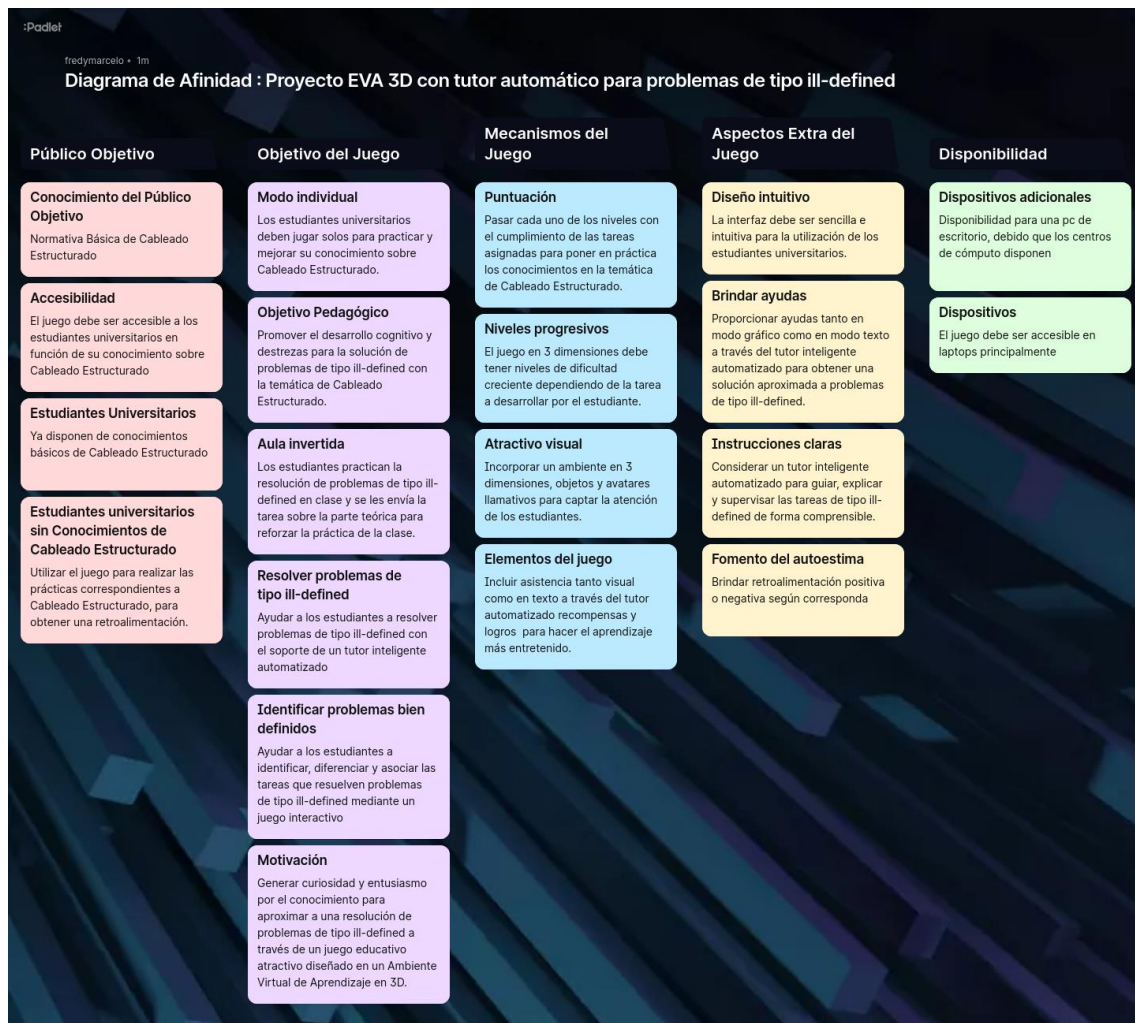


Figura 2. Diagrama de Afinidad Juego Serio EVA 3D

Se adjunta el enlace sobre el padlet

Link Padlet: https://cgi.padletcdn.com/export/image?delay=1000&filename=padlet-mzi9crbgj27mbjsi&full_page=true&full_width=true&height=1361&service=urlbox&timeout=60000&url=https%3A%2F%2Fpadlet.com%2Ffredymarcelo%2Fmzi9crbgj27mbjsi%3Flast_updated%3D1702566660%26locale%3Den%26read_only%3D1%26screenshot%3D1%26timezone%3DEtc%252FUTC

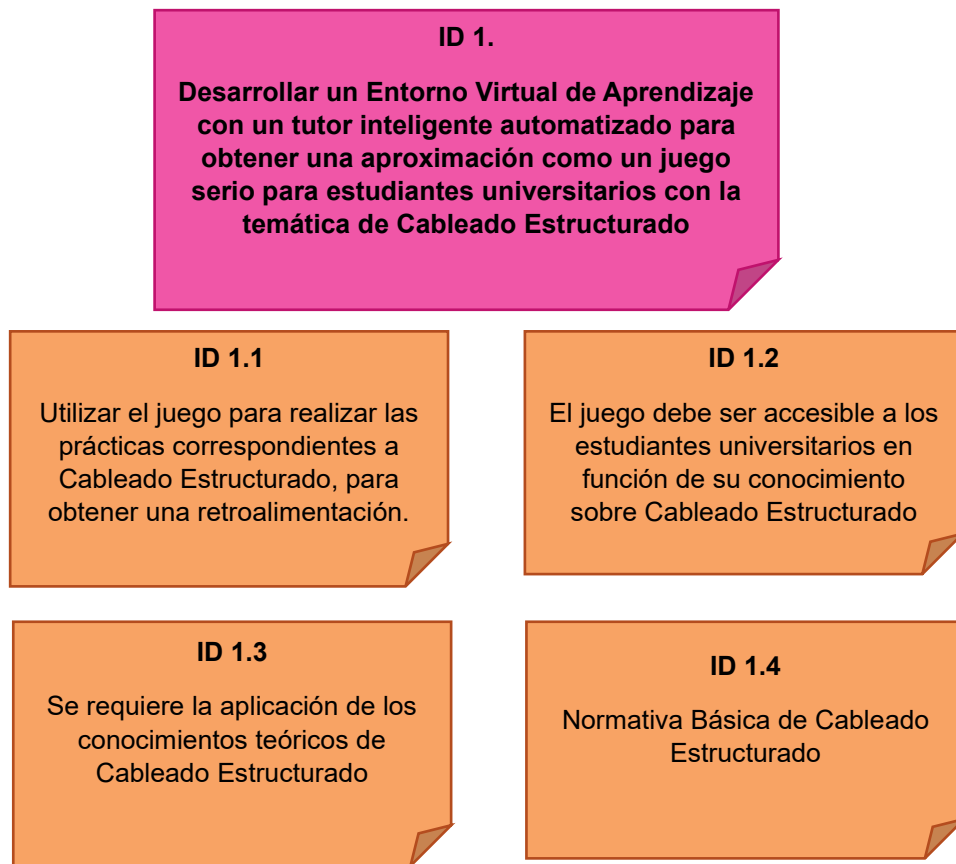


Figura 3. Diagrama de Afinidad 1

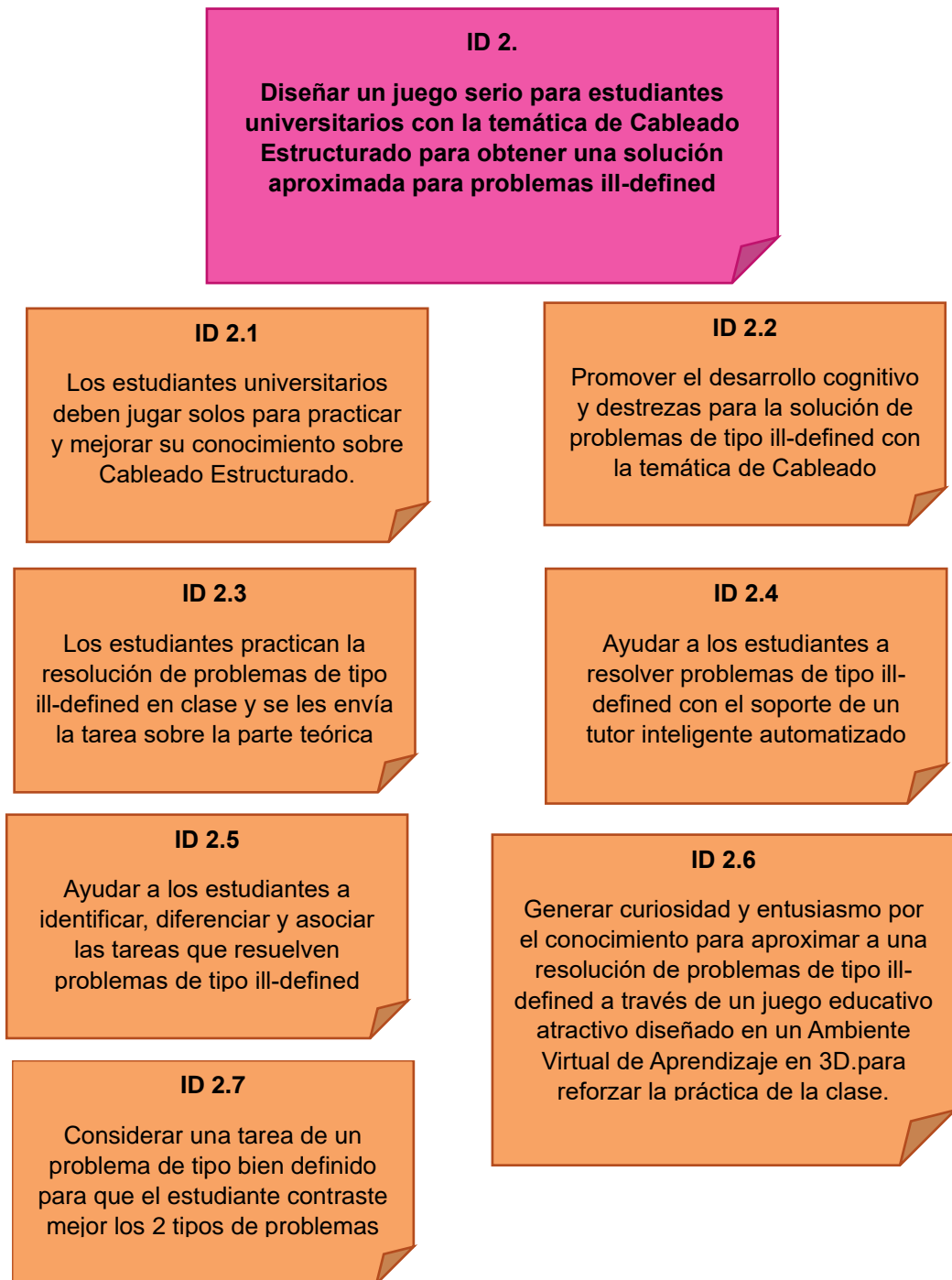


Figura 4. Diagrama de Afinidad 2

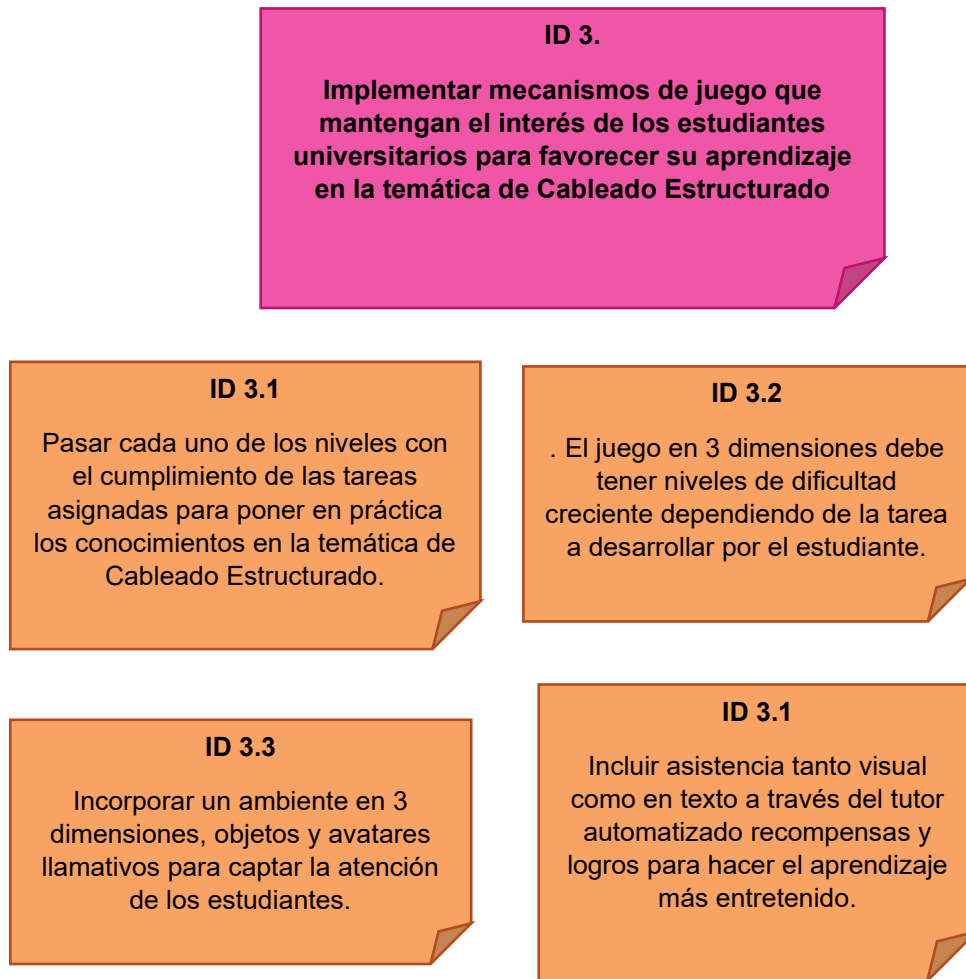


Figura 5. Diagrama de Afinidad 3

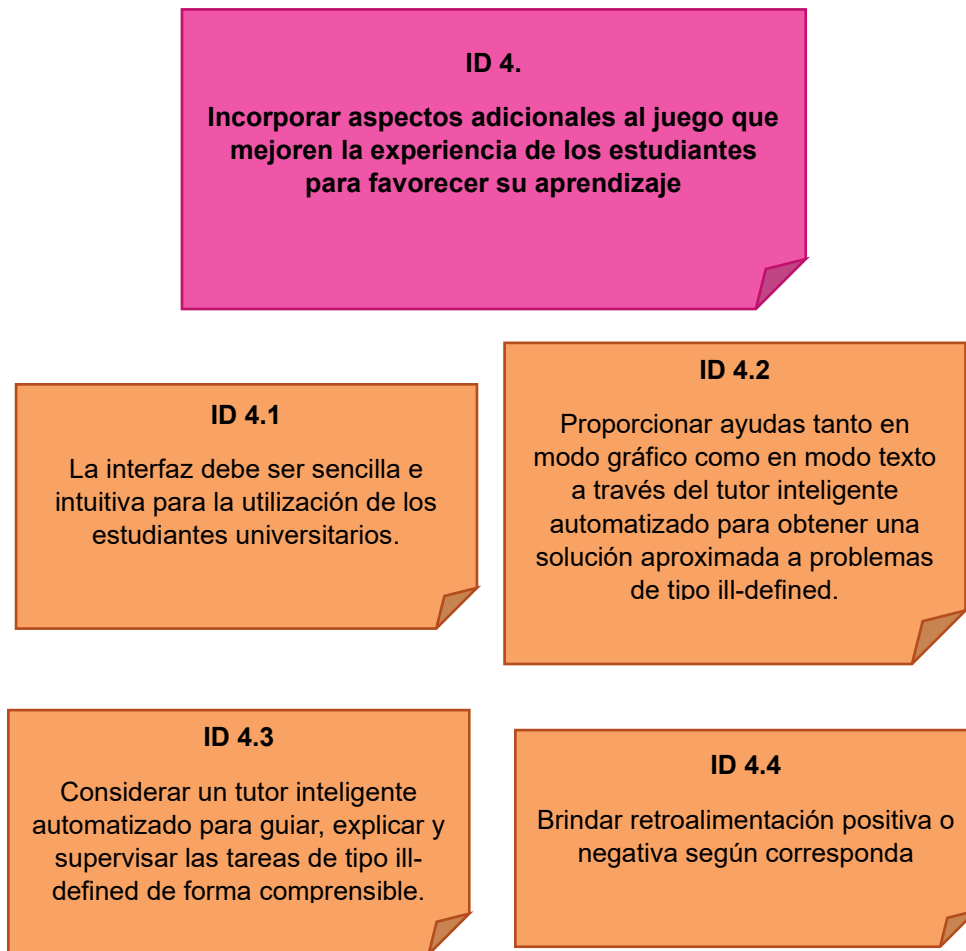


Figura 6. Diagrama de Afinidad 4

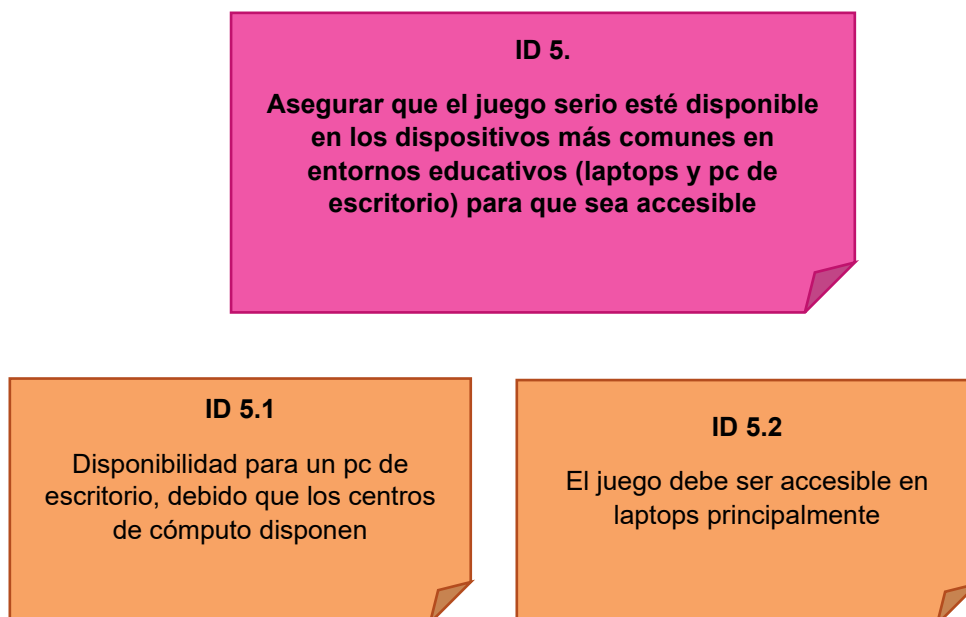





Figura 7. Diagrama de Afinidad 5


ACTIVIDAD DEFINICIÓN OBJETIVOS PEDAGÓGICOS


OBJETIVO GENERAL
Desarrollar un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones con un tutor inteligente automatizado para obtener una aproximación a la solución de problemas de tipo ill-defined como un juego serio para estudiantes universitarios con la temática de Cableado Estructurado
Identificación P.R: 1_2_3 4

Objetivo Específico de la Aplicación Número: 1	Prioridad: 
Rol de Experto: Experto en Educación Pedagógica	Rol en el Juego:
Título del objetivo: Diseño Ambiente Virtual de Aprendizaje en 3 Dimensiones para estudiantes universitarios con la temática de Cableado Estructurado.	
Descripción del objetivo: Desarrollar un juego serio en un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones con un tutor inteligente automatizado para obtener una aproximación a una solución a problemas de tipo ill-defined de la temática de Cableado Estructurada.	
Ideas relacionadas (Post – its naranjas):	
<p>ID 1.1</p> <p>Utilizar el juego para realizar las prácticas correspondientes a Cableado Estructurado, para obtener una retroalimentación.</p>	<p>ID 1.2</p> <p>El juego debe ser accesible a los estudiantes universitarios en función de su conocimiento sobre Cableado Estructurado</p>
<p>ID 1.3</p> <p>Se requiere la aplicación de los conocimientos teóricos de Cableado Estructurado</p>	<p>ID 1.4</p> <p>Normativa Básica de Cableado Estructurado</p>

<p>Objetivo Específico de la Aplicación Número: 2</p>	<p>Prioridad: </p>
<p>Rol de Experto: Experto en Educación Pedagógica</p>	<p>Rol en el Juego:</p>
<p>Título del objetivo: Desarrollo de destrezas en la aplicación de conceptos de Cableado Estructurado para estudiantes universitarios.</p>	
<p>Descripción del objetivo: Diseñar un juego serio para estudiantes universitarios con la temática de Cableado Estructurado para obtener una solución aproximada para problemas ill-defined para fomentar la motivación y el entusiasmo por el aprendizaje en este grupo de edad.</p>	
<p>Ideas relacionadas (Post – its naranjas):</p>	
<p>ID 2.1</p> <p>Los estudiantes universitarios deben jugar solos para practicar y mejorar su conocimiento sobre Cableado Estructurado.</p>	<p>ID 2.2</p> <p>Promover el desarrollo cognitivo y destrezas para la solución de problemas de tipo ill-defined con la temática de Cableado Estructurado.</p>
<p>ID 2.3</p> <p>Los estudiantes practican la resolución de problemas de tipo ill-defined en clase y se les envía la tarea sobre la parte teórica</p>	<p>ID 2.4</p> <p>Ayudar a los estudiantes a resolver problemas de tipo ill-defined con el soporte de un tutor inteligente automatizado</p>
<p>ID 2.5</p> <p>Ayudar a los estudiantes a identificar, diferenciar y asociar las tareas que resuelven problemas de tipo ill-defined</p>	<p>ID 2.6</p> <p>Generar curiosidad y entusiasmo por el conocimiento para aproximar a una resolución de problemas de tipo ill-defined a través de un juego educativo atractivo diseñado en un Ambiente Virtual de Aprendizaje en 3D.para reforzar la práctica de la clase.</p>
<p>ID 2.7</p> <p>Considerar una tarea de un problema de tipo bien definido para que el estudiante contraste mejor los 2 tipos de problemas</p>	

<p>Objetivo Específico de la Aplicación Número: 3</p>	<p>Prioridad: </p>
<p>Rol de Experto: Experto en Educación Pedagógica</p>	<p>Rol en el Juego:</p>
<p>Título del objetivo: Mecánicas Lúdicas para el Aprendizaje de la temática de Cableado Estructurado para estudiantes universitarios</p>	
<p>Descripción del objetivo: Implementar mecanismos de juego que mantengan el interés de los estudiantes universitarios para favorecer su aprendizaje en la temática de Cableado Estructurado</p>	
<p>Ideas relacionadas (Post – its naranjas):</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid orange; background-color: #f4a460; padding: 10px; width: 45%; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 3.1</p> <p>Pasar cada uno de los niveles con el cumplimiento de las tareas asignadas para poner en práctica los conocimientos en la temática de Cableado Estructurado.</p> </div> <div style="border: 1px solid orange; background-color: #f4a460; padding: 10px; width: 45%; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 3.2</p> <p>. El juego en 3 dimensiones debe tener niveles de dificultad creciente dependiendo de la tarea a desarrollar por el estudiante.</p> </div> <div style="border: 1px solid orange; background-color: #f4a460; padding: 10px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">ID 3.3</p> <p>Incorporar un ambiente en 3 dimensiones, objetos y avatares llamativos para captar la atención de los estudiantes.</p> </div> <div style="border: 1px solid orange; background-color: #f4a460; padding: 10px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">ID 3.4</p> <p>Incluir asistencia tanto visual como en texto a través del tutor automatizado recompensas y logros para hacer el aprendizaje más entretenido.</p> </div> </div>	

<p>Objetivo Especifico de la Aplicación Número: 4</p>	<p>Prioridad: </p>
<p>Rol de Experto: Experto en Educación Pedagógica</p>	<p>Rol en el Juego:</p>
<p>Título del objetivo: Experiencia Educativa Motivadora e Intuitiva</p>	
<p>Descripción del objetivo: Incorporar aspectos adicionales al juego que mejoren la experiencia de los estudiantes para favorecer su aprendizaje</p>	
<p>Ideas relacionadas (Post – its naranjas):</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around; padding: 20px;"> <div style="border: 1px solid #e67e22; background-color: #fce4d6; padding: 10px; width: 45%; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 4.1</p> <p style="text-align: center;">La interfaz debe ser sencilla e intuitiva para la utilización de los estudiantes universitarios.</p> </div> <div style="border: 1px solid #e67e22; background-color: #fce4d6; padding: 10px; width: 45%; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 4.2</p> <p style="text-align: center;">Proporcionar ayudas tanto en modo gráfico como en modo texto a través del tutor inteligente automatizado para obtener una solución aproximada a problemas de tipo ill-defined.</p> </div> <div style="border: 1px solid #e67e22; background-color: #fce4d6; padding: 10px; width: 45%; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 4.3</p> <p style="text-align: center;">Considerar un tutor inteligente automatizado para guiar, explicar y supervisar las tareas de tipo ill-defined de forma comprensible.</p> </div> <div style="border: 1px solid #e67e22; background-color: #fce4d6; padding: 10px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">ID 4.4</p> <p style="text-align: center;">Brindar retroalimentación positiva o negativa según corresponda</p> </div> </div>	

<p>Objetivo Específico de la Aplicación Número: 5</p>	<p>Prioridad: </p>
<p>Rol de Experto: Experto en Educación Pedagógica</p>	<p>Rol en el Juego:</p>
<p>Título del objetivo: Disponibilidad del Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D</p>	
<p>Descripción del objetivo: Asegurar que el juego serio esté disponible en los dispositivos más comunes en entornos educativos (laptops y pc de escritorio) para que sea accesible</p>	
<p>Ideas relacionadas (Post – its naranjas):</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="293 772 761 1019" style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 10px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">ID 5.1</p> <p style="text-align: center;">Disponibilidad para un pc de escritorio, debido que los centros de cómputo disponen</p> </div> <div data-bbox="802 772 1270 1019" style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 10px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">ID 5.2</p> <p style="text-align: center;">El juego debe ser accesible en laptops principalmente</p> </div> </div>	

FASE 3: GAME SCRIPT

ACTIVIDAD POSIBLES HISTORIAS TODOS PARTICIPANTES

Rol: Desarrollador

<p>Historia 1: “Visita de un nuevo estudiante al Campus Universitario”</p> <p>En esta historia puede iniciar cuando un estudiante de bachillerato desea estudiar la carrera relacionada a computación o software en la Escuela Politécnica Nacional, para esto luego de los trámites administrativos llega al campus politécnico por primera vez y desea conocer el edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, para esto tiene que seleccionar un avatar e ingresar de forma virtual al edificio de la facultad, especialmente a los laboratorios de computación ubicados en los pisos 3, 4 y 5.</p>	
<p>¿Contenido del Aprendizaje (lo que se quiere desplegar en el escenario del juego)?</p> <p>Tour virtual por el Edificio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas para conocer sus instalaciones con relación a su infraestructura de red.</p>	
<p>Personajes</p>	
<p>Héroes</p> <p>Avatar Tutor Automatizado</p>	<p>Villanos</p> <p>No existe villanos en esta historia, debido a que el enfoque es conocer la infraestructura de red del edificio de la facultad.</p>
<p>Mundos de Juego:</p> <p>Entorno Virtual de Aprendizaje de la Facultad de Ingeniería de Sistemas.</p>	
<p>¿Cómo se gana el juego?</p> <p>Con la guía del tutor automatizado se debe ingresar a conocer la infraestructura de Cableado Estructurado del edificio de la facultad, en los pisos 3, 4 y 5.</p>	
<p>Objetos Multimedia:</p> <p>Avatar del personaje, tutor virtual, objetos propios de la infraestructura del edificio como paredes, gradas, ventanas, puertas.</p>	
<p>Técnicas de Gamificación:</p> <p>Tutor virtual automatizado (Búho proporciona la ayuda para el avatar principal del personaje), niveles (correspondiente a los pisos del edificio de la facultad).</p>	

Rol: Desarrollador

<p>Historia 2: “Observación de una infraestructura de red en una empresa de provisión de internet”</p> <p>La historia inicia cuando un estudiante de una carrera de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional tiene que realizar prácticas pre-profesionales, para esto, se debe asignar a una empresa proveedora de internet para que la misma le asigne una tarea de cableado estructurado. Entonces el estudiante tiene que armar la infraestructura de red. Luego de realizar la actividad, esta es evaluada por el docente de forma virtual y si cumple con la normativa respectiva, se procede a aprobar la actividad respectiva.</p>	
<p>¿Contenido del Aprendizaje (lo que se quiere desplegar en el escenario del juego)?</p> <p>Tour virtual por las instalaciones de la empresa proveedora de internet para armar la infraestructura de red planteada.</p>	
<p>Personajes</p>	
<p>Héroes Avatar</p>	<p>Villanos No existe villanos en esta historia, debido a que el enfoque es armar la infraestructura de red.</p>
<p>Mundos de Juego:</p> <p>Entorno Virtual de Aprendizaje de la Empresa Proveedora de Internet.</p>	
<p>¿Cómo se gana el juego?</p> <p>Con la guía del docente, se debe ingresar a armar la actividad con la infraestructura de Cableado Estructurado del edificio de la empresa proveedora de internet.</p>	
<p>Objetos Multimedia:</p> <p>Avatar del personaje, objetos propios de la infraestructura del edificio de la empresa proveedora de internet como paredes, gradas, ventanas, puertas, objetos para armar la infraestructura de red como canaletas y uniones de canaletas.</p>	
<p>Técnicas de Gamificación:</p> <p>Estudiante mediante su avatar (el avatar principal del personaje), niveles (correspondiente a los pisos del edificio de la empresa).</p>	

Rol: Desarrollador

<p>Historia 3: “Construir una infraestructura de Cableado Estructurado mediante tareas de tipo ill-defined dentro de una Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con la asistencia de un tutor inteligente ”</p> <p>La historia se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en donde los estudiantes que deben aplicar los conocimientos teóricos de Cableado estructurado, para esto se tiene que armar tareas de tipo ill-defined, una tarea podría representar un nivel de dificultad, el primer nivel puede componerse de una tarea bien definida para que el estudiante pueda contrastar de mejor forma entre las tareas bien definidas y las tareas de tipo ill-defined. Adicionalmente el avatar del personaje principal tendrá la ayuda permanente de un tutor inteligente automatizado para poder desarrollar las diferentes tareas.</p>	
<p>¿Contenido del Aprendizaje (lo que se quiere desplegar en el escenario del juego)?</p> <p>Desarrollo de las tareas de tipo ill-defined con la asistencia de un tutor inteligente automatizado con la temática de Cableado Estructurado.</p>	
<p>Personajes</p>	
<p>Héroes</p> <p>Avatar Búho (Tutor Inteligente Automatizado)</p>	<p>Villanos</p> <p>No existe villanos en esta historia, debido a que el enfoque es armar la infraestructura de red.</p>
<p>Mundos de Juego:</p> <p>Entorno Virtual de Aprendizaje de la Facultad de Ingeniería de Sistemas en 3 dimensiones.</p>	
<p>¿Cómo se gana el juego?</p> <p>Con la guía del Búho(Tutor Inteligente Automatizado), se debe ingresar a desarrollar las tareas de tipo ill-defined en la temática de Cableado Estructurado en los laboratorios de computación del edificio de la facultad.</p>	
<p>Objetos Multimedia:</p> <p>Avatar del personaje, tutor virtual, objetos propios de la infraestructura del edificio como paredes, gradas, ventanas, puertas, objetos para armar la infraestructura de red como canaletas y uniones de canaletas, cables de red.</p>	
<p>Técnicas de Gamificación:</p> <p>Tutor virtual automatizado (Búho proporciona la ayuda para el avatar principal del personaje), niveles (correspondiente a las tareas de tipo ill-defined dentro de los laboratorios de los pisos del edificio de la facultad).</p>	

ACTIVIDAD HISTORIA CONSENSUADA

A partir del objetivo pedagógico general describa los siguientes elementos para una posible historia del juego.

ROL

Experto en Videojuegos

HISTORIA

“Construir una infraestructura de Cableado Estructurado mediante tareas de tipo ill-defined dentro de un Entorno Virtual de Aprendizaje en 3D con la asistencia de un tutor inteligente ”

La historia se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en donde los estudiantes que deben aplicar los conocimientos teóricos de Cableado estructurado, para esto se tiene que armar tareas de tipo ill-defined, una tarea podría representar un nivel de dificultad, el primer nivel puede componerse de una tarea bien definida para que el estudiante pueda contrastar de mejor forma entre las tareas bien definidas y las tareas de tipo ill-defined. Adicionalmente el avatar del personaje principal tendrá la ayuda permanente de un tutor inteligente automatizado para poder desarrollar las diferentes tareas.

¿CONTENIDO DEL APRENDIZAJE (lo que se quiere desplegar en el escenario del juego)?

- Tareas para obtener una aproximación a problemas de tipo ill-defined con la temática de Cableado Estructurado
- 1 Tarea para para solución un problema de tipo bien definido en la temática de Cableado Estructurado
- Entorno Virtual de Aprendizaje en 3 dimensiones

PERSONAJES:

Héroos:

Avatar, que corresponde al estudiante universitario que debe desarrollar tanto las tareas de tipo ill-defined como la tarea de tipo bien definida .

Búho (Tutor Inteligente Automatizado), que es el acompañante y guía en las tareas que debe realizar el personaje principal.

Villanos:

No habrá villanos en esta historia, debido al enfoque es armar la infraestructura de Cableado Estructurado.

MUNDOS DE JUEGO

El Entorno Virtual de Aprendizaje de la Facultad de Ingeniería de Sistemas en 3 dimensiones, que se encuentra dividida tanto en pisos como en las diferentes tareas que han sido propuestas para cada uno de los niveles.

1. Se presenta una tarea para resolver un problema de tipo bien definido el cual consisten en ponchar el cable UTP con el conector RJ-45 con acuerdo a

cualquiera de las normativas estándar, como son: 568-A y 568-B de la normativa vigente.

2. Debe presentarse otra tarea de para obtener una aproximación a un problema de tipo ill-defined que consiste en la construcción de la estructura de Red de los laboratorios de computación de la facultad.
3. El siguiente debe ser el planteamiento y selección de la ubicación del datacenter del edificio de la facultad de acuerdo con la selección en la tarea anterior de la cantidad de laboratorios de computación que se realizó el armado del cableado estructurado.

¿Cómo se gana el juego?

Con la guía del Búho(Tutor Inteligente Automatizado), se debe ingresar a desarrollar las tareas presentes en cada nivel, empezando por la primera tarea que obtiene una problema bien definido y a continuación con las tareas que obtienen una aproximación a las tareas de tipo ill-defined en la temática de Cableado Estructurado en los laboratorios de computación del edificio de la facultad.

OBJETOS MULTIMEDIA

- Avatar del personaje.
- Tutor inteligente automatizado.
- Objetos en 3 dimensiones propios de la infraestructura del edificio como paredes, gradas, ventanas, puertas.
- Objetos en 3 dimensiones para armar la infraestructura de red como canaletas y uniones de canaletas, cables de red.

TÉCNICAS DE GAMIFICACIÓN

Asistente Inicio:

Al iniciar el juego, un tutor inteligente automatizado guía, guiará y brindará soporte para que el jugador principal con el avatar seleccionado pueda resolver y desarrollar cada una de las tareas planteadas en cada uno de los niveles presentados.



Niveles:

Son considerados como niveles a las tareas que resuelven un tipo de problema en específico de la temática de cableado estructurado, empezado con la tarea más sencilla que consiste en la solución de un problema de tipo bien definido como el orden de acuerdo al estándar 568-A y 568-B para pochar el cable UTP con el conector RJ-45.



FASE 4: GAMEPLAY

ACTIVIDAD DEFINICIÓN GAMEPLAY

Descripción:

El avatar deberá saltar para subir escalones o el piso falso, cuando este sea deshabilitado para desarrollar el cableado estructurado

Bloques Seleccionados:

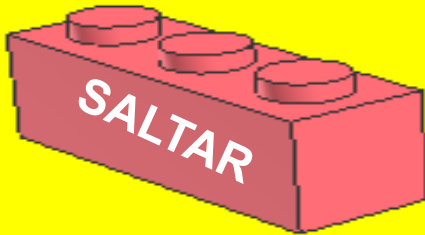


Figura 1. Tarjeta GamePlay 1

Descripción:

El avatar deberá mover y posicionar para ubicarse y trasladarse dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

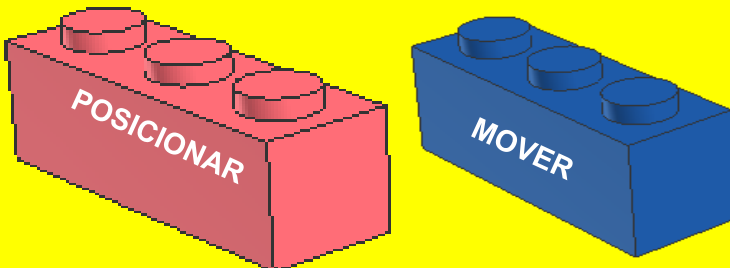


Figura 2. Tarjeta GamePlay 2

Descripción:

El avatar deberá colocar y mover las canaletas para construir el Cableado Estructurado solicitado dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

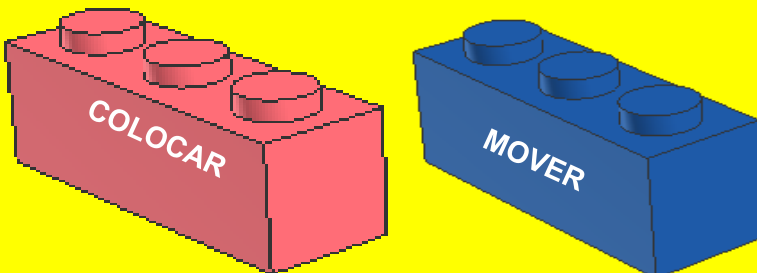


Figura 3. Tarjeta GamePlay 3

Descripción:

El avatar deberá seleccionar y colocar los diferentes objetos que se le presentará a través del inventario para colocarlo en el laboratorio del edificio de la facultad dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

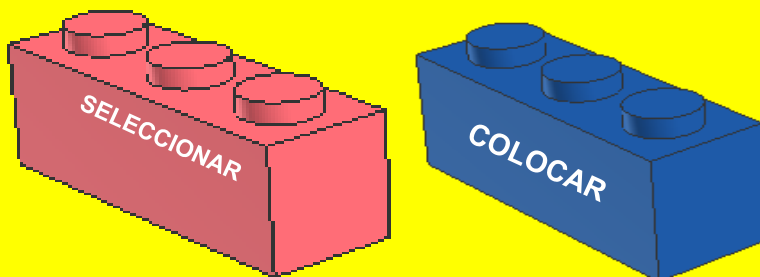


Figura 4. Tarjeta GamePlay 4

Descripción:

El avatar deberá desarrollar las tareas para obtener una aproximación a los problemas de tipo ill-defined para seguir con el siguiente nivel dentro del juego serio en el Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

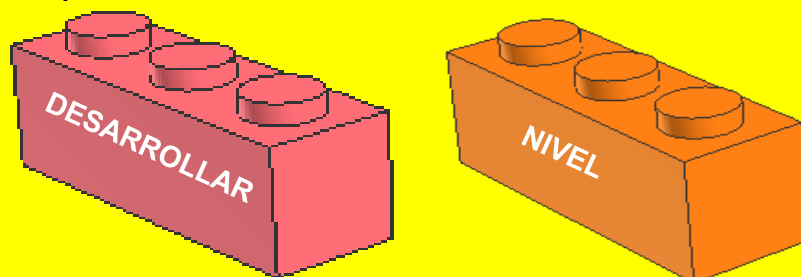


Figura 5. Tarjeta GamePlay 5

Descripción:

El avatar deberá mover y saltar de izquierda a derecha y de frente hacia atrás de acuerdo con las 3 dimensiones proporcionadas dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

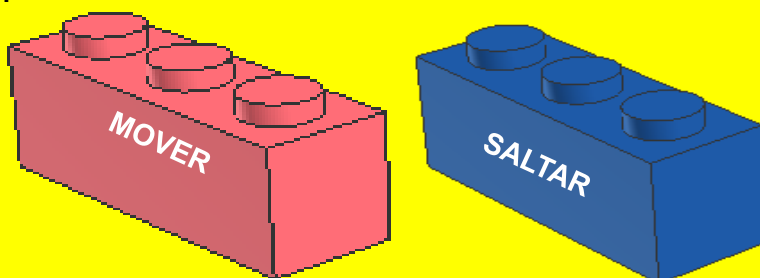


Figura 6. Tarjeta GamePlay 6

Descripción:

El avatar del estudiante tendrá que seleccionar de manera correcta el camino y la secuencia para armar la estructura de red para avanzar a las siguientes tareas y niveles.

Bloques Seleccionados:

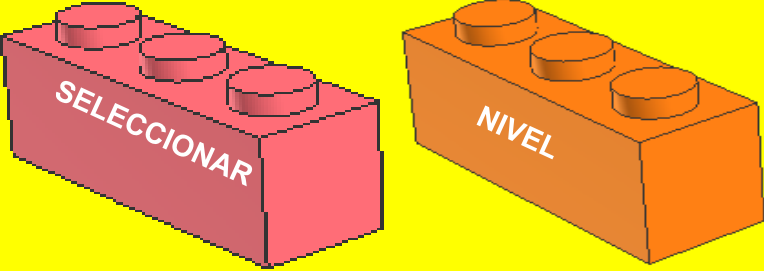


Figura 7. Tarjeta GamePlay 7

Descripción:

El avatar deberá mover y seleccionar de manera correcta el orden de los pares trenzados que conforman el cable UTP para completar la única tarea de tipo bien definida.

Bloques Seleccionados:

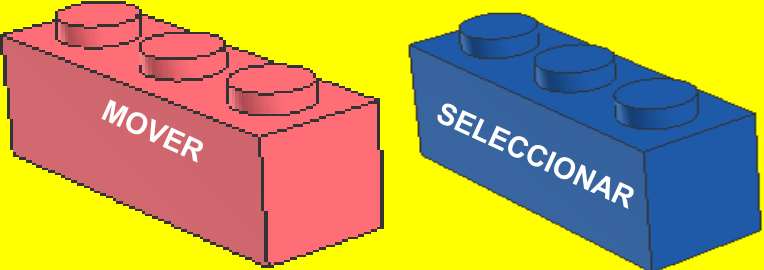


Figura 8. Tarjeta GamePlay 8

Descripción:

El avatar del estudiante deberá seleccionar de manera correcta los laboratorios que van a ser utilizados para realizar las tareas de armar la infraestructura de red dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

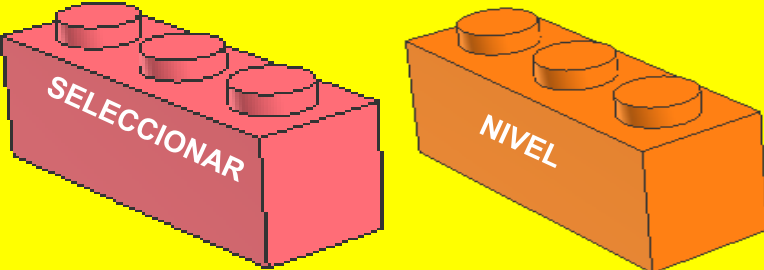


Figura 9. Tarjeta GamePlay 9

Descripción:

El avatar del estudiante deberá seleccionar de manera correcta el número de puntos de red de cada uno de los laboratorios que van a ser utilizados para realizar las tareas de armar la infraestructura de red dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

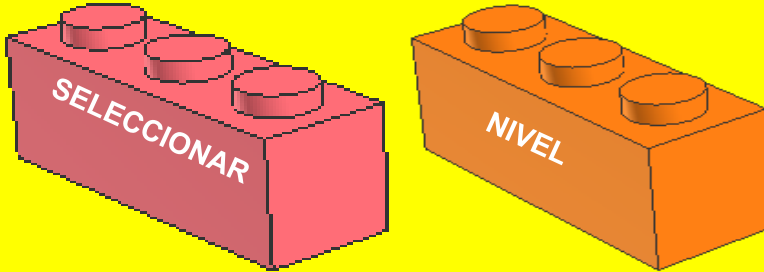


Figura 10. Tarjeta GamePlay 10

Descripción:

El avatar del estudiante deberá seleccionar el espacio correcto de los disponibles para armar el datacenter del edificio de la facultad, que va a ser utilizado para realizar las tareas de armar la infraestructura de red dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.

Bloques Seleccionados:

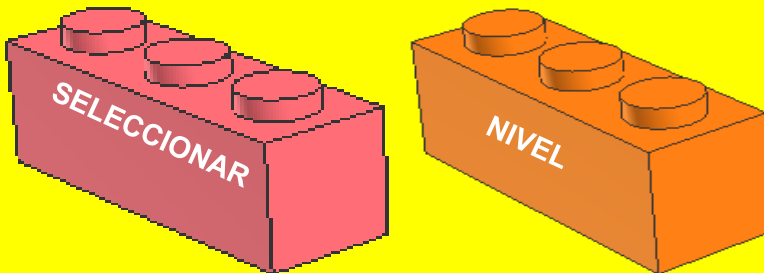


Figura 11. Tarjeta GamePlay 11

Descripción:

El avatar del estudiante , luego de completar cada uno de los niveles, podrá ingresar al modo libre, como una forma de desbloqueo total del juego, en donde podrá realizar cualquier tarea propuesta en el edificio de la facultad.

Bloques Seleccionados:

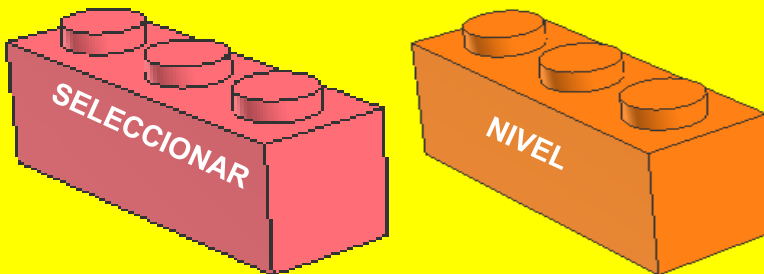


Figura 10. Tarjeta GamePlay 12

ACTIVIDAD IDENTIFICACIÓN GÉNERO

GENERO	VOTACIÓN
RAZONAMIENTO	5
AVENTURA	1
ESTRATEGIA	2

ACTIVIDAD TÉRMINOS CLAVE

Término Clave: 1
Problemas ill-defined

Término Clave: 2
Problemas bien definidos

Término Clave: 3
Niveles

Término Clave: 4
Asistencia automatizada

Término Clave: 5
Motivación

Término Clave: 6
Tutor Inteligente

Término Clave: 7
Selección objetos

Término Clave: 8
Ponchado

Término Clave: 9
Cable UTP

Término Clave: 10
Conector RJ-45

FASE 5: REFINAMIENTO

ACTIVIDAD REFINAMIENTO DE IDEAS

Pregunta Propósitos	¿Las ideas tienen ambigüedad?	¿El requerimiento es factible en los recurso, a pesar de las limitaciones del sistema de apoyo por costo, tiempo, logro, entre otros que se le propone? ¿El requerimiento parece diferenciable de otros?	¿El requerimiento es correcto representa la necesidad real del usuario/usuario?	¿El requerimiento es apropiado para ser resuelto por el usuario/usuario?	¿El requerimiento es verificable cómo se va a medir el éxito de la solución?	¿El requerimiento es completo describe la necesidad de diseño de manera exhaustiva?	¿El requerimiento es necesario, ¿cómo se va a medir la necesidad, para el usuario/usuario?	¿El requerimiento satisface una necesidad específica, es singular, ¿puede haber otros requerimientos?	¿El requerimiento cumple con los requisitos de seguridad?	¿El requerimiento es consistente con otros requisitos de seguridad?	¿El requerimiento puede ser modificado sin afectar la funcionalidad del sistema?	¿El requerimiento es razonable en términos de costo y tiempo?
101-01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-04	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
101-05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-07	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-09	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101-50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ACTIVIDAD REFINAMIENTO GAMEPLAY

Preguntas															
	La lógica gameplay (solo) o el QUILTS gameplay es completa, respetando el formato?	¿Existe sinergia entre la lógica gameplay con la funcionalidad/objetivos? ¿Existe consistencia en el aprendizaje? ¿Es apropiado?	¿La lógica gameplay es adecuada para la funcionalidad/objetivos? ¿Existe consistencia en el aprendizaje? ¿Es correcta?	¿La lógica gameplay es necesaria que sea implementada?	¿El gameplay es verificable?	¿Es factible realizar esta actividad en la plataforma seleccionada? ¿Se va a desarrollar?	¿La lógica gameplay cumple el desafío para ser implementada, es ambigua?	¿La lógica gameplay puede ser modificada, sin alterar la estructura?	¿La lógica gameplay no se puede dividir en otras funcionalidades o singular?	¿La lógica gameplay mantiene su trazabilidad? ¿Puede ser participativa del alumno?	¿La lógica gameplay es consistente con el diseño inicial propuesto del juego?	¿La lógica gameplay está conforme al diseño inicial propuesto del juego?			
TG01	El actor deberá estar participando en la actividad o a él mismo, cuando este sea deshabilitado para desarrollar el contenido.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG02	El actor deberá mover y posicionarse para interactuar y trasladarse dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG03	El actor deberá conocer y mover los niveles para interactuar con los elementos virtuales, seleccionados dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG04	El actor deberá seleccionar y conocer los diferentes objetos que se le presenten a través del movimiento para interactuar en el entorno virtual de aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG05	El actor deberá descubrir los niveles para conocer sus características y los atributos de los elementos virtuales que se encuentran dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG06	El actor deberá mover y utilizar los elementos virtuales y de interfaz para interactuar con los elementos virtuales que se encuentran dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG07	El actor del estudiante tendrá que seleccionar de manera correcta el camino y el momento para superar la estructura de niveles y niveles.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	5
TG08	El actor deberá mover y seleccionar de manera correcta al orden de los puntos para completar la lista de items de la actividad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG09	El actor en cualquier momento seleccionará de manera correcta los laboratorios que van a ser utilizados para interactuar con los elementos virtuales dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	16
TG10	El actor de estudiante deberá seleccionar de manera correcta el momento de interacción de los elementos que van a ser utilizados para interactuar con los elementos virtuales dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6
TG11	El actor de estudiante deberá seleccionar el espacio correcto de los elementos para interactuar con los elementos virtuales de la actividad, que van a ser utilizados para interactuar con los elementos virtuales dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
TG12	El actor del estudiante, luego de completar cada uno de los niveles, podrá interactuar con los elementos virtuales de los laboratorios para interactuar con los elementos virtuales dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje en tres dimensiones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32

ACTIVIDAD DEFINICIÓN HISTORIAS EPICAS

HISTORIAS DE USUARIO	
Identificador: CL 001	Rol: Jugador
Título Historia: Desarrollar Habilidades Cognitivas	
Prioridad: Alta	
Descripción: Yo, como jugador, requiero una funcionalidad que me permita mejorar mis habilidades cognitivas en Cableado Estructurado, para ello necesito aplicar la teoría en un ambiente en 3 dimensiones que sea en un entorno, lo más realista posible.	
Conversación: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario abre el juego serio y procede a registrarse si es un usuario nuevo. • Si ya tiene una cuenta de usuario, procede a iniciar sesión con sus respectivas credenciales. • El usuario inicia con una tarea que resuelve un problema de tipo bien definido, sobre la normativa 568-A y 568-B para cablear el conector. • El juego valida la elección del orden de los cables y le proporciona retroalimentación. • Las escenas contienen animaciones con los respectivos mensajes del tutor inteligente automatizado que son atractivas y estimulantes. 	
Post-Its: <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; padding: 10px;"> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 1.4</p> <p style="text-align: center;">Normativa Básica de Cableado Estructurado</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 2.5</p> <p style="text-align: center;">Considerar una tarea de un problema de tipo bien definido para que el estudiante contraste mejor los 2 tipos de problemas</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 3.3</p> <p style="text-align: center;">Incorporar un ambiente en 3 dimensiones, objetos y avatares llamativos para captar la atención de los estudiantes.</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 4.1</p> <p style="text-align: center;">La interfaz debe ser sencilla e intuitiva para la utilización de los estudiantes universitarios.</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 4.4</p> <p style="text-align: center;">Brindar retroalimentación positiva o negativa según corresponda</p> </div> </div>	

Gameplay:

- Los estudiantes tienen que conocer la normativa 568-A y 568-B para conocer el orden para el cableado del conector con el cable UTP.
- El estudiante puede seleccionar y relacionar el orden de los pares trenzados del cable UTP con la normativa de Cableado Estructurado.

HISTORIAS DE USUARIO	
Identificador: CL 002	Rol: Jugador
Título Historia: Progresar y alcanzar logros	
Prioridad: Alta	
Descripción: Yo, como jugador, requiero una funcionalidad que me permita medir mi progreso y logros a medida que voy avanzando en el juego. Esto me motivará a seguir explorando, aprendiendo y completando desafíos.	
Conversación: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario jugará y completará niveles en diferentes mundos. • El juego mostrará el progreso en el desarrollo de las tareas planteadas, tanto la primera tarea de tipo bien definida como las tareas de tipo ill-defined. • El usuario irá avanzando en niveles al completar las diferentes tareas planteadas en el mundo virtual. • El sistema desbloqueará los siguientes niveles superiores cuando el usuario alcance hitos significativos. 	
Post-Its: <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; padding: 10px;"> <div style="width: 50%; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; background-color: #f9cb9c; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 1.2</p> <p>El juego debe ser accesible a los estudiantes universitarios en función de su conocimiento sobre Cableado Estructurado</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; background-color: #f9cb9c; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 2.2</p> <p>Promover el desarrollo cognitivo y destrezas para la solución de problemas de tipo ill-defined con la temática de Cableado</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; background-color: #f9cb9c; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 2.5</p> <p>Ayudar a los estudiantes a identificar, diferenciar y asociar las tareas que resuelven problemas de tipo ill-defined</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; background-color: #f9cb9c; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">ID 3.1</p> <p>Pasar cada uno de los niveles con el cumplimiento de las tareas asignadas para poner en práctica los conocimientos en la temática de Cableado Estructurado.</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; background-color: #f9cb9c;"> <p style="text-align: center;">ID 3.2</p> <p>. El juego en 3 dimensiones debe tener niveles de dificultad creciente dependiendo de la tarea a desarrollar por el estudiante.</p> </div> </div>	
Gameplay: <ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes tendrán que seleccionar de manera correcta los retos para avanzar a los siguientes niveles. • El jugador recolectará completará la tarea planteada en cada nivel, para desbloquear el siguiente nivel 	

HISTORIAS DE USUARIO	
Identificador: CL 003	Rol: Jugador
Título Historia: Fortalecer el Aprendizaje Autónomo	
Prioridad: Alta	
Descripción: Yo, como jugador, requiero una funcionalidad que me permita practicar y mejorar mi conocimiento en Cableado Estructurado de manera autónoma. Esto me ayudará a consolidar mis destrezas y la manera como aplicar los conocimientos sobre la temática.	
Conversación: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario abre el juego serio y procede a registrarse si es un usuario nuevo. • Si ya tiene una cuenta de usuario, procede a iniciar sesión con sus respectivas credenciales. • El juego presente una serie de tareas que resuelven problemas de tipo bien definidos y buscan una aproximación aceptable para problemas de tipo ill-defined de la temática de Cableado Estructurado. • El usuario realiza las actividades de práctica y recibo soporte por parte del tutor inteligente automatizado, sobre su desempeño. 	
Post-Its: <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; padding: 10px;"> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 1.1</p> <p>Utilizar el juego para realizar las prácticas correspondientes a Cableado Estructurado, para obtener una retroalimentación.</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 1.3</p> <p>Se requiere la aplicación de los conocimientos teóricos de Cableado Estructurado</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 2.3</p> <p>Los estudiantes practican la resolución de problemas de tipo ill-defined en clase y se les envía la tarea sobre la parte teórica</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 2.4</p> <p>Ayudar a los estudiantes a resolver problemas de tipo ill-defined con el soporte de un tutor inteligente automatizado</p> </div> <div style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ID 2.6</p> <p>Generar curiosidad y entusiasmo por el conocimiento para aproximar a una resolución de problemas de tipo ill-defined a través de un juego educativo atractivo diseñado en un Ambiente Virtual de Aprendizaje en 3D. para reforzar la práctica de la clase.</p> </div> </div>	
Gameplay:	

- Se presenta la tarea para problema bien definido en desorden de los pares trenzados que conforman el cable UTP para que el estudiante deba moverla a una secuencia correcta para cumplir la normativa 568-A o 568-B.
- En las tareas que buscan una aproximación aceptable para problemas de tipo ill-defined el estudiante debe desarrollar las tareas planteadas de acuerdo a la ayuda y soporte del tutor inteligente automatizado.

HISTORIAS DE USUARIO	
Identificador: CL 004	Rol: Jugador
Título Historia: Mantener el Interés y la Motivación	
Prioridad: Alta	
Descripción: Yo, como jugador, requiero mecanismos de juego que mantengan el interés y motivación lo largo del juego. Esto asegurará que siga explorando, aprendiendo y disfrutando del juego.	
Conversación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El usuario abre el juego serio y procede a registrarse si es un usuario nuevo. • Si ya tiene una cuenta de usuario, procede a iniciar sesión con sus respectivas credenciales. • El juego presente una serie de tareas(desafíos) que resuelven problemas de tipo bien definidos y buscan una aproximación aceptable para problemas de tipo ill-defined de la temática de Cableado Estructurado, los mismos que deben ser progresivos y visualmente atractivos. • El usuario disfruta de las actividades y completa los desafíos. • El juego ofrece recompensas y logros a lo largo del juego. • Los desafíos del juego aumentan gradualmente en dificultad 	
Post-Its:	
<p>ID 3.4</p> <p>Incluir asistencia tanto visual como en texto a través del tutor automatizado recompensas y logros para hacer el aprendizaje más entretenido.</p>	<p>ID 4.1</p> <p>La interfaz debe ser sencilla e intuitiva para la utilización de los estudiantes universitarios.</p>
<p>ID 4.2</p> <p>Proporcionar ayudas tanto en modo gráfico como en modo texto a través del tutor inteligente automatizado para obtener una solución aproximada a problemas de tipo ill-defined.</p>	<p>ID 4.3</p> <p>Considerar un tutor inteligente automatizado para guiar, explicar y supervisar las tareas de tipo ill-defined de forma comprensible.</p>
<p>ID 4.4</p> <p>Brindar retroalimentación positiva o negativa según corresponda</p>	

Gameplay:

- El jugador cumplirá las tareas en cada nivel, dependiendo de su rendimiento en la tarea planteada.
- El jugador tendrá el soporte del tutor inteligente automatizado para desarrollar las tareas planteadas.
- El personaje principal se moverá en las tres dimensiones disponibles en el entorno virtual.
- Los estudiantes tendrán que desarrollar de manera correcta los retos para avanzar a los siguientes niveles.

ANEXO 2: Aplicación de la Metodología para Sistemas Multiagente MASINA

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	i
FASE I: Conceptualización.....	ii
FASE II Análisis	iii
2.1. Modelo de Tareas.....	iii
2.2. Modelo de Coordinación.....	ix
2.3. Modelo de Comunicación	x
FASE III Diseño	xi
FASE IV Codificación y Pruebas.....	xvii
4.1. Agente de Tutoría.....	xvii
4.2. Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones.....	xix
4.3. Agente de Eventos	xxiv
4.4. Agente Experto.....	xxiv
4.5. Agente de Tutor Virtual.....	xxv
4.6. Agente de Mundo	xxv
4.7. Agente de Trayectoria	xxvi
4.8. Agente de Percepción	xxvii
4.9. Agente de Modelado del Estudiante	xxviii
4.10. Agente de Comunicación Global	xxviii
4.11. Agente de Comunicación con el Estudiante	xxix
FASE V Integración y Pruebas.....	xxx
5.1. Implementación de un Web Service	xxx
5.1.1. Pre-requisitos:	xxx
5.2. Despliegue de Componentes: Servidor	xxx
5.3. Despliegue de Componentes: Cliente	xxxiv
FASE VI Operación y Mantenimiento.....	xxxix
6.1. Caso I: Con un laboratorio de 3 puntos de red	xl
6.2. Caso II: Con dos laboratorios de 3 y 4 puntos de red	xlvi
6.3. Caso III: Con tres laboratorios de 3,4 y 5 puntos de red	xlviii

FASE I: Conceptualización

Para llevar a cabo el desarrollo de un Sistema Multiagente (SMA) destinado a la tutoría inteligente, enfocada en facilitar la orientación en tareas asociadas a la resolución de problemas mal definidos, es necesario incorporar ciertos agentes especializados. Cada uno de estos agentes tendrá funciones específicas que, en conjunto, buscan alcanzar el objetivo principal de implementar una tutoría eficaz para abordar este tipo de problemas.

Historia de Usuario	
Agentes	Descripción
Agente de Comunicación	Tiene como objetivo la comunicación entre el entorno virtual y el SMA de Tutoría Inteligente.
Agente de Comunicación con el Estudiante	Este agente se debe encargarse de la comunicación entre los estudiantes y el SMA de Tutoría Inteligente.
Agente de Tutor Virtual	Este agente se asigna a cada avatar del estudiante para controlar la representación gráfica y virtual.
Agente Experto	Posee la información de las acciones que puede y no puede realizar el estudiante durante el proceso de tutoría.
Agente de Mundo	Debe poseer la información geométrica y semántica de los objetos 3D
Agente de Trayectoria	Detecta las acciones que el avatar del estudiante ejecuta para solicitar la mejor trayectoria en función de la solución proporcionada por el agente de múltiples soluciones
Agente de Modelado del Estudiante	Guarda todas las acciones realizadas por el avatar de cada estudiante
Agente de Percepción	Genera las capacidades perceptuales que son asignadas al agente de tutor virtual para obtener información de lo que sucede con las posiciones del avatar y los objetos 3D en el VLE.
Agente de Tutoría	Propone actividades al avatar del estudiante dependiendo de la tarea a desarrollar.
Agente de Eventos	Encargado de la interacción directa con el avatar del estudiante y las soluciones propuestas.
Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones	Encargado de generar y evaluar múltiples soluciones para guiar al avatar en la resolución de tareas de tipo ill-defined.

Tabla 1.1 Fase I: Conceptualización SMA

FASE II Análisis

En la fase actual de la metodología MASINA, se introduce el modelo que detalla las especificaciones para la comunicación y coordinación entre los diversos agentes que conforman el SMA Inteligente de Tutoría. Este modelo es crucial para garantizar la eficiencia y efectividad de la interacción dentro del sistema, posibilitando así una colaboración armónica entre los agentes implicados.

2.1. Modelo de Tareas

En la Tabla 2.1 se detallan las tareas cruciales que debe llevar a cabo el SMA Inteligente de Tutoría, con el fin de guiar en la realización de tareas que conduzcan hacia una solución para problemas ill-defined. Se puede observar que, entre las diversas funciones identificadas, el servicio principal que ofrece el sistema es la tutoría, enfatizando su importancia y centralidad en el proceso de asistencia y orientación.

Servicios - Tareas	
SMA Inteligente de Tutoría Tareas	Descripción
Servicio de Tutoría	<p>T1. Determinar la ubicación de forma continua del avatar del estudiante.</p> <p>T2. Determinar la posición de los objetos presentes en el SMA.</p> <p>T3. Presentar los diferentes niveles para el desarrollo de las tareas que tiene realizar el avatar del estudiante.</p> <p>T4. Determinar el nivel que se encuentra el avatar del estudiante.</p> <p>T5. Seleccionar un objeto del inventario para ser colocado en el SMA.</p> <p>T6. Presentar los respectivos mensajes de texto del tutor inteligente a través de la respectiva interfaz.</p> <p>T7. Presentar la tutoría de forma gráfica para el usuario a través de la respectiva interfaz.</p> <p>T8. Monitorear de manera constante los eventos, movimientos y ubicación del avatar del estudiante.</p> <p>T9. Realizar una constante actualización de los eventos realizados por parte del avatar del estudiante.</p> <p>T10. Detectar eventos erróneos de acuerdo con las tareas que debe realizar el avatar del estudiante.</p>

Tabla 2.1. Relación Servicio-Tareas SMA Inteligente de Tutoría

Una vez que las tareas han sido identificadas y detalladas en la tabla de Relación-Servicio del Sistema Multiagente (SMA) de Tutoría Inteligente, el siguiente paso implica la definición precisa de cada una de estas tareas. Este proceso se lleva a cabo mediante la Tabla 2.2.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T1. Determinar la ubicación de forma continua del avatar del estudiante.
Objetivo	El Agente de Tutoría debe tener información de forma continua sobre la ubicación del avatar del estudiante en el escenario del SMA
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Mundo para determinar la ubicación dentro del SMA del Avatar del estudiante
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Mundo Determinar los movimientos del avatar del estudiante mediante el Agente de Eventos Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información de la ubicación al agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de la ubicación del avatar del estudiante en el SMA
Usuariold	Identificador del Usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de coordenadas de la ubicación del avatar del usuario en el SMA.

Tabla 2.2. Modelo de Tarea T1.

En la Tabla 2.3. se determina el modelo tareas correspondiente a la tarea 'T2. Determinar la posición de los objetos dentro del SMA'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T2. Determinar la posición de los objetos presentes en el SMA.
Objetivo	El Agente de Tutoría debe tener información de forma continua sobre la ubicación de los objetos 3D presentes en el escenario del SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Mundo para determinar la ubicación dentro del SMA de los objetos presentes.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Mundo Determinar la posición de los objetos durante los movimientos del avatar del estudiante mediante el Agente de Eventos Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información de la ubicación al Agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de la ubicación del objeto 3D en el SMA
Usuariold	Identificador del objeto 3D
Rango	Rango de coordenadas de la ubicación objeto 3D en el SMA.

Tabla 2.3. Modelo de Tarea T2

En la Tabla 2.4 se expone el modelo la tarea 'T3. Presentar los distintos niveles para el desarrollo de las tareas asignadas al avatar del estudiante'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T3. Presentar los diferentes niveles para el desarrollo de las tareas que tiene realizar el avatar del estudiante
Objetivo	El Agente de Trayectoria contiene la información sobre los diferentes niveles que el avatar del estudiante tiene que desarrollar las tareas en el SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Trayectoria para que se presenten de manera organizada cada uno de los niveles disponibles en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Trayectoria Determinar los niveles disponibles en el SMA. Determinar los niveles alcanzados por el avatar del estudiante en el SMA. Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información al Agente de Comunicación Global Enviar la información de los niveles al Agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de los niveles presentes en el SMA
Usuariold	Identificador de usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificador de los niveles que pueden ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 2.4. Modelo de Tarea T3.

En la Tabla 2.5 se expone el modelo de la tarea 'T4. Determinar el nivel en el que se encuentra el avatar del estudiante'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T4. Determinar el nivel que se encuentra el avatar del estudiante.
Objetivo	El Agente de Trayectoria contiene la información sobre el nivel en el que el avatar del estudiante está desarrollando la tarea actual en el SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Trayectoria para determinar el nivel actual en el que el avatar del estudiante está desarrollando la tarea actual en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe desarrollar las taras del nivel anterior para encontrarse en el nivel deseado, si es el primer nivel entonces el estudiante debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Trayectoria Determinar los niveles alcanzados por el avatar del estudiante Enviar la información de los niveles al Agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador del nivel actual que se encuentra el avatar en el SMA
Usuariold	Identificador de usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificador de los niveles que pueden ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 2.5. Modelo de Tarea T4

En la Tabla 2.6 se proporciona la representación detallada el modelo de la tarea 'T5. Seleccionar un objeto del inventario para ser ubicado en el SMA'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T5. Seleccionar un objeto del inventario para ser colocado en el SMA.
Objetivo	El Agente de Mundo contiene la información sobre los objetos presentes en el inventario y que pueden ser utilizado en el SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Mundo para determinar los objetos disponibles en el inventario para ser utilizados en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe encontrarse en el segundo nivel de interacción del SMA para realizar las tareas de tipo ill-defined para que pueda acceder a los objetos presentes en el inventario.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Mundo Determinar la posición de los objetos disponibles en el inventario Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información de la ubicación al Agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de los objetos 3D presentes en el inventario
Usuariold	Identificador del objeto 3D
Rango	Rango de identificador de los objetos que pueden ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 2.6. Modelo de Tarea T5

La Tabla 2.7 presenta el modelo de la tarea 'T6. Presentar los respectivos mensajes de texto del tutor inteligente a través de la respectiva interfaz'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T6. Presentar los respectivos mensajes de texto del tutor inteligente a través de la respectiva interfaz.
Objetivo	El Agente de Tutor Virtual asignado para controlar los mensajes de tutoría determinados por el Agente Experto, el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones y el Agente de Tutoría para el estudiante.
Descripción	Controla los mensajes de texto que son generados por el Agente de Tutor Virtual, para el avatar del estudiante con una tutoría adecuada, para cada usuario en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe iniciar con el primer nivel del SMA para desarrollar las tareas planteadas y de así manera iniciar la interacción del tutor virtual del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Tutor Virtual Solicitar la tutoría adecuada a los Agentes: Experto, Evaluación de Múltiples Soluciones y Tutoría Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador del mensaje de texto que se presenta al avatar.
Usuariold	Identificador de usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificador de la tutoría en formato mensaje de texto que pueden ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 2.7. Modelo de Tarea T6.

Se detalla en la Tabla 2.8 el modelo de la tarea ‘T7. Presentar la tutoría de forma gráfica para el usuario a través de la respectiva interfaz’.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T7. Presentar la tutoría de forma gráfica para el usuario a través de la respectiva interfaz.
Objetivo	El Agente de Tutor Virtual asignado para controlar la tutoría de forma gráfica determinada por el Agente Experto, el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones y el Agente de Tutoría para el estudiante.
Descripción	Controla la tutoría gráfica que se genera por el Agente de Tutor Virtual, para el avatar del estudiante con una tutoría adecuada, para cada usuario en el SMA.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe iniciar con el primer nivel del SMA para desarrollar las tareas planteadas y de así manera iniciar la interacción del tutor virtual del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Tutor Virtual Solicitar la tutoría adecuada a los Agentes: Experto, Evaluación de Múltiples Soluciones y Tutoría Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de la tutoría gráfica que se presenta al avatar.
Usuariold	Identificador de usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificador de la tutoría gráfica, puede ser de tipo numérico o alfanumérico.

Tabla 2.8. Modelo de Tarea T7.

La descripción de la Tabla 2.9 corresponde al modelo de la tarea ‘T8. Monitorear de manera constante los eventos, movimientos y ubicación del avatar del estudiante’.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T8. Monitorear de manera constante los eventos, movimientos y ubicación del avatar del estudiante.
Objetivo	El Agente de Tutoría debe tener información de forma continua sobre los eventos, movimientos y la ubicación del avatar del estudiante en el escenario del SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Mundo para determinar los eventos, movimientos y ubicación por parte del Avatar.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Mundo Determinar los eventos, movimientos y ubicación del avatar del estudiante mediante el Agente de Eventos Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información de la ubicación al agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de los eventos, movimientos y ubicación del avatar del estudiante en el EVA3D
Usuariold	Identificador del Usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificación de los eventos, movimientos y ubicación del avatar en el SMA.

Tabla 2.9. Modelo de Tarea T8.

A continuación en la Tabla 2.10 se detalla el modelo de la tarea 'T9. Realizar una constante actualización de los eventos realizados por parte del avatar del estudiante'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T9. Realizar una constante actualización de los eventos realizados por parte del avatar del estudiante.
Objetivo	El Agente de Tutoría debe actualizar la información de forma continua sobre los eventos realizados por el avatar del estudiante en el escenario del SMA.
Descripción	Realiza la respectiva consulta al Agente de Mundo para determinar los eventos realizados por parte del Avatar.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agente del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Mundo Determinar los eventos realizados del avatar del estudiante mediante el Agente de Eventos Enviar la información al Agente de Comunicación con el Estudiante Enviar la información de la ubicación al agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de los eventos realizados por parte del avatar del estudiante en el SMA
Usuariold	Identificador del Usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificación de los eventos del avatar en el SMA.

Tabla 2.10. Modelo de Tarea T9.

A continuación en la Tabla 2.11, se presenta el modelo de la tarea 'T10. Detectar eventos erróneos de acuerdo con las tareas que debe realizar el avatar del estudiante'.

Realizar la Tutoría Inteligente	
Nombre	T10. Detectar eventos erróneos de acuerdo con las tareas que debe realizar el avatar del estudiante.
Objetivo	El Agente de Tutoría debe detectar eventos erróneos realizados por el avatar del estudiante y enviar la información al Agente de Tutoría del SMA.
Descripción	El Agente de Eventos detecta un evento erróneo y envía la información al Agente de Tutoría.
Servicios asociados	Servicio de Tutoría
Pre-condición	El usuario de tipo estudiante, debe autenticarse de manera correcta para que inicie la interacción con los agentes del SMA.
Sub-tareas	Realizar consulta al Agente de Eventos Determinar los eventos erróneos realizados por el avatar del estudiante mediante el Agente de Eventos Enviar la información al Agente de Tutoría Enviar la información de la ubicación al Agente de Tutor Virtual
Componentes – Nombre de la Tarea	
Datold	Identificador de los eventos erróneos realizados por parte del avatar del estudiante en el SMA
Usuariold	Identificador del Usuario de tipo estudiante
Rango	Rango de identificación de los eventos erróneos del avatar en el SMA.

Tabla 2.11. Modelo de Tarea T10

2.2. Modelo de Coordinación

En base al propósito y los servicios ofrecidos por el Sistema Multiagente (SMA) Inteligente de Tutoría, se establece una comunicación en forma de conversación que permite todas las interacciones requeridas para alcanzar los objetivos establecidos. En la tabla 2.12 se detalla la conversación definida específicamente para el SMA Inteligente de Tutoría, la cual facilita la interacción fluida y efectiva entre los distintos agentes y usuarios involucrados en el proceso de tutoría inteligente.

Conversación	
Objetivo	Determinar la tutoría adecuado para el avatar del estudiante de acuerdo con la tarea que debe realizar el estudiante, dependiendo del nivel donde se encuentra para que el SMA Inteligente de Tutoría pueda generar la tutoría para el estudiante.
Agentes Participantes	Agente de Comunicación Global, Agente de Comunicación con el estudiante, Agente de Tutor Virtual, Agente de Mundo, Agente Experto, Agente de Eventos, Agente de Trayectoria, Agente de Tutoría, Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones, Agente de Percepción y Agente de Modelado del Estudiante.
Iniciador	Cualquiera de los agentes autorizados del sistema
Actos de habla	Iniciar con el cada nivel propuesto en el SMA Inteligente de Tutoría Determinar eventos del avatar del estudiante Visualizar tutoría en modo texto a través de la interfaz gráfica Visualizar tutoría en modo gráfico a través de la interfaz gráfica
Pre-condición	Usuario de tipo estudiante se debe autenticar de manera correcta al SMA Inteligente de Tutoría para inicial con el nivel 1, en donde se detectará la primera interacción por parte del Agente de Eventos y empezar la tutoría inteligente.
Condición de terminación	Notificación al avatar del estudiante mediante el respectivo Agente de Comunicación Global y el Agente de Comunicación con el estudiante sobre el cumplimiento de las tareas propuestas para el entrenamiento en tareas que aproximen a una solución para problemas de tipo ill-defined.
Descripción	Mediante esta conversación, al Agente de Eventos inicia la conversación que permite al Agente de Tutoría interactuar con el resto de agentes involucrados para la eficiente y eficaz entrega del servicio inteligente de tutoría que el SMA brinda mediante la interfaz de usuario que se seleccione.

Tabla 2.12. Relación Servicio-Tareas SMA Inteligente de Tutoría

Los elementos presentados en la Tabla 2.1 pueden variar y no son fijos, ya que dependen de las funcionalidades específicas asignadas a cada agente dentro del SMA Inteligente de Tutoría. Pueden incluir elementos relacionados con la configuración individual de cada estudiante si se permite modificar dicha configuración para adaptarse a las necesidades y preferencias de cada usuario.

2.3. Modelo de Comunicación

Con el propósito de ilustrar los actos de comunicación o los actos de habla, en la tabla 2.13 se determina uno de los actos de habla utilizado en la conversación definida en el modelo de coordinación.

Acto de Habla Guiar Tareas de tipo ill-defined	
Nombre	Guía de tareas
Tipo	Tutoría Inteligente en tareas mal definidas
Objetivo	Guiar en tareas de tipo ill-defined para que el estudiante mediante el avatar desarrolle las respectivas tareas.
Agentes participantes	Agente de Comunicación Global, Agente de Comunicación con el estudiante, Agente de Tutor Virtual, Agente de Mundo, Agente Experto, Agente de Eventos, Agente de Trayectoria, Agente de Tutoría, Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones, Agente de Percepción y Agente de Modelado del Estudiante.
Iniciador	Agente de Comunicación Global y Agente de comunicación con el estudiante.
Datos intercambiados	Datos de entrada: Credenciales de usuario registrado en el módulo de autenticación Datos de salida: Mensajes de tutoría en modo texto y tutoría en modo gráfico.
Precondición	Existencia de comunicación entre los agentes determinados del SMA.
Condición de terminación	Desarrollo de las diferentes tareas planteadas en los 5 niveles de guía de tareas determinadas.
Conversaciones	Solicitud de inicio de tutorías desde el primer nivel planteado en el SMA.
Descripción	El Agente de Tutoría envía los respectivos mensajes de comunicación a los diferentes agentes con los que trabaja para cumplir el objetivo de desarrollar tutoría inteligente mediante la guía de tareas de tipo ill-defined.

Tabla 2.13. Modelo de Comunicación SMA Inteligente de Tutoría

FASE III Diseño

En la Fase III de Diseño, se recopila la información presentada en las tablas obtenidas durante la fase de diseño, la cual representa la especificación detallada para la implementación del Agente de Tutoría.

Las Tablas 3.1 y 3.2 exhiben la especificación básica y formal para el conjunto de clases y tipos de datos abstractos del SMA.

Por último, la Tabla 3.3 proporciona una descripción pormenorizada de los métodos más significativos que se utilizarán en el desarrollo e implementación del sistema.

Agente de Tutoría SMA
<p><i>planificación</i>: Planificación <i>experto</i>: Experto <i>trayectoria</i>: Trayectoria <i>actividadActual</i>: Actividad <i>validadores</i>: Lista de Validador</p>
<p>Inicializar(planificación, experto): ProponerActividades(estudiante): ValidarAcción(accion): Validador de cableado Clase CableadoValidador extiende de Validador: Inicializar(puntosDeRed, NumeroDeLaboratorio, numeroDePiso): ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, <i>salida</i> mensaje, <i>salida</i> camino): CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed): Clase ValidadorSolucionLaboratorio extiende de Validador: Validador: <i>_indiceNodoActual</i>: Entero Inicializar(mejorSolucion): ValidarNodoColocado(nuevoNodo, <i>salida</i> siguienteNodo): CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, <i>salida</i> siguienteNodo): Clase ValidadorRackDatacenter extiende de Validador: Inicializar(SolucionRackDatacenter solucionRackDatacenter): ValidarRackColocado(nuevoNodo, <i>salida</i> siguienteRack):</p>

Tabla 3.1. Universo de Clases del SMA Inteligente de Tutoría

30 de Mayo de 2023		Versión 1.0
Agente de Tutoría SMA {Colección de clases y TDAs requeridas para implantar el Agente de Tutoría de SMA}		
Especificación de Atributos:		
1	planificacion: Planificacion	Planificación: Clase perteneciente al Agente de Trayectoria, para determinar las acciones que el estudiante debe ejecutar.
2	experto: Experto	Experto: Clase relacionada al Agente Experto, que es el Agente que posee información de las acciones que debe y no debe realizar el avatar del estudiante
3	trayectoria: Trayectoria	Conjuntamente al Agente de Trayectoria debe detectar la siguiente acción o ruta que debe tomar el avatar del estudiante.
4	actividadActual: Actividad	ActividadActual: Determina la tarea y las acciones que el avatar del estudiante debe cumplir para desarrollar las tareas planteadas en los diferentes niveles de SMA.
5	validadores: Lista de Validador	Validadores: determina las diferentes soluciones en función del Agente de Múltiples Soluciones para determinar las diferentes rutas por las cuales el avatar del estudiante debe cumplir la ruta.
Especificación Sintáctica		
1	Inicializar(planificación, experto):	Guarda la referencia al Agente de Trayectoria y al Agente Experto, además crea una instancia del Agente de Trayectoria, finalmente carga todos los validadores en función a la selección de laboratorios y puntos de red de cada estudiante.
2	ProponerActividades(estudiante):	En función de un estudiante retorna si la última actividad realizada es la correcta o si debe realizar otra actividad
3	ValidarAcción(accion):	Valida la acción realizada por el estudiante, para ello se utiliza el agente experto y los validadores, en caso de que la actividad deba realizar en otro lugar se hará uso del agente de trayectoria para indicar como llegar a ese lugar.
4	ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino):	Se utiliza para validar el cableado estructurado, recibe el punto de red y el puerto en el que se quiere realizar el cableado, como parámetros de salida se obtiene el mensaje de validación el cual se obtiene si no se cumple una validación y el camino (canaletas y tubos) que conforman la trayectoria que debería tener el cableado.
5	ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo):	Valida que la canaleta o tubo se esté colocando en el nodo correcto, en caso de no se esté colocando correctamente devuelve el nodo en el que debería colocarse.
6	ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack):	Valida que el rack del datacenter se esté colocando correctamente por el estudiante dada la solución obtenida mediante el algoritmo genético

Tabla 3.2. Definición Formal del Agente de Tutoría del SMA

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ProponerActividades(estudiante): {Si la actividad anterior del estudiante la realizó correctamente puede Avanzar a la actividad actual}		
{Pre: Deben ser inicializados los objetos Planificación y Experto }		{Pos: Se debe Validar las acciones del estudiante}
Especificación de Atributos:		
1	ProponerActividades(estudiante): ultimaActividad = planificacion.obtenerUltimaActividadEstudiante(estudiante) mensajeValidacion = planificacion.ValidarActividad(estudiante, ultimaActividad) Si mensajeValidacion = "Actividad actual correcta": sigActividad = planificacion.ObtenerSiguienteActividad(ultimaActividad) Retornar sigActividad SiNo: mensajeError = "Actividad errónea, su actividad actual es " + mensajeValidacion Retornar mensajeError FinSi	ValidarAcción(accion):
2	Crear Agente Tutoría x	
3	Validar acción estudiante	Valida la acción anterior realizada por el estudiante

Tabla 3.3. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 3.4 se muestra el detalle del método 'Validar Acción' del Agente de Tutoría dentro del SMA. Este método específico se encarga de verificar la validez y corrección de las acciones realizadas por el agente de tutoría, asegurando que estas cumplan con los criterios establecidos y contribuyan al cumplimiento de los objetivos de tutoría.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ValidarAccion(accion): {Valida la acción realizada por el estudiante}		
{Pre: Deben ser propuesta las diferentes actividades para el avatar del estudiante }		{Pos: Se debe Validar los objetos presentes en el SMA}
Especificación de Atributos:		
1	ValidarAcción(accion): Si experto.EsAcciónPermitida(accion) = falso: Retornar mensaje de error desde experto FinSi ParaCada validador en validadores hacer: Utilizar validador si pertenece a la actividad actual FinSi Si accion debe realizarse en otro lugar: trayectoria = trayectoria.CalcularTrayectoria(accion.lugarAnterior, accion.lugarDestino) mensaje = "Debe ir a " + accion.lugarDestino + " por " + trayectoria Retornar mensaje	ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino):
2	Crear Agente Tutoría x	
3	Validar acción estudiante	Valida la acción realizada por el estudiante

Tabla 3.4. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 3.5 se detalla el procedimiento del método 'Validar Cableado' del Agente de Tutoría en el SMA. Este método se emplea para verificar la correcta instalación del cableado, tomando como entrada el punto de red y el puerto destinado para la conexión. Como resultado, se genera un mensaje de validación que indica si no se cumple con los criterios requeridos, junto con la descripción de la ruta que debería seguir el cableado, incluyendo canaletas y tubos que conforman su trayectoria.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino): {Valida la acción relacionada con el Cableado Estructurado presente en las actividades del Avatar del estudiante}		
{Pre: Deben ser validada la acción realizada por el estudiante }		{Pos: Se debe Validar la ruta de nodos por donde debe ser la trayectoria}
Especificación de Atributos:		
1	ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino): Si no CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed): mensaje = "El punto de red debe ser" + _puntosDeRed[_puntoDeRedActualIndice] camino = nulo Retornar falso FinSi camino = ObtenerCamino(networkPoint, port) Si camino es nulo: mensaje = "No existe camino para cablear desde el punto de red hasta puerto" Retornar falso FinSi Si algún CanaletasTienenTapa(camino): mensaje = "Todas las canaletas deben estar destapadas" Retornar falso FinSi Si NoHayEspacioEnAlgunCable(camino, salida msg): mensaje = msg Retornar falso FinSi Si el puerto no se encuentra en _numeroDePiso Y _numeroDelLaboratorio mensaje = "El puerto se encuentra en otro laboratorio" Retornar falso FinSi Incrementar _currentNetworkPointIndex Si EsCompleto(): mensaje = "" SiNo: mensaje = "Continue con el laboratorio " + CurrentNetworkPoint.Number Retornar verdadero FinSi	ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
2	Crear Agente Tutoría x	
3	Validar objeto Cableado Estructurado	Valida la acción relacionada con el Cableado Estructurado presente en las actividades del Avatar del estudiante

Tabla 3.5. Especificación formal del método Proponer Actividades del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 3.6 se especifica el propósito del método 'Validar Nodo Colocado' del Agente de Tutoría en el SMA. Este método está diseñado para verificar la correcta colocación de la canaleta o tubo en el nodo correspondiente. En situaciones donde la ubicación no sea adecuada, este método identificará el nodo correcto donde debería realizarse la correcta inserción.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0	
ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo): {Valida la acción relacionada con la canaleta esté en el nodo correcto}			
{Pre: Deben ser validada la acción de colocar la canaleta correctamente por el estudiante}		{Pos: Se debe Validar la posición correcta del Rack}	
Especificación de Atributos:			
1	ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo): Si no _rackColocado Y nuevoNodo es un embudo: Si embudo está en el nodo meta: _rackColocado = verdadero _indiceCaminoActual = 0 siguienteNodo = _mejorSolucion.Caminos[0][1] Retornar verdadero FinSi siguienteNodo = _mejorSolucion.Meta Retornar falso FinSi Si no CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, salida siguienteNodo): Retornar falso FinSi _indiceNodoActual += 2 Si _indiceNodoActual < cantidad de _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual]: Retornar verdadero FinSi _indiceCaminoActual++ _indiceNodoActual = 1 Retornar verdadero		ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack):
2	Crear Agente Tutoría x		
3	Validar objeto Nodo Colocado		Valida la acción relacionada con la colocación de la canaleta en un nodo correcto.

Tabla 3.6. Especificación formal del método Validar Nodo Colocado del Agente de Tutoría del SMA

En la Tabla 3.7, se describe la función del método 'Validar Rack Colocado' en el contexto del Agente de Tutoría del SMA. Este método tiene como objetivo verificar la correcta colocación del rack del datacenter por parte del estudiante, basándose en la solución generada a través del algoritmo genético. Se encarga de validar que el rack haya sido colocado de manera adecuada conforme a la solución obtenida.

30 de Noviembre de 2023		Versión 1.0
ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack): {Valida la acción relacionada con el Rack del Datacenter}		
{Pre: Deben ser validada la acción de colocar un nodo de manera correcta por el estudiante}		{Pos: Agente de Tutoría funcional}
Especificación de Atributos:		
1	ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack): Si nuevoNodo es embudo: Si embudo.Nodo = SolucionRackDatacenter.NodoDeRack: siguienteRack = nulo Retornar verdadero FinSi FinSi siguienteRack = SolucionRackDatacenter.EspacioDeRack Retornar falso	N/A
2	Crear Agente Tutoría x	
3	Validar objeto Rack Colocado	Valida la acción relacionada con la colocación del Rack colocado en un nodo correcto.

Tabla 3.7. Especificación formal del método Validar Rack del Agente de Tutoría del SMA

FASE IV Codificación y Pruebas

A continuación se presenta la codificación de cada uno de los Agentes determinados en el SMA Inteligente de Tutoría.

4.1. Agente de Tutoría

Se presenta la codificación más relevante para el desarrollo del Agente de Tutoría del SMA que cumple un rol fundamental al proponer actividades personalizadas a los estudiantes en función de su nivel de conocimiento actual. Este componente es responsable de monitorear el progreso individual de cada alumno durante una actividad, comparando la secuencia de acciones ejecutadas por el estudiante con el plan previsto por el agente de planificación.

```

Agente Tutoría:
  planificación: Planificación
  experto: Experto
  trayectoria: Trayectoria
  actividadActual: Actividad
  validadores: Lista de Validador

Inicializar(planificacion, experto):
  instancia.planificacion = planificacion
  instancia.experto = experto
  instancia.trayectoria = Trayectoria()
  validadores = Cargar validadores en función de la configuración del estudiante

ProponerActividades(estudiante):
  ultimaActividad = planificacion.obtenerUltimaActividadEstudiante(estudiante)
  mensajeValidacion = planificacion.ValidarActividad(estudiante,
  ultimaActividad)
  Si mensajeValidacion = "Actividad actual correcta":
    sigActividad = planificacion.ObtenerSiguienteActividad(ultimaActividad)
    Retornar sigActividad
  SiNo:
    mensajeError = "Actividad errónea, su actividad actual es " +
    mensajeValidacion
    Retornar mensajeError
  FinSi

ValidarAcción(accion):
  Si experto.EsAcciónPermitida(accion) = falso:
    Retornar mensaje de error desde experto
  FinSi

  ParaCada validador en validadores hacer:
    Utilizar validador si pertenece a la actividad actual
  FinSi

  Si accion debe realizarse en otro lugar:
    trayectoria = trayectoria.CalcularTrayectoria(
      accion.lugarAnterior,
      accion.lugarDestino
    )
    mensaje = "Debe ir a " + accion.lugarDestino + " por " + trayectoria
    Retornar mensaje
  SiNo

Validador de cableado

```

```

Clase CableadoValidador extiende de Validador:
    _puntosDeRed: Lista de NetworkPoint
    _puntoDeRedActualIndice: Entero
    _numeroDeLaboratorio: Entero
    _numeroDePiso: Entero

    Inicializar(puntosDeRed, NumeroDeLaboratorio, numeroDePiso):
        _numeroDeLaboratorio = NumeroDeLaboratorio
        _numeroDePiso = numeroDePiso
        _puntosDeRed = puntosDeRed
        _puntoDeRedActualIndice = 0

    ValidarCableado(puntoDeRed, puerto, salida mensaje, salida camino):
        Si no CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed):
            mensaje = "El punto de red debe ser" +
            _puntosDeRed[_puntoDeRedActualIndice]
            camino = nulo
            Retornar falso
        FinSi
        camino = ObtenerCamino(networkPoint, port)
        Si camino es nulo:
            mensaje = "No existe camino para cablear desde el punto de red hasta
            puerto"
            Retornar falso
        FinSi
        Si algún CanaletasTienenTapa(camino):
            mensaje = "Todas las canaletas deben estar destapadas"
            Retornar falso
        FinSi
        Si NoHayEspacioEnAlgunCable(camino, salida msg):
            mensaje = msg
            Retornar falso
        FinSi
        Si el puerto no se encuentra en _numeroDePiso Y _numeroDeLaboratorio
            mensaje = "El puerto se encuentra en otro laboratorio"
            Retornar falso
        FinSi
        Incrementar _currentNetworkPointIndex
        Si EsCompleto():
            mensaje = ""
        SiNo:
            mensaje = "Continue con el laboratorio " + CurrentNetworkPoint.Number
            Retornar verdadero
        FinSi

    CoincideConPuntoDeRed(puntoDeRed):
        Si _puntoDeRedActualIndice < Tamaño de _puntosDeRed:
            Retornar puntoDeRed = _puntosDeRed[_puntoDeRedActualIndice]
        SiNo:
            Retornar falso
        FinSi

    EsCompleto():
        Retornar _puntoDeRedActualIndice >= Tamaño de _puntosDeRed

Clase ValidadorSolucionLaboratorio extiende de Validador:
    _indiceNodoActual: Entero
    _mejorSolucion: MejorSolucion

    Inicializar(mejorSolucion):
        _mejorSolucion = mejorSolucion
        _indiceNodoActual = 1
        _indiceCaminoActual = Infinito

```

```

ValidarNodoColocado(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
  Si no _rackColocado Y nuevoNodo es un embudo:
    Si embudo está en el nodo meta:
      _rackColocado = verdadero
      _indiceCaminoActual = 0
      siguienteNodo = _mejorSolucion.Caminos[0][1]
      Retornar verdadero
    FinSi
    siguienteNodo = _mejorSolucion.Meta
    Retornar falso
  FinSi
  Si no CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
    Retornar falso
  FinSi
  _indiceNodoActual += 2
  Si _indiceNodoActual < cantidad de
  _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual]:
    Retornar verdadero
  FinSi
  _indiceCaminoActual++
  _indiceNodoActual = 1
  Retornar verdadero

CoincideConSiguienteNodo(nuevoNodo, salida siguienteNodo):
  Si _indiceCaminoActual < Contar de _mejorSolucion.Caminos
  Y _indiceNodoActual < Contar _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual]:
    siguienteNodo =
    _mejorSolucion.Caminos[_indiceCaminoActual][_indiceNodoActual]
    Retornar nuevoNodo == siguienteNodo
  FinSi
  Retornar falso

```

Clase **ValidadorRackDatacenter** extiende de **Validador**:

```

SolucionRackDatacenter: SolucionRackDatacenter
numeroDePiso: Entero
numeroDeLaboratorio: Entero

Inicializar(SolucionRackDatacenter solucionRackDatacenter):
  SolucionRackDatacenter = solucionRackDatacenter

ValidarRackColocado(nuevoNodo, salida siguienteRack):
  Si nuevoNodo es embudo:
    Si embudo.Nodo = SolucionRackDatacenter.NodoDeRack:
      siguienteRack = nulo
      Retornar verdadero
    FinSi
  FinSi
  siguienteRack = SolucionRackDatacenter.EspacioDeRack
  Retornar falso

```

4.2. Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones

Se destaca la codificación crucial y fundamental para la configuración del Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones en el SMA. Este agente se encarga de crear diversas soluciones empleando el algoritmo A* y el Algoritmo Genético de Inteligencia Artificial para su evaluación. Además, en colaboración con el Agente Experto, se prepara para enviar una tutoría personalizada al estudiante basada en los resultados obtenidos.

Agente SolucionesMultiples:

```

BúsquedaAEstrella(inicio, meta, costoHeurístico, vecinosExcluidos = nulo):
  Si NoExisteNodo(inicio) o NoExisteNodo(meta):
    Retornar nulo
  FinSi
  nodoInicio = EncontrarNodo(inicio)
  nodoMeta = EncontrarNodo(meta)
  vecinosExcluidosLista = vecinosExcluidos? ListaV
  ConvertirLista(vecinosExcluidos)
  gScores = NuevoDiccionario()
  fScores = NuevoDiccionario()
  cameFrom = NuevoDiccionario()
  ParaCada nodo en nodos:
    gScores[nodo] = Infinito
    fScores[nodo] = Infinito
  FinPara
  gScores[nodoInicio] = 0
  fScores[nodoInicio] = costoHeurístico(inicio, meta)
  openSet = NuevaColaPrioridad()
  Encolar(openSet, nodoInicio, fScores[nodoInicio])
  Mientras Tamaño(openSet) > 0:
    actual = Desencolar(openSet)

    Si actual es igual a nodoMeta:
      Retornar ReconstruirCamino(cameFrom, actual)
    FinSi

    ParaCada vecino en VecinosAdyacentes(actual):
      Si vecinosExcluidosLista Contiene vecino entonces Continuar
      nodoVecino = EncontrarNodo(vecino)
      tentativeGScore = gScores[actual] + 1
      Si no (tentativeGScore < gScores[nodoVecino]) entonces Continuar
      cameFrom[nodoVecino] = actual
      gScores[nodoVecino] = tentativeGScore
      fScores[nodoVecino] = gScores[nodoVecino] + costoHeurístico(vecino, meta)
      Si NoContiene(openSet, nodoVecino):
        Encolar(openSet, nodoVecino, fScores[nodoVecino])
      FinSi
    FinPara
  FinMientras

  Retornar nulo

BúsquedaAEstrellaMejorMeta(iniciosLista, metas, costoHeurístico):
  mejorMeta = nulo
  costoMinimo = EnteroMaximo
  caminos = ListaVacía()
  ParaCada meta en metas:
    caminosActuales = ListaVacía()
    costo = 0
    ParaCada camino en iniciosLista
      Si BúsquedaAEstrella(camino, meta, costoHeurístico, iniciosLista) no
nulo:
      Agregar camino a caminosActuales
      costo = costo + Tamaño(camino)
    FinPara
    Si costo >= costoMinimo entonces Continuar
    caminos = caminosActuales
    costoMinimo = costo
    mejorMeta = meta
  FinPara
  Retornar NuevoResultadoBúsqueda(mejorMeta, caminos)

```

```

BúsquedaAEstrellaMejorMetaOptimizada(inicios, metas, costoHeurístico):
    iniciosLista = ConvertirLista(inicios)
    metasLista = ConvertirLista(metas)
    Si NoHayElementos(iniciosLista) o NoHayElementos(metasLista) entonces
        Retornar nulo
    FinSi
    Si Tamaño(iniciosLista) es igual a 1 y Tamaño(metasLista) es igual a 1 entonces
        camino = BúsquedaAEstrella(
            iniciosLista[0],
            metasLista[0],
            costoHeurístico,
            iniciosLista
        )
        Si camino no es nulo entonces
            Retornar NuevoResultadoBúsqueda(metasLista[0], ListaDeListas(camino))
        SiNo
            Retornar nulo
        FinSi
    FinSi
    mejorMeta = nulo
    primero = verdadero
    listaDeCaminos = ListaVacía()
    nodosConvergidos = ConjuntoVacío()
    permutacionesDeInicios = NuevaPermutaciónReferenciada(Tamaño(iniciosLista) -
1)
    ParaCada meta en metasLista:
        ParaCada inicio en iniciosLista:
            camino = BúsquedaAEstrella(inicio, meta, costoHeurístico, iniciosLista)
            Si camino es nulo entonces Continuar
            iniciosSinActual = Filtrar(iniciosLista, inicio)
            permutacionesDeInicios.ActualizarReferencias(iniciosSinActual)
            ParaCada permutacionDeInicios en permutacionesDeInicios:
                listaDeCaminosAuxiliar = ListaDeListas(camino)
                nodosConvergidosAuxiliar = NuevoConjunto(camino)
                ParaCada otroInicio en permutacionDeInicios:
                    Si Tamaño(nodosConvergidosAuxiliar) >= Tamaño(nodosConvergidos)
                        Y no primero entonces
                            Romper
                    FinSi
                    nodoMásCercano = MínimoPor(
noEstáEn(inicios)),
                        Obtener(nodosConvergidosAuxiliar,
                            FunciónHeurística(otroInicio, nodo)
                        )
                    otroCamino = BúsquedaAEstrella(
                        otroInicio,
                        nodoMásCercano,
                        costoHeurística,
                        iniciosLista
                    )
                    Si otroCamino es nulo entonces Continuar
                    Agregar otroCamino a listaDeCaminosAuxiliar
                    UnirConjunto(nodosConvergidosAuxiliar, otroCamino)
                FinPara
            Si Tamaño(nodosConvergidosAuxiliar) < Tamaño(nodosConvergidos) o
primero
                primero = falso
                listaDeCaminos = listaDeCaminosAuxiliar
                nodosConvergidos = nodosConvergidosAuxiliar
                mejorMeta = meta
            FinSi
        FinPara
    FinPara
    FinPara
    Retornar NuevoResultadoBúsqueda(mejorMeta, listaDeCaminos)

```



```

EjecutarAlgoritmoGenetico(
    porcentajeElite,
    tamañoPoblacion,
    nodosRackLista,
    nodosEntradaLista,
    probabilidadMutacion = 0.2
):
    maximaDistancia = ObtenerDistanciaMaxima(nodosRackLista, nodosEntradaLista)

    soluciones = NuevaLista()
    solucionesSeleccionadas = Redondear(tamañoPoblacion * porcentajeElite)

    population como Lista de cromosomas
    distancias como Arreglo de números

    ParaCada nodoRack en nodosRackLista:
        population = GenerarPoblacionInicial()

        distancias = NuevosFlotantes[ContarElementos(nodosEntradaLista)]
        ParaCada nodoEntrada en nodosEntradaLista:
            distancias[IndiceDe(nodosEntradaLista, nodoEntrada)]
                = DistanciaManhattan(nodoRack.position, nodoEntrada.position)
        FinPara
        Mientras Evaluar(nodoRack):
            Continuar
        FinMientras

    soluciones = ordenar soluciones por puntuación
    Retornar Primera(soluciones)

Evaluar(nodoRack):
    resultados = NuevaLista()
    ParaCada cromosoma en población:
        aptitud = 0
        ParaCada nodoEntrada en nodosEntradaLista:
            aptitud += Absoluto(distancias[IndiceDe(nodosEntradaLista,
nodoEntrada)]
                - cromosoma.Geno[IndiceDe(nodosEntradaLista, nodoEntrada)]) <=
0.15f ?
                1 : 0
        FinPara
        cromosoma.Aptitud = aptitud
        Agregar(resultados, cromosoma)

    FinPara
    Ordenar resultados por aptitud

    mejorCromosoma = Primero(resultados)
    Si mejorCromosoma.Aptitud es igual a ContarElementos(nodosEntradaLista):
        suma = Suma(mejorCromosoma.Geno)
        Agregar(soluciones, NuevaSoluciónRackDatacenter(nodoRack, suma))
        Retornar falso
    FinSi

    ParaCada i desde 0 hasta solucionesSeleccionadas:
        población[i] = resultados[i]
    FinPara

    ParaCada i desde solucionesSeleccionadas hasta Tamaño(población):
        índicePadre1 = RangoAleatorio(0, solucionesSeleccionadas)
        índicePadre2 = RangoAleatorio(0, solucionesSeleccionadas)

```

```

Mientras índicePadre1 es igual a índicePadre2:
    índicePadre2 = RangoAleatorio(0, solucionesSeleccionadas)
FinMientras

puntoCruce = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))
ParaCada j desde 0 hasta ContarElementos(nodosEntradaLista):
    Si j es menor que puntoCruce Entonces
        población[i].Geno[j] = población[índicePadre1].Geno[j]
    SiNo
        población[i].Geno[j] = población[índicePadre2].Geno[j]
    FinSi
FinPara
FinPara

ParaCada i desde solucionesSeleccionadas hasta Tamaño(población):
    Si probabilidadMutación es menor que Aleatorio(0.0f, 1.0f) Entonces
        Continuar
    FinSi

Según ContarElementos(nodosEntradaLista):
    Caso < 2:
        población[i].Geno[0] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)
    Caso < 5:
        genAMutar = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))
        población[i].Geno[genAMutar] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)
    Caso Predeterminado:
        genAMutar = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))
        genAMutar2 = RangoAleatorio(0, ContarElementos(nodosEntradaLista))

        Mientras genAMutar es igual a genAMutar2:
            genAMutar2 = RangoAleatorio(0,
ContarElementos(nodosEntradaLista))

            población[i].Geno[genAMutar] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)
            población[i].Geno[genAMutar2] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)

Retornar verdadero

GenerarPoblacionInicial():
    nuevaPoblacion = NuevaLista()
    Para cada i desde 0 hasta tamañoPoblacion:
        genes = NuevosFlotantes[ContarElementos(nodosEntradaLista)]
        Para cada j desde 0 hasta Longitud(genes):
            genes[j] = RangoAleatorio(0, maximaDistancia)

    Agregar(nuevaPoblacion, NuevoCromosoma(genes, 0))

Retornar nuevaPoblacion

ObtenerDistanciaMaxima(nodosRack, nodosEntrada):
    maximaDistancia = 0.0f
    ParaCada nodoRack en nodosRack:
        ParaCada nodoEntrada en nodosEntrada:
            distancia = DistanciaManhattan(
                nodoRack.transform.position,
                nodoEntrada.transform.position
            )
            Si distancia > maximaDistancia Entonces
                maximaDistancia = distancia
            FinSi
        FinPara
    FinPara

Retornar maximaDistancia

```

4.3. Agente de Eventos

Se describe la codificación esencial para la implementación del Agente de Eventos dentro del SMA, cuya función principal consiste en la interacción directa con el avatar del estudiante y las soluciones planteadas. Este agente se encarga de comunicar la información relevante sobre los eventos en los que el avatar del estudiante participa al Agente Experto, permitiendo así una toma de decisiones conjunta con el Agente de Tutoría sobre la tutoría más apropiada.

```
Agente Eventos:
  estudiante: Estudiante
  conexiónBDD: ConexiónBDD

  Inicializar(estudiante):
    instancia.estudiante = estudiante
    conexiónBDD.conectar()

  GuardarEvento(evento):
    conexiónBDD.guardar(estudiante.identificación, evento, tiempoActual)
```

4.4. Agente Experto

Se detalla el código esencial para la creación del Agente Experto en el SMA, el cual alberga el conocimiento sobre las acciones permitidas y restringidas que el estudiante puede llevar a cabo durante el entrenamiento, junto con sus condiciones previas y posteriores. Esta información se emplea para verificar las acciones ejecutadas por el estudiante y para la generación del plan por parte del Agente de Trayectoria.

```
Agente Experto:
  listaActividades
  accionesPermitidas: Diccionario<cadena, Lista>

  Inicializar():
    accionesPermitidas = Diccionario vacío
    CargarAccionesPermitidasDesdeJSON() # NUESTRA BASE DE CONOCIMIENTO

  CargarAccionesPermitidasDesdeJSON():
    ParaCada archivo JSON en el directorio de caminos más cortos:
      Leer el archivo JSON
      Convertir el contenido del archivo a un objeto JSON
      Obtener el nombre de la acción del archivo JSON
      Obtener la lista de nodos del camino desde el objeto JSON
      accionesPermitidas[Nombre de la acción] = Lista de caminos
    FinPara
  Mostrar mensaje de éxito "Acciones permitidas cargadas desde archivos JSON"

  EsAcciónPermitida(acción):
    Si acción está en accionesPermitidas:
      Retornar verdadero
    Sino:
      Mostrar mensaje de error "La acción no está registrada en el agente experto."
      Retornar falso
    FinSi

  ActualizarEstadoAccion(acción, permitida):
    Si acción está en accionesPermitidas:
      accionesPermitidas[acción] = permitida
```

```
Sino:
    Mostrar mensaje de error "La acción no está registrada en el agente
    experto."
FinSi

ObtenerAccionesPermitidas():
    acciones = Lista vacía
    ParaCada par (acción, nodos) en accionesPermitidas:
        acciones.agregar(accion)
    FinPara
Retornar acciones
```

4.5. Agente de Tutor Virtual

Se exhibe la codificación fundamental para la creación del Agente de Tutor Virtual en el SMA, donde a cada estudiante se le asigna un avatar tutor. Este agente asume la responsabilidad de supervisar la representación visual de dicho avatar.

```
Agente TutorVirtual:
    estudiante
    conexión

Inicializar(estudiante, conexion):
    instancia.estudiante = estudiante;
    instancia.conexion = estudiante;

Aprobar():
    conexión.enviar(estudiante.identificación + ":buhu:acción:aprobar")

Respirar():
    conexión.enviar(estudiante.identificación + ":buhu:acción:respirar")

Pestañear():
    conexión.enviar(estudiante.identificación + ":buhu:acción:pestañear")

MostrarMensaje(mensaje):
    conexión.enviar(estudiante.identificación + ":buhu:mensaje:" + mensaje)
```

4.6. Agente de Mundo

Se muestra la parte central y esencial del código para la creación del Agente de Mundo dentro del SMA, que almacena los datos geométricos y semánticos de los objetos 3D en el entorno virtual y de los avatares. Este conocimiento se emplea para la asistencia en la tutoría y la validación de las acciones realizadas por el estudiante.

```
Agente Mundo:
    objetos3D

Inicializar():
    objetos3D = ObtenerInformacionObjetos3D()

ObtenerInformacionObjetos3D():
    Cargar objetos 3D de la escena que forman parte de la tutoría (edificio,
    pisos..)
    Retornar objetos3D

Objeto(nombre):
    encontrado = objetos3D.Buscar(nombre)
    Retornar encontrado
```

4.7. Agente de Trayectoria

Se describe el código esencial para el Agente de Trayectoria en el SMA. Cuando el agente de tutoría identifica que la próxima acción del estudiante debe efectuarse en otra ubicación del entorno virtual, solicita a este agente que calcule la ruta más eficiente para llegar a dicho punto. Esta funcionalidad facilita guiar al estudiante hasta la ubicación requerida o evaluar la calidad de la ruta seguida en comparación con la ruta óptima.

Agente Trayectoria:

```

CalcularTrayectoria(lugarDestino, lugarAnterior):
    trayectoriaOptima = CalcularTrayectoriaOptima(lugarAnterior ,lugarDestino)
    Retornar trayectoriaOptima

CalcularTrayectoriaOptima(lugarAnterior, lugarDestino)
    deltaPos = lugarDestino - lugarAnterior
    deltaPos.x = Absoluto(deltaPos.x) < 0.001 ? 0 : deltaPos.x
    deltaPos.y = Absoluto(deltaPos.y) < 0.001 ? 0 : deltaPos.y
    deltaPos.z = Absoluto(deltaPos.z) < 0.001 ? 0 : deltaPos.z
    dirección = SIT.mundo.Objeto(lugarDestino).dirección
    ejePrincipal = ObtenerEjePrincipal(dirección)

Seleccionar deltaPos

    Caso { x: 0, z: 0 } o { x: 0, y: 0 } o { z: 0, y: 0 } cuando deltaPos.x
    != 0:
        Retornar "Debe ir hacia el este" si deltaPos.x > 0,
        De lo contrario Retornar "Debe ir hacia el oeste"

    Caso { z: no 0 } cuando ejePrincipal == "X":
        Retornar "Debe ir hacia el este" si deltaPos.z > 0,
        De lo contrario Retornar "Debe ir hacia el oeste"

    Caso { x: no 0 } cuando ejePrincipal == "Z":
        Retornar "Debe ir hacia el norte" si deltaPos.x > 0,
        De lo contrario Retornar "Debe ir hacia el sur"

    Caso { z: 0 } cuando ejePrincipal == "Y":
        Retornar "Debe ir hacia el norte" si deltaPos.x > 0,
        De lo contrario Retornar "Debe ir hacia el sur"

    Caso { x: 0 } cuando ejePrincipal == "Y":
        Retornar "Debe ir hacia el este" si deltaPos.z > 0,
        De lo contrario Retornar "Debe ir hacia el oeste"

    Caso predeterminado:
        retornar "Debe ir hacia algún lado"

```

Agente Planificación:

ListaActividades

ultimaActividadEstudiantes

Inicializar():

```

ListaActividades.agregar(Actividad("Realizar cableado"))
ListaActividades.agregar(Actividad("Colocar rack laboratorio"))
ListaActividades.agregar(Actividad("Colocar canales"))
ListaActividades.agregar(Actividad("Realizar cableados"))
ListaActividades.agregar(Actividad("Elegir mejor ubicación para el
datacenter"))
ListaActividades.agregar(Actividad("Colocar rack datacenter"))

```

CompletarActividad(estudiante, actividad)

Si actividad no está en *ListaActividades*:

Error "Actividad no registrada en el SIT"

```

FinSi
ultimaActividadEstudiantes.agregar((estudiante, actividad))

ValidarActividad(estudiante, actividad)
Si actividad no está en ListaActividades:
    Error "Actividad no registrada en el SIT"
FinSi
estudiante, ultimaActividad = ultimaActividadEstudiantes.Buscar(estudiante)
actividadActual = ObtenerSiguieteActividad(ultimaActividad);
Si actividadActual = actividad:
    Retornar "Actividad actual correcta"
SiNo:
    Retornar "Actividad errónea, su actividad actual es " + actividadActual
FinSi

ObtenerSiguieteActividad(ultimaActividad):
    indiceActividad = ListaActividades.Indice(ultimaActividad)
    Retornar ListaActividades[indiceActividad + 1];

```

4.8. Agente de Percepción

Se expone el código necesario para el desarrollo del Agente de Percepción en el SMA. Para otorgar a los tutores virtuales una interacción más realista, se les proporcionan capacidades perceptivas. Esto les permite visualizar solamente lo que ocurre en su campo de visión, incluyendo lugares, objetos y avatares. Esta información resulta valiosa no solo para detectar si el estudiante está distraído, sino también para determinar si es necesario que gire para llevar a cabo una demostración o continuar una actividad.

```

Agente Percepcion:
campoDeVision
ListaElementosVisibles

ActualizarPercepcion(avatares, objetos, lugares, agentePosicion):
    ListaElementosVisibles = []

    ParaCada elemento en avatares, objetos, lugares:
        Si ElementoEnCampoDeVision(elemento, AgentePosicion):
            ListaElementosVisibles.agregar(elemento)
        FinSi

ElementoEnCampoDeVision(elemento, AgentePosicion):
    Si Distancia(elemento, AgentePosicion) < CampoDeVision:
        Retornar Verdadero
    SiNo:
        Retornar Falso
    FinSi

Distancia(elemento1, elemento2):
    deltaPos = elemento1 - elemento2
    distancia = Magnitud(deltaPos)
    Retornar distancia

Magnitud(vector):
    magnitud = (vector.x^2 + vector.y^2 + vector.z^2) ^ (1/2)
    Retornar magnitud

VerificarDistraido(estudiante):
    Si estudiante está en la ListaElementosVisibles:
        Retornar Falso
    SiNo:

```

```
Retornar Verdadero
FinSi
```

4.9. Agente de Modelado del Estudiante

Se detalla el código crucial para el desarrollo del Agente de Modelado en el SMA. Este agente registra todas las acciones llevadas a cabo por cada estudiante, sus evaluaciones y otros datos relevantes. Esta información se emplea para ofrecer tutorías personalizadas para cada alumno. El modelo específico utilizado por este agente se describe en la sección siguiente.

Agente ModeladoEstudiante:

```
estudiante: Estudiante
accionesRealizadas: []
valuaciones: []
conocimiento: {}

Inicializar(estudiante):
    instancia.estudiante = estudiante
    accionesRealizadas = []
    evaluaciones = []
    conocimiento = {}
```

4.10. Agente de Comunicación Global

Se expone el código esencial para la implementación del Agente de Comunicación Global en el SMA, cuya función principal es facilitar la comunicación entre el entorno virtual y el sistema de tutoría.

```
Agente ComunicacionGlobal:
    conectado = falso
    errorContectar = falso
    conexión = Conexión() # Conexión establecida con el middleware
    agentes = Lista # Lista<(ComunicaciónEstudiante, TutorVirtual,
ModeladoEstudiante)>
    planificación
    experto
    tutoría

Inicializar():
    ConectarConEntornoVirtual()
    Si errorContectar = verdadero:
        Mostrar mensaje de error
    FinSi

    planificación = Planificación()
    experto = Experto()
    tutoría = Tutoría(planificación, experto)

    Mientras conectado = verdadero:
        mensaje = conexión.escuchar()
        Si existe mensaje:
            ProcesarMensaje(mensaje)
        FinSi
    FinMientras

ConectarConEntornoVirtual():
```

```

conexión.conectar()
conectado = verdadero;

EnviarMensajeAlEntornoVirtual(mensaje):
    conexión.enviar(mensaje)

ProcesarMensaje(mensaje):
    Si mensaje es un nuevo estudiante:
        estudiante = Estudiante(mensaje.datosEstudiante)
        agenteCE = ComunicaciónEstudiante(estudiante, conexión)
        agenteTV = TutorVirtual(estudiante, conexión)
        agenteME = ModeladoEstudiante(estudiante)
        agentes.agregar((agenteCE, agenteTV, agenteME))
        actividad = tutoría.ProponerActividades(estudiante)
        agenteCE.EnvíarMensaje(actividad)
    Retornar
    FinSi
    Si mensaje es de algún estudiante
        agenteCE, agenteTV, agenteME = agentes.Buscar(mensaje.identificador)
        evento = agenteCE.ProcesarMensaje(mensaje.mensajeEstudiante)
    Retornar
    FinSi

Desconectar():
    conectado = falso

```

4.11. Agente de Comunicación con el Estudiante

Se muestra la codificación fundamental y necesaria para el desarrollo del Agente de Comunicación con el Estudiante en el SMA, el cual gestiona la comunicación entre los estudiantes y el Sistema de Tutoría. Cabe destacar que se asigna una instancia específica de este agente para cada estudiante.

```

Agente ComunicaciónEstudiante:
    estudiante
    conexión
    eventos: Eventos

Inicializar(estudiante, conexión):
    instancia.estudiante = estudiante
    instancia.conexion = estudiante
    eventos = Eventos(estudiante)

ProcesarMensaje(mensaje):
    Si mensaje es acción estudiante:
        eventos.GuardarEvento(acción)
        mensajeError = SIT.tutoría.ValidarAcción(acción)
        Si existe mensajeError:
            conexión.enviar(estudiante.identificación + ":mensaje:" +
mensajeError)
        FinSi
    FinSi

EnviarMensaje(mensaje):
    conexión.enviar(estudiante.identificación + ":mensaje:" + mensaje)

```


FASE V Integración y Pruebas

Para realizar el despliegue de integración del SMA Inteligente de Tutoría, se debe realizar en dos partes, para cumplir esto se debe determinar dos componentes: (1) determinado como 'INFRAESTRUCTURA.rar' en donde se encuentra la aplicación que debe ejecutar en cada uno de los nodos para el usuario estudiante, y (2) 'API.rar' donde se debe ejecutar principalmente el repositorio de datos que se obtiene de la ejecución de cada uno de los estudiantes, en la Figura 5.1, se puede apreciar los componentes:

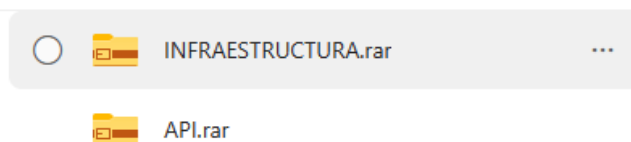


Figura 5.1. Componentes SMA

5.1. Implementación de un Web Service

Para la instalación del servidor web mediante la cual los agentes del SMA Inteligente de Tutoría pueden conectarse a la API, se requiere la implementación de un Web Service, detallado a continuación:

5.1.1. Pre-requisitos:

En lo referente a Java, se debe obtener la versión de Java 17 o superior, para windows se lo puede descargar desde: [Latest Releases | Adoptium](#), solo se debe descargar el **msi** e instalarlo, por otra parte, para linux se puede instalar el paquete “**openjdk-17-jdk**” mediante apt, apt-get o el gestor de paquetes de nuestra distro de linux. Para asegurarnos de que tenemos java instalado podemos ejecutar en una consola el comando “java --version”, debemos obtener una salida como la siguiente en donde se pueda observar la versión, como se puede visualizar en la Figura 5.2.

```
root@instance-2:~# java --version
openjdk 17.0.9 2023-10-17
OpenJDK Runtime Environment Temurin-17.0.9+9 (build 17.0.9+9)
OpenJDK 64-Bit Server VM Temurin-17.0.9+9 (build 17.0.9+9, mixed mode, sharing)
```

Figura 5.2. Instalación de Java para el Web Service del SMA

Luego de esto se debe instalar la versión de MySQL 8, dependiendo de sus plataformas, si es Microsoft o Linux.

5.2. Despliegue de Componentes: Servidor

El archivo 'API.rar' contiene un servicio web diseñado para gestionar operaciones de base de datos, autenticación y monitorización de estudiantes, desarrollado utilizando el lenguaje Java y el framework Spring Boot para el desarrollo web. Una de las principales virtudes de optar por estas tecnologías radica en su capacidad multiplataforma, permitiendo su despliegue en sistemas operativos como Windows, macOS y Linux, siempre que se disponga de JDK o JRE de Java 17 o versiones posteriores.

Al extraer el contenido del archivo 'API.rar', obtendremos la siguiente estructura de directorio, que se puede apreciar en la Figura 5.3

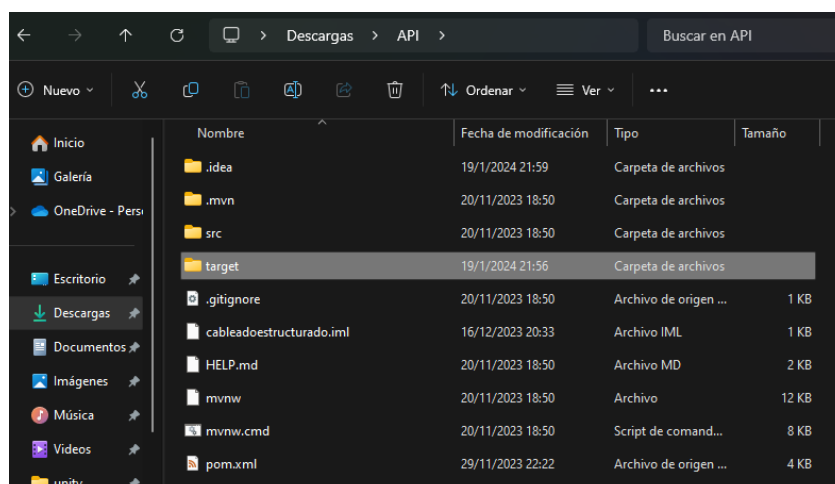


Figura 5.3. Directorios del Web Service del SMA

Como se puede observar en la Figura 5.4, tenemos dos archivos maven (mvnw (para linux) y mvnw.bat (para windows)), ambos son scripts en lotes que nos automatizan la compilación y resolución de dependencias que se utilizan dentro del proyecto, así que la compilación se puede hacer tanto en windows como el linux, antes de compilar haremos un pequeño repaso por el fichero de configuraciones que se encuentra en **src/main/resources/application.properties**.

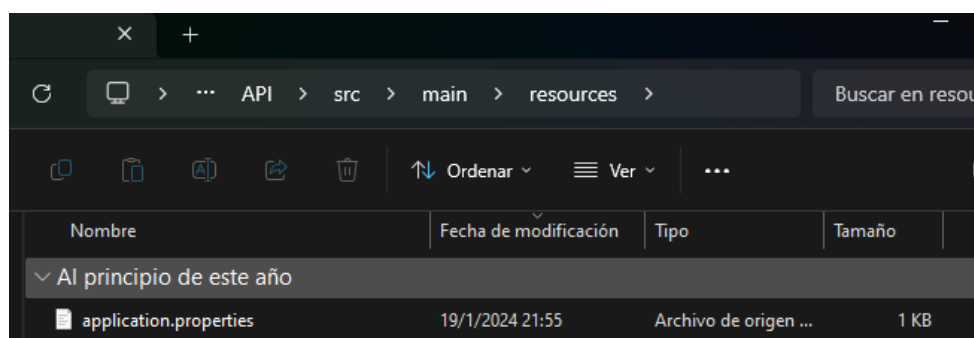


Figura 5.4. Archivo de Configuración del Web Service del SMA

Como se puede apreciar en la Figura 5.5. el archivo contiene datos relevantes sobre las firmas .jwt (empleadas en procesos de autenticación) y las credenciales necesarias para establecer conexión con la base de datos. Es imperativo configurar adecuadamente el servidor anfitrión, el nombre de usuario y la contraseña para garantizar la conexión exitosa con MySQL. Además, ofrece la posibilidad de modificar el puerto del servicio web si se requiere. En situaciones donde la conexión a la base de datos falle o el puerto designado no esté disponible, el servicio no se iniciará.

```

Users > playe > Downloads > API > src > main > resources > application.properties
1 #CLAVE SECRETA UTILIZADA PARA FIRMAR LOS TOKENS
2 security.jwt.secret=solosequenadase159.
3 #EMISOR DEL TOKEN
4 security.jwt.issuer=epnsito
5 #TIEMPO DE EXPIRACION EN MILISEGUNDOS (24 HORAS = 86400000)
6 security.jwt.ttlMillis=86400000
7 #DATOS DE CONEXION A LA BASE DE DATOS
8 spring.datasource.driver-class-name=com.mysql.cj.jdbc.Driver
9 spring.datasource.url=jdbc:mysql://localhost:3306/epn_cableado_estructurado
10 #spring.datasource.url=jdbc:mysql://localhost:3306/epn_cableado_estructurado
11 spring.datasource.username=root
12 spring.datasource.password=barcelonacampeon1598.
13 server.servlet.encoding.charset=UTF-8
14 server.servlet.encoding.force=true
15 server.port=80
    
```

Figura 5.5. Archivo de Configuración Credenciales BD del SMA

Como se ilustra en la Figura 5.6., para proceder con la compilación, se debe navegar hasta la raíz del proyecto y ejecutar el siguiente comando **.mvnw clean install -DskipTests**:

```

PS C:\Users\playe\Downloads\API> .\mvnw clean install -DskipTests
[INFO] Scanning for projects...
[INFO]
[INFO] < ec.edu.epn:cableadoestructurado >
[INFO] Building cableadoestructurado 0.0.2
[INFO] from pom.xml
[INFO]
[INFO] -----[ jar ]-----
[INFO]
[INFO] --- clean:3.2.0:clean (default-clean) @ cableadoestructurado ---
[INFO] Deleting C:\Users\playe\Downloads\API\target
[INFO]
[INFO] --- resources:3.3.1:resources (default-resources) @ cableadoestructurado ---
[INFO] Copying 1 resource from src/main/resources to target/classes
[INFO] Copying 0 resource from src/main/resources to target/classes
[INFO]
[INFO] --- compiler:3.11.0:compile (default-compile) @ cableadoestructurado ---
[INFO] Changes detected - recompiling the module! :source
[INFO] Compiling 54 source files with javac [debug release 17] to target/classes
[WARNING] /C:/Users/playe/Downloads/API/src/main/java/ec/edu/epn/cableadoestructurado/model/Usuario.java:[51,21] @Builder will ignore the initializing expression entirely. If you want the initializing expression to serve as default, add @Builder.Default. If it is not supposed to be settable during building, make the field final.
[WARNING] /C:/Users/playe/Downloads/API/src/main/java/ec/edu/epn/cableadoestructurado/model/Usuario.java:[54,21] @Builder will ignore the initializing expression entirely. If you want the initializing expression to serve as default, add @Builder.Default. If it is not supposed to be settable during building, make the field final.
[WARNING] /C:/Users/playe/Downloads/API/src/main/java/ec/edu/epn/cableadoestructurado/model/Usuario.java:[57,21] @Builder will ignore the initializing expression entirely. If you want the initializing expression to serve as default, add @B
    
```

Figura 5.6. Comando para compilar SMA

Una vez finalizada la compilación, se generará un directorio denominado 'target' que contendrá las clases compiladas y un archivo .jar, mismo que debe ser desplegado en un servidor con una dirección IP pública, tal como se muestra en la Figura 5.7.

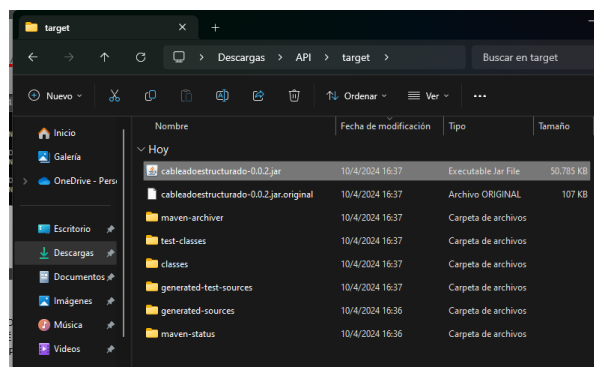


Figura 5.7. Fichero compilado del SMA

Después, se procede a copiar el archivo .jar en nuestro servidor, colocándolo específicamente en el directorio /root/webseviceepn, tal como se ilustra en la Figura 5.8.

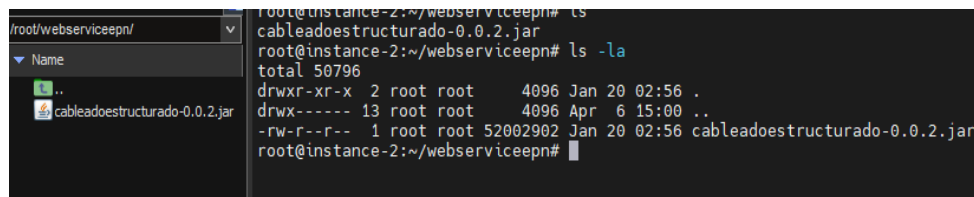


Figura 5.8. Fichero del servicio web compilado del SMA

Posteriormente, se crea un archivo llamado **servicioepn.service** dentro del directorio **/etc/systemd/system/** (o **/lib/systemd/system/** según la distribución de Linux). El contenido del archivo debe seguir el siguiente formato:

```

[Unit]
Description=SERVICIO EPN

[Service]
ExecStart=/usr/bin/java -jar /root/webseviceepn/cableadoestructurado-0.0.2.jar
Restart=always
User=root

[Install]
WantedBy=multi-user.target
    
```

Posteriormente, se ejecuta el siguiente comando para actualizar los servicios: **sudo systemctl daemon-reload**. Finalmente, se inicia el servicio utilizando el comando: **systemctl start servicioepn**. Para verificar el estado del servicio y asegurarse de que se ha iniciado correctamente, se puede emplear el comando: **systemctl status servicioepn**, como se puede observar en la Figura 5.9.

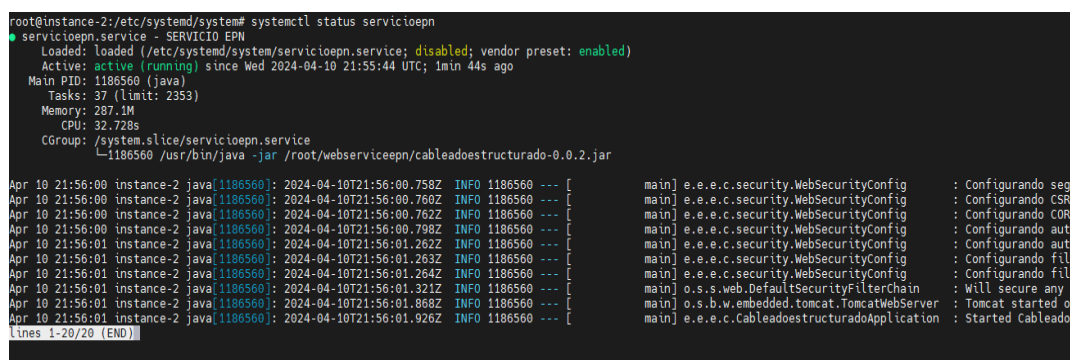


Figura 5.9. Verificación del servicio web compilado del SMA

En la Figura 5.10., se ha ideado un punto final de comprobación del servicio, creado como un endpoint de prueba: **{ip del servidor}/test**.

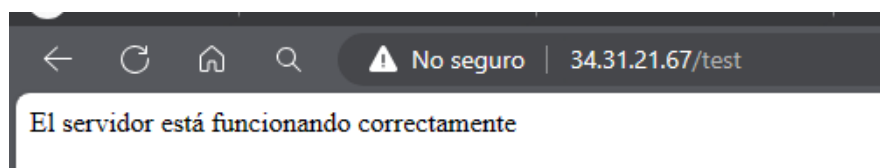


Figura 5.10. Verificación del funcionamiento del Servicio Web del SMA

5.3. Despliegue de Componentes: Cliente

Como prerequisites, se debe instalar los siguiente componentes de Unity

- Unity Hub
- Unity 2021.3.21f1: cuando se intente abrir el proyecto en el hub, automáticamente se mostrará una recomendación sobre la versión apropiada para descargar en el proyecto, donde aparecerá la siguiente versión.

Dentro del archivo INFRAESTRUCTURA.rar se halla una carpeta comprimida que alberga el proyecto cliente, desarrollado en Unity 3D, lo cual facilita su compilación para cualquier plataforma compatible con este motor gráfico (Windows, Mac y Linux). A continuación, se procederá a crear la compilación para Windows de manera detallada. Cabe destacar que esta compilación es completamente portátil, lo que significa que solo se requiere compilar una vez y luego podrá ejecutarse en cualquier máquina que posea el sistema operativo para el que se compiló, sin necesidad de llevar todo el código fuente consigo.

Para este juego, se necesitarán Unity Hub y la versión 2021.3.21f1 de Unity. Desde el Unity Hub, se seleccionará la opción 'Add', la cual no requerirá especificar el directorio del proyecto en el que se encuentra el juego, tal como se muestra en la Figura 5.11.

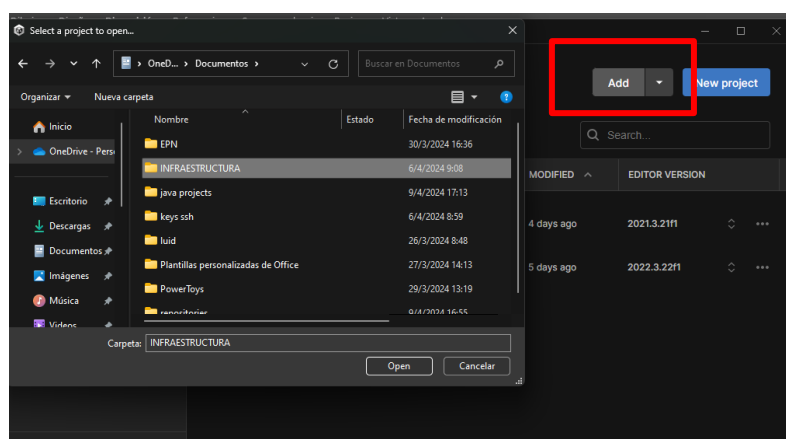


Figura 5.11. Creación de nuevo proyecto para compilación del SMA en el cliente

En situaciones donde no se cuente con la versión específica de Unity requerida, Unity Hub sugerirá de manera automática la descarga de la versión necesaria al intentar abrir el proyecto, tal como se puede observar en la Figura 5.12.

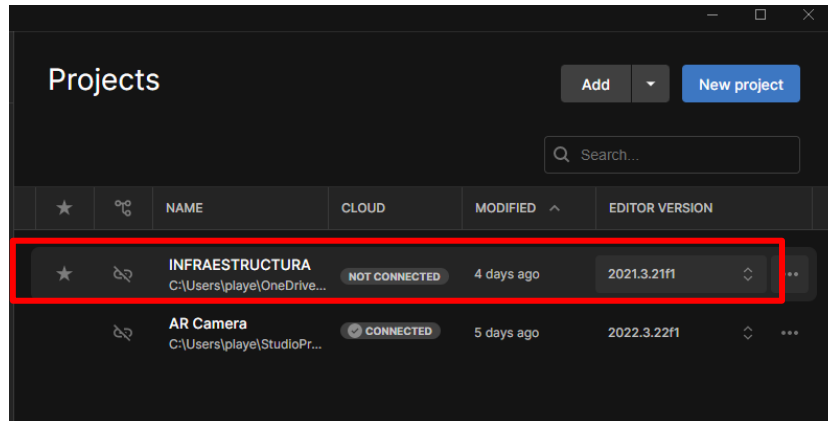


Figura 5.11. Verificación de la Versión en Unity para complicación del SMA

Como se muestra en la Figura 5.12, al abrir el proyecto, se presentará la siguiente interfaz.

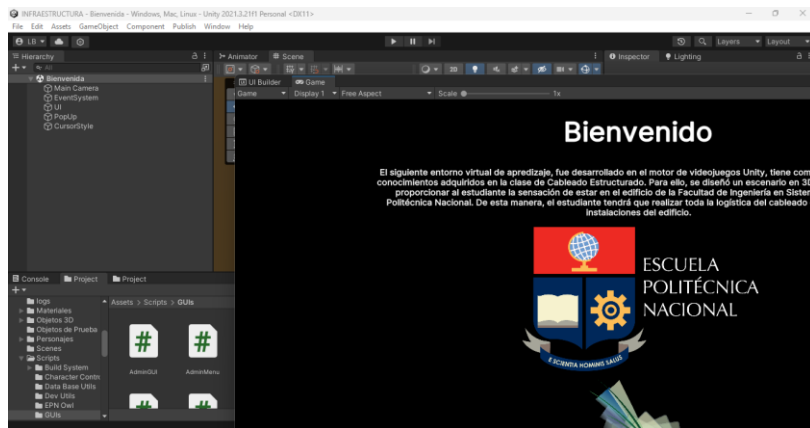


Figura 5.12. Apertura del Proyecto en Unity para complicación del SMA

Para realizar la compilación se debe seguir la secuencia indicada, tal como se muestra en la Figura 5.13.

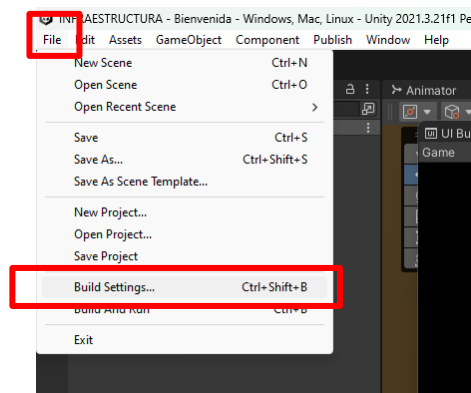


Figura 5.13. Configuración de compilación del SMA

Después de acceder a "Build Settings", se podrá seleccionar la plataforma o sistema operativo de destino. Las opciones de plataforma de destino suelen variar según los componentes seleccionados durante la instalación de Unity. Por defecto, si se instala en Windows, se podrá compilar para ese sistema operativo. Sin embargo, es posible añadir otras plataformas como Linux (para compilar en Mac es necesario hacerlo desde un Mac). Para este caso de ejemplo, se garantizará que la plataforma de destino sea Windows de 64 bits, como se aprecia en la Figura 5.14.

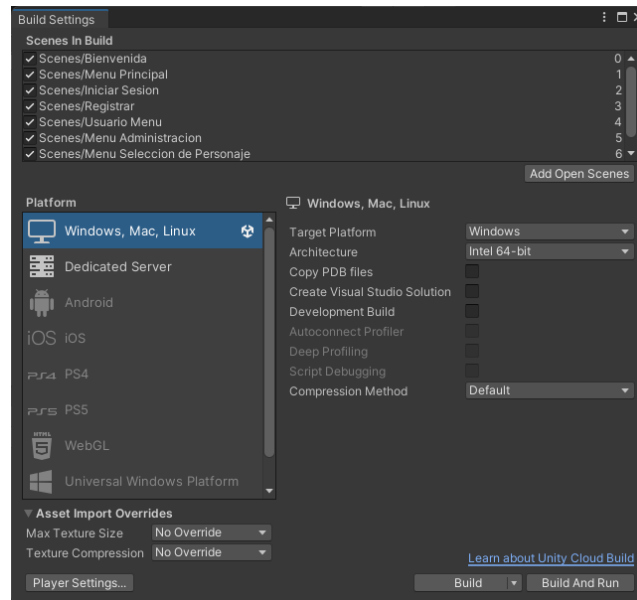


Figura 5.14. Configuración de la plataforma para compilación del SMA

Al hacer clic en "Build Unity", se solicitará que se elija el directorio donde se guardará el juego. En este escenario, se seleccionará la carpeta "Builds Producción", tal como se muestra en la Figura 5.15.

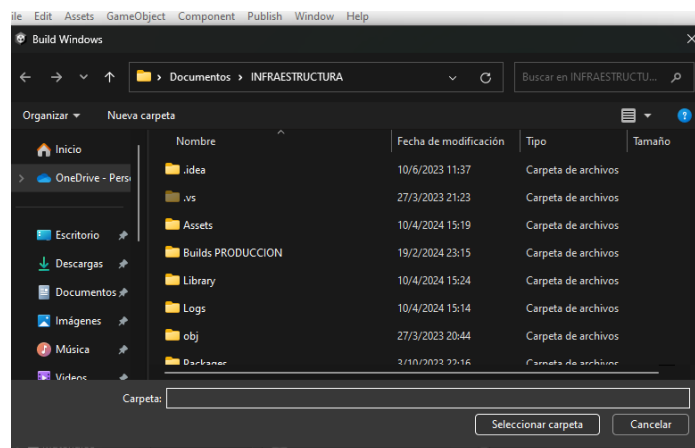


Figura 5.15. Configuración del directorio para compilación del SMA



A continuación, se iniciará el proceso de compilación, como se puede observar en la Figura 5.16.

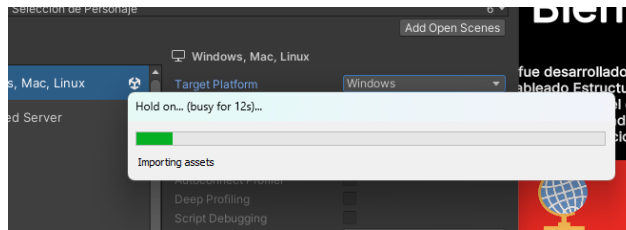


Figura 5.16. Compilación del SMA

Como se muestra en la Figura 5.17, una vez finalizado, el directorio seleccionado se abrirá automáticamente, mostrando los archivos generados.

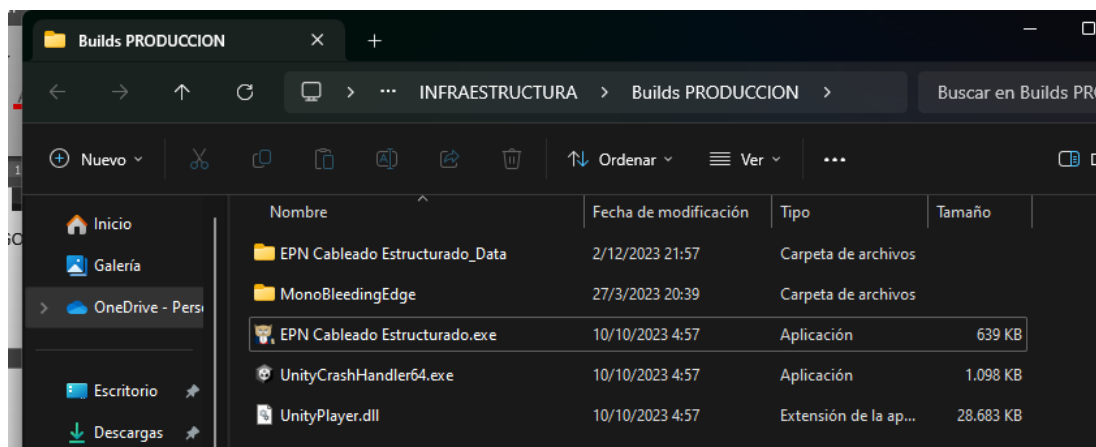


Figura 5.17. Generación de los archivos compilados del SMA

El launcher del juego se encuentra en el archivo EPN Cableado Estructurado.exe. Sin embargo, antes de ejecutarlo, es crucial asegurarse de que el juego apunte al web service desplegado previamente. Esta configuración se realiza en el archivo '**EPN Cableado Estructurado_Data/api/conf.json**'. Este archivo en formato JSON contiene una propiedad llamada 'host', donde se debe especificar el protocolo del servidor (HTTP o HTTPS), la dirección IP (o dominio en caso de estar registrado), y el puerto (que en este caso no se especifica al utilizar el puerto por defecto: 80) donde se están recibiendo las solicitudes, como se ilustra en la Figura 5.18.

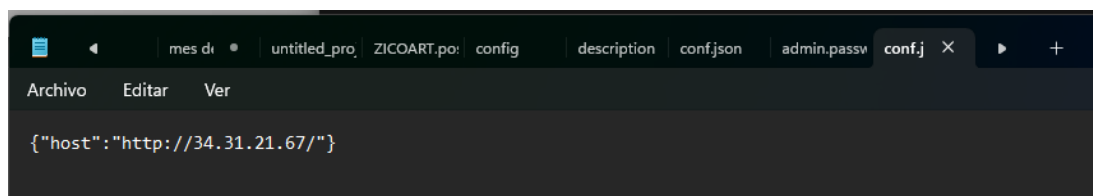


Figura 5.18. Direccionamiento al servidor web del SMA

Finalmente, se procede a ejecutar el entorno, donde la lista de instituciones es obtenida desde el web service, tal como se aprecia en la Figura 5.19:

The image shows a registration form titled "Registrar". It contains the following elements:

- Two input fields for "Nombre" and "Apellido".
- An input field for "Email".
- A dropdown menu for "Institución" with "EPN" selected. The dropdown list shows: EPN (checked), ESPE, ESPOCH, and PUCE.
- A "Crear Usuario" button at the bottom center.
- A "salir" button in the bottom right corner.

Figura 5.19. Pantalla de Autenticación del SMA

FASE VI Operación y Mantenimiento

En lo que respecta al funcionamiento del Sistema Multiagente (SMA) Inteligente de Tutoría, se inicia con la visualización de la pantalla de bienvenida que muestra el mensaje de bienvenida correspondiente. Luego, se presenta la pantalla de autenticación del SMA, donde se ofrece al usuario la opción de autenticarse o registrarse como nuevo usuario, como se ilustra en la Figura 6.1.

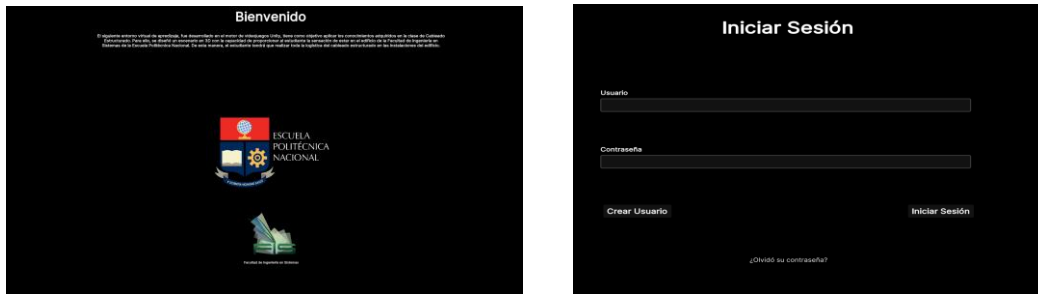


Figura 6.1. Pantallas Iniciales de Autenticación del SMA

Una vez que el estudiante ingresa al SMA Inteligente de Tutoría, se encuentra con una serie de niveles (Figura 6.2) donde, al elegir su avatar, avanza gradualmente a través de cada nivel establecido. En el primer nivel se le plantea una tarea con un problema claramente definido: la conexión del cable UTP al terminal correspondiente siguiendo los estándares 568-A y 568-B. Si se detecta el cumplimiento de alguna de las normas especificadas, el Tutor Inteligente emite un mensaje de confirmación (Figura 6.2 izquierda); de lo contrario, el SMA muestra un mensaje en pantalla alentando al estudiante a intentarlo nuevamente (Figura 6.2 derecha). Cada agente del SMA Inteligente de Tutoría examina si la disposición de los cables cumple con alguno de los estándares establecidos para el progreso del estudiante. Esta tarea bien definida se selecciona como punto de partida para que el estudiante gane experiencia y se familiarice con el funcionamiento del SMA.

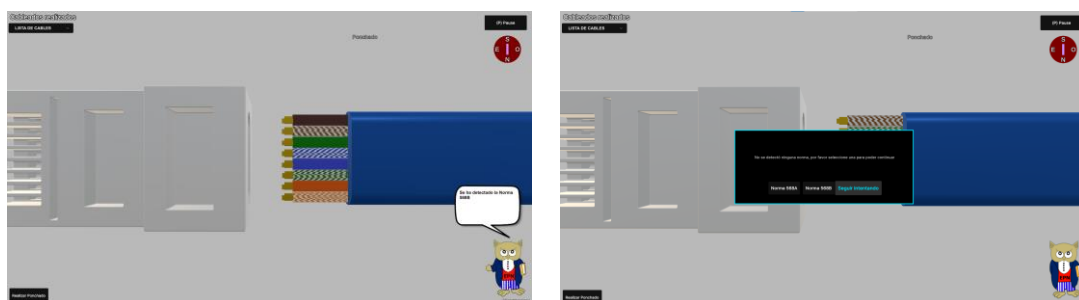


Figura 6.2. Nivel 1: Tarea bien definida en el SMA

En el segundo nivel de implementación del SMA, se prescribe la ejecución de una tarea de tipo ill-defined. Para llevar a cabo esta tarea, se requiere seleccionar entre dos opciones: (1) la primera opción consiste en determinar el piso donde se ubicará el laboratorio. Se definen 4 laboratorios en cada uno de los pisos 3, 4 y 5 del edificio virtualizado correspondiente a la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito, Ecuador, y (2) en cada laboratorio, el

estudiante debe elegir la cantidad de puntos de red con los que trabajará. Se otorga la posibilidad de seleccionar entre 3 como mínimo y 6 como máximo de puntos de red en cada laboratorio. Estos detalles se representan en la Figura 6.3.

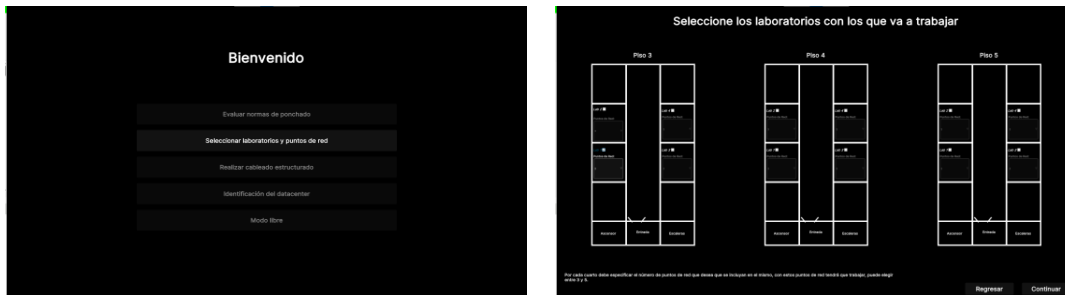


Figura 6.3. Nivel 2: Selección laboratorios y puntos de red

Una vez que el estudiante elige en qué laboratorios trabajar y cuántos puntos de red asignar a cada laboratorio, el avatar del estudiante debe abordar la tarea de tipo ill-defined. En este punto, el Sistema Multiagente (SMA) activa automáticamente el tercer nivel de ejecución, donde se espera que el estudiante coloque la infraestructura necesaria en cada uno de los laboratorios seleccionados.

La infraestructura incluye varios elementos como tuberías con sus respectivas uniones para las paredes, canaletas con diferentes uniones para la instalación en el piso o techo, un rack de 24 unidades y un switch para cada laboratorio, así como un rack de 48 unidades con un router destinado al datacenter. Todos estos elementos se encuentran accesibles para el avatar del estudiante a través del inventario disponible. Se presentan tres casos distintos para el desarrollo de estas tareas.

6.1. Caso I: Con un laboratorio de 3 puntos de red

En este caso se selecciona 1 laboratorio con 1 punto de red, en esta caso se selecciona el laboratorio 1, como se muestra en la Figura 6.4.

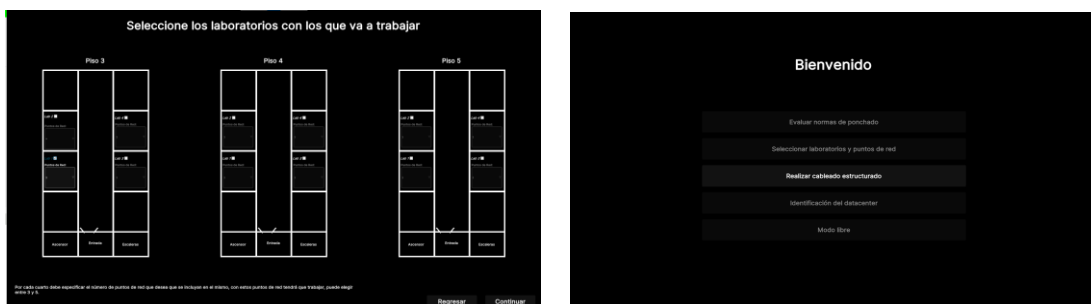


Figura 6.4. Caso I: Selección Laboratorio 1 con un punto de red

En el nivel 3, la interacción se inicia en los exteriores del edificio de la facultad. Al ingresar al edificio, comienza la interacción de la tutoría respectiva con el tutor inteligente. En la Figura 6.5, a la izquierda, se muestra la guía del tutor inteligente con un mensaje en formato de texto que indica dirigirse al piso 3 para encontrar el laboratorio 1. Cada laboratorio está identificado con su respectiva nomenclatura en la parte superior de la puerta de entrada, como se puede observar en la Figura 6.5 a la derecha.



Figura 6.5. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda la interacción del Tutor Inteligente y a la derecha ingreso al Laboratorio 1

Después de acceder al laboratorio elegido, la tarea inicial consiste en seleccionar la mejor ubicación para el Rack de comunicaciones, lo cual está directamente relacionado con la cantidad de puntos de red elegida, como se muestra en la Figura 6.6. Para facilitar este proceso, el SMA cuenta con una animación que permite remover tanto el falso piso como el falso techo, proporcionando una vista detallada y facilitando la elección del emplazamiento más adecuado para el Rack de comunicaciones.

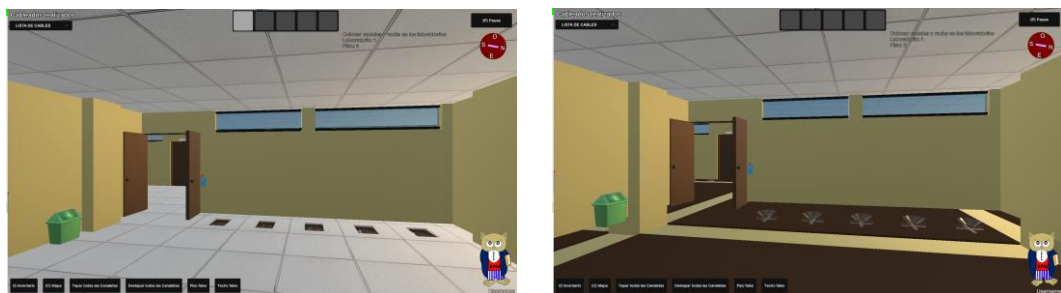


Figura 6.6. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda la interacción del Tutor Inteligente y a la derecha ingreso al Laboratorio 1

Este es el primer aporte relevante del Tutor Inteligente, debido a que aporta significativamente al guiar al estudiante en la primera tarea de resolución de un problema 'ill-defined', que implica el diseño y desarrollo del cableado de red en un laboratorio. En la Figura 6.7, se presenta la tutoría inteligente del SMA; cuando el rack se destaca con una animación en color verde, sugiere una ubicación probable, aunque no necesariamente la óptima en relación con los puntos de red. En este escenario, el tutor inteligente orienta al avatar del estudiante de dos formas: (1) a través de mensajes en formato de texto y (2) mediante proyecciones gráficas, donde la mejor ubicación se destaca en color azul, como se ilustra en la figura. El Sistema Multiagente (SMA) Inteligente de Tutoría emplea algoritmos de inteligencia artificial para respaldar esta funcionalidad.



Figura 6.7 Guía del SMA para la ubicación del Rack del Laboratorio

Después de instalar el rack de 24 unidades en el laboratorio, el estudiante procede a diseñar y establecer la estructura del cableado estructurado. Para este propósito, dispone de elementos en el inventario como tuberías con conexiones exclusivas para paredes, y canaletas con sus respectivas uniones para el techo o el piso. Estos elementos pueden ser accedidos desde el inventario a disposición del avatar del estudiante, como se visualiza en la Figura 6.8.

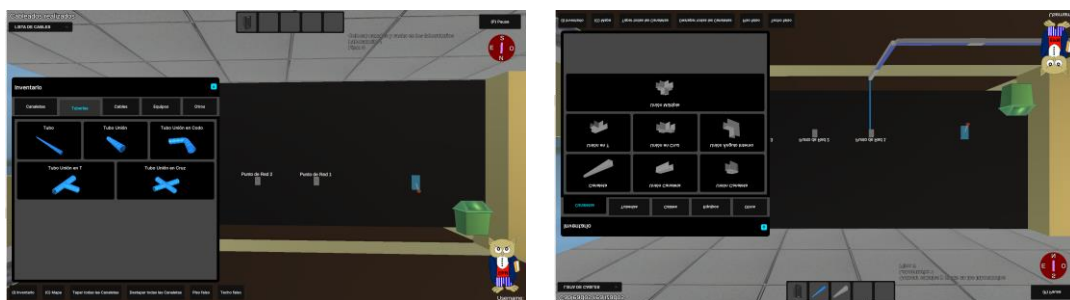


Figura 6.8. Caso I: Acceso a objetos del inventario. A la izquierda objetos para paredes y a la derecha objetos para pisos.

Durante la instalación de las tuberías y canaletas en el Cableado Estructurado del laboratorio, la guía del tutor inteligente del SMA, a través del Agente de Comunicación, ayuda al estudiante indicando posibles ubicaciones correctas cuando los objetos se resaltan en color verde. Sin embargo, esta coloración no garantiza la mejor ubicación. El SMA asiste de dos maneras: (1) mediante instrucciones en formato de texto y (2) con proyecciones gráficas resaltadas en color azul que indican la ubicación óptima, basada en algoritmos de inteligencia artificial ejecutados en el Agente de Múltiples Soluciones y comunicados al Agente de Tutoría. Estos algoritmos se generan y evalúan utilizando A*. Este proceso representa la aproximación a una solución para el problema de tipo ill-defined, estableciendo así una valiosa guía en el SMA. Este proceso se ilustra en la Figura 6.9, que muestra la orientación proporcionada por el tutor inteligente para la ubicación de los objetos tanto en las paredes como en el piso.



Figura 6.9. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda en el desarrollo del Cableado Estructurado en paredes y a la derecha en pisos.

Después de colocar los respectivos elementos para el Cableado Estructurado tanto de pisos como de paredes, se procede a colocar el cable UTP, para esto el SMA posee una animación en donde del inventario el avatar del estudiante selecciona el cable UTP y en el escenario debe seleccionar el punto inicial que corresponde al punto de red y el punto final el equipo de comunicación en este caso un switch colocado previamente desde los equipos a disposición del inventario, este proceso se debe repetir en el mismo orden para cada punto de red del laboratorio, como se muestra en el Figura 6.10.

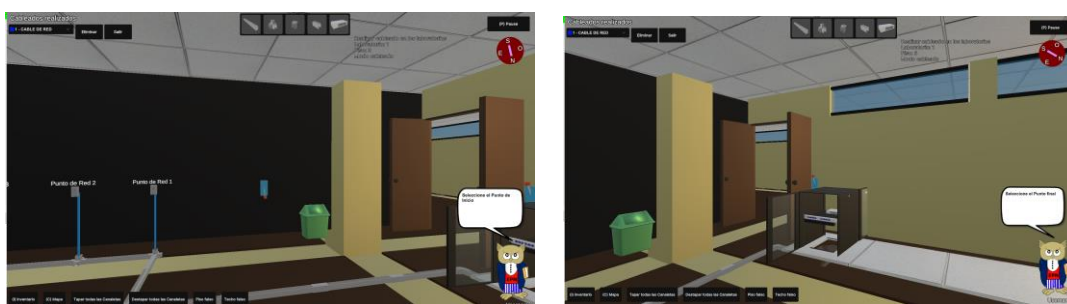


Figura 6.10. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.

Una vez completadas todas las tareas, se logra resolver con éxito el primer problema de tipo ill-defined, como se muestra en la Figura 6.11. En este punto, el tutor inteligente del SMA envía un mensaje al estudiante informando que ha sido exitosamente completado. Posteriormente, el SMA desbloquea el siguiente nivel, marcando así el progreso del estudiante en la plataforma educativa.

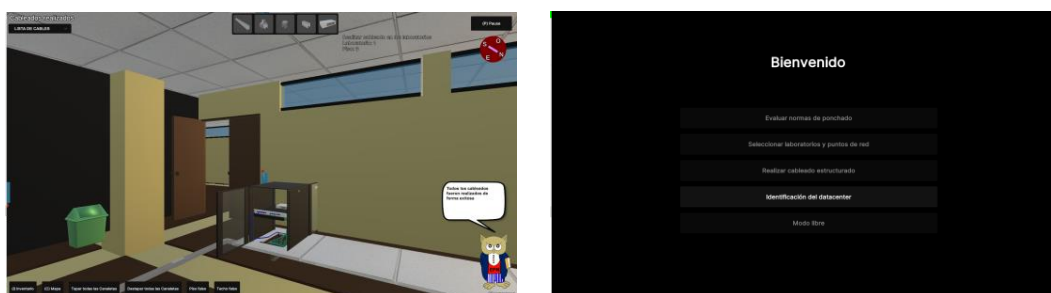


Figura 6.11. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.

En el cuarto nivel de ejecución del SMA, se plantea la tarea de determinar la ubicación del Datacenter de Comunicaciones, representando la segunda tarea para resolver un problema de tipo ill-defined. La complejidad de esta tarea radica en que la ubicación del datacenter no está predefinida, sino que depende tanto de la cantidad de laboratorios seleccionados por el usuario en el nivel 2 como de la ubicación física de dichos laboratorios. Esta variabilidad obliga a adaptar la ubicación del datacenter en consecuencia. Tal como se ilustra en la Figura 6.12, se muestra la elección del piso para la ubicación del datacenter: a la izquierda se muestra una elección incorrecta y a la derecha, la elección correcta del piso donde se ubicará el datacenter.

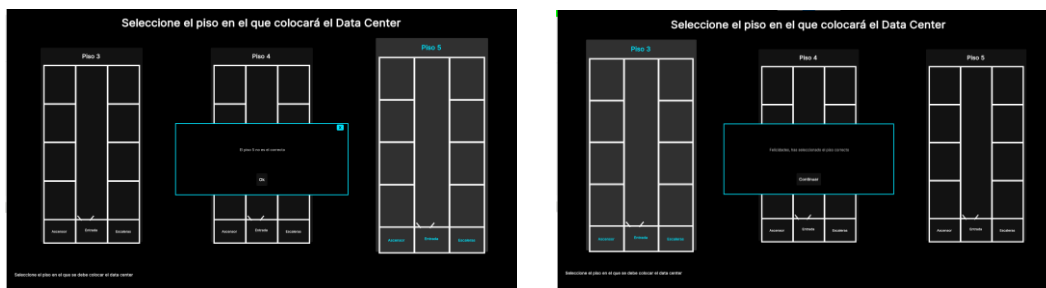


Figura 6.12. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda colocación del cable UTP en el punto de red y a la derecha colocación en el switch.

Hasta el momento se ha seleccionado solo el piso correcto, esto no determina la ubicación final del datacenter en su totalidad, para continuar con la tarea que resuelve el segundo problema de tipo ill-defined, se tiene 4 ubicaciones disponibles en cada piso, en este caso, el SMA ejecuta el correspondiente Algoritmo Genético de Inteligencia Artificial en donde se determina en el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones donde debe ser la ubicación óptima del datacenter, para esto el SMA genera una animación en donde gráficamente puede determinar el Backbone del Edificio y dirige el tutor inteligente también con mensajes de texto donde debe ser la ubicación del Datacenter, como se puede apreciar en la Figura 6.13.

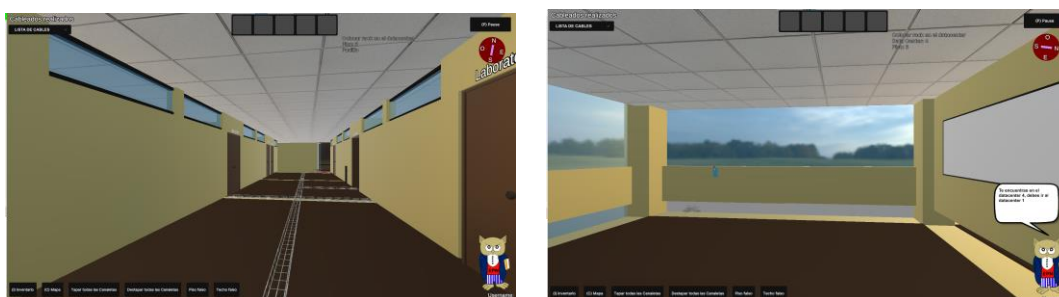


Figura 6.13. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica para ubicación del datacenter y a la derecha asistencia en modo texto.

Una vez dentro del laboratorio correcto, el tutor envía un mensaje de confirmación, como se muestra en la Figura 6.14. A la izquierda, se observa hasta dónde llega la animación del diseño del Backbone del edificio, indicando la ubicación óptima para el Rack y su equipo de comunicaciones. En la parte derecha de la Figura 6.14, se aprecia la colocación del rack de 48 unidades diseñado específicamente para el datacenter,

situado en una posición óptima. El objeto se resalta en color verde con un mensaje del tutor virtual confirmando su correcta ubicación. Este hito representa el segundo aporte significativo al resolver el segundo problema de tipo ill-defined, la 'Ubicación del Datacenter', a través del Agente Evaluador de Múltiples Soluciones con el uso del Algoritmo Genético.

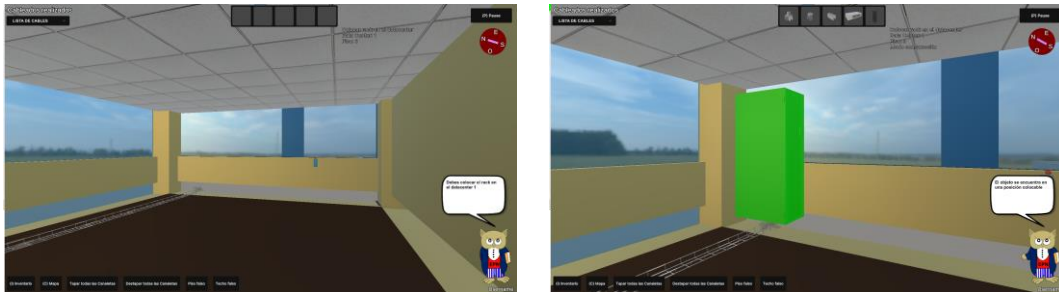


Figura 6.14. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica del SMA para ubicación del rack y a la derecha asistencia en modo texto.

Una vez que se coloca el Rack de 48 unidades con su equipo de comunicaciones en la ubicación óptima, el tutor inteligente muestra un mensaje en formato de texto (Figura 6.15, izquierda) confirmando el éxito en la finalización de la tarea que resuelve el segundo problema de tipo ill-defined. Esta acción desencadena el desbloqueo del quinto y último nivel del SMA (Figura 6.15, derecha), donde el estudiante tiene la libertad de seguir expandiendo la infraestructura del Cableado Estructurado de forma libre, sin restricciones, utilizando los elementos disponibles en el inventario.



Figura 6.15. Caso I: Guía del Tutor Inteligente. A la izquierda asistencia gráfica del SMA para ubicación del rack y a la derecha asistencia en modo texto.

6.2. Caso II: Con dos laboratorios de 3 y 4 puntos de red

En este caso el primer nivel de ejecución del SMA es el mismo que el Caso I, en el segundo nivel de ejecución al momento de seleccionar los laboratorios y el número de puntos de red, en este caso vamos a seleccionar dos laboratorios, el Laboratorio con 3 puntos de red y el laboratorio 2 con 4 puntos de red como se puede apreciar en la Figura 6.16.

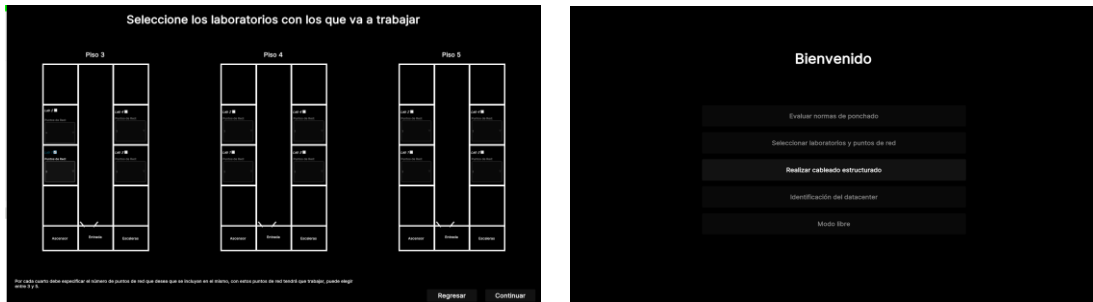


Figura 6.16. Caso II: Selección Laboratorio 1 y Laboratorio 2

El proceso sigue el mismo procedimiento que en el Caso I, con la variación de seleccionar dos laboratorios, uno de ellos con 4 puntos de red. Mientras que en el Laboratorio 1 se optó por 3 puntos de red. Al finalizar la configuración del Cableado Estructurado, el resultado obtenido se muestra en la Figura 6.17.



Figura 6.17. Caso II: Resultado Laboratorio 1. A la izquierda, se aprecia el Cableado Estructurado y a la derecha el mensaje del Tutor Inteligente

En el Laboratorio 2, se eligieron 4 puntos de red, como se muestra en la Figura 6.18. La ubicación óptima para el rack de 24 unidades en este laboratorio difiere del Laboratorio 1, ya que varía según la cantidad de puntos de red seleccionados, como se ilustra en la Figura 6.18 a la izquierda. En la parte derecha de la Figura, se presenta el mensaje del Tutor Inteligente confirmando la finalización del diseño y desarrollo del Cableado Estructurado, incluida la instalación del cable UTP. En este caso, se resuelve el primer problema de tipo ill-defined.

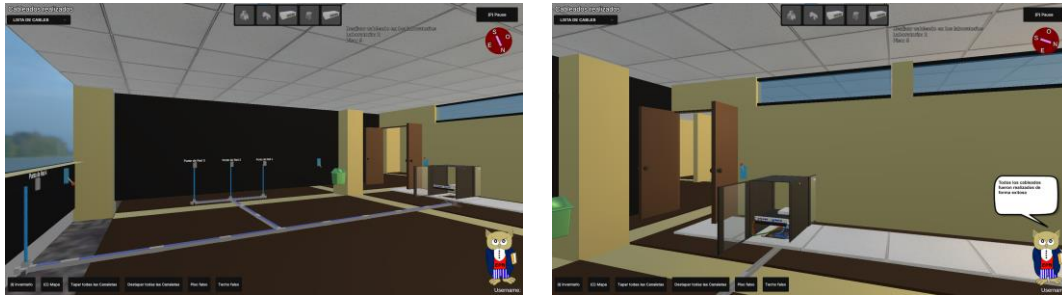


Figura 6.18. Caso II: Resultado Laboratorio 2. A la izquierda, se aprecia el Cableado Estructurado y a la derecha el mensaje del Tutor Inteligente

En el segundo problema de tipo ill-defined, que difiere del Caso I al centrarse en el Datacenter 2, el Agente de Tutoría se coordina con el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones para que el Algoritmo Genético determine la solución al trabajar con dos Laboratorios. Como se muestra en la Figura 6.19 a la izquierda, el Tutor guía al estudiante hacia el Datacenter 2. A la derecha, se observa que el Tutor Inteligente envía un mensaje en formato de texto al estudiante para indicar la ubicación óptima del Datacenter.

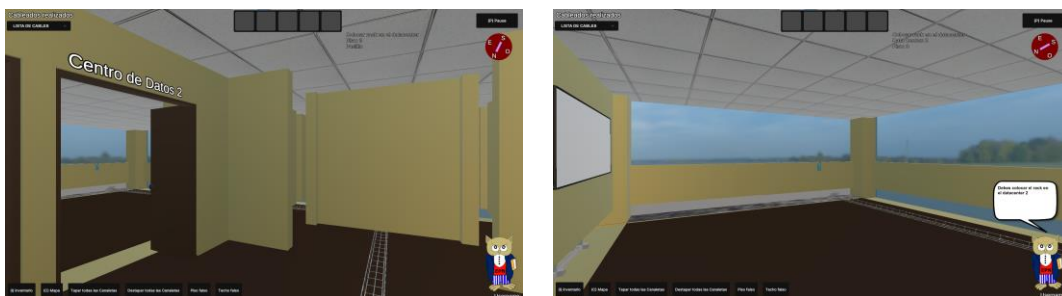


Figura 6.19. Caso II: Ubicación Datacenter. A la izquierda, se aprecia el espacio de Datacenter 2 y a la derecha el interior del Datacenter 2

Finalmente, se muestra el rack de 48 unidades con su equipo de comunicaciones correctamente ubicado en la posición óptima al trabajar con 2 laboratorios, uno con 3 puntos de red y otro con 4 puntos de red, tal como se visualiza en la Figura 6.20.



Figura 6.20 Guía del SMA para la ubicación del Rack del Laboratorio

6.3. Caso III: Con tres laboratorios de 3,4 y 5 puntos de red

En este escenario, se trabajará con 3 laboratorios que poseen 3, 4 y 5 puntos de red respectivamente: Laboratorio 1, Laboratorio 2 y Laboratorio 3. El primer nivel de interacción en el SMA es consistente con los Casos I y II, por lo que se muestra la interacción del segundo nivel en la Figura 6.21.

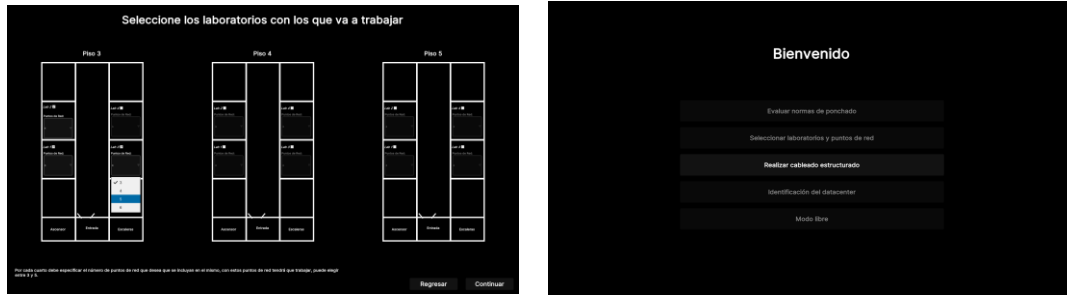


Figura 6.21. Caso III: Selección Laboratorio 1, Laboratorio 2 y Laboratorio 3

A continuación, se aborda la resolución del primer problema de tipo ill-defined. En la Figura 6.22 a la izquierda, se muestra la nomenclatura del Laboratorio 1, y a la derecha se observa el resultado del Cableado Estructurado para el Laboratorio 1, que contiene 3 puntos de red. Para este proceso, se deben seguir los pasos detallados descritos en el Caso I.

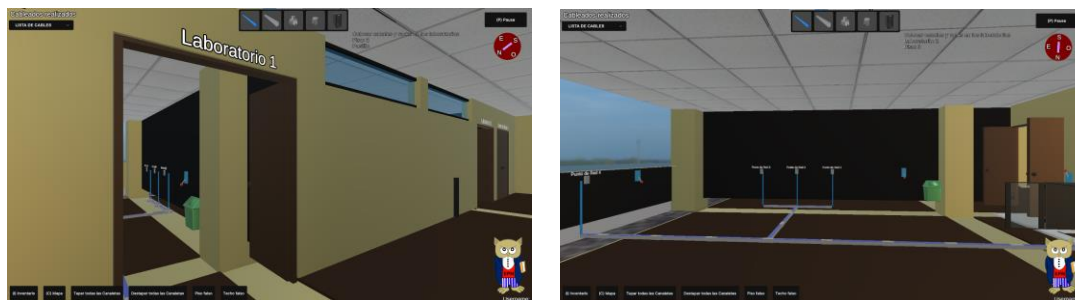


Figura 6.22. Caso III: A la izquierda Laboratorio 1 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 3 puntos de red.

Después de finalizar el Cableado Estructurado en el Laboratorio 1, se procede a completar la tarea con la asistencia del SMA Inteligente de Tutoría para el Laboratorio 2, que contiene 4 puntos de red. En la Figura 6.23, a la izquierda se muestra la nomenclatura del Laboratorio 2, y a la derecha se visualiza el resultado del diseño y desarrollo del Cableado Estructurado para resolver el problema de tipo ill-defined. En este proceso, los diversos Agentes del SMA Inteligente de Tutoría colaboran para orientar al estudiante de manera conjunta.



Figura 6.23. Caso III: A la izquierda Laboratorio 2 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 4 puntos de red.

Luego de completar el Cableado Estructurado en el Laboratorio 2, el estudiante debe abordar el diseño del Cableado Estructurado para el Laboratorio 3, el cual cuenta con 5 puntos de red. El proceso para lograr el resultado es similar al seguido en los Laboratorios 1 y 2. En la Figura 6.24, a la izquierda, se muestra la nomenclatura del Laboratorio 3; a la derecha se exhibe el resultado del Cableado Estructurado que incluye 5 puntos de red. Es importante señalar que la ubicación del rack con el equipo de comunicaciones difiere de la de los Laboratorios 1 y 2, dado que su colocación está directamente relacionada con el número y la ubicación de los puntos de red.

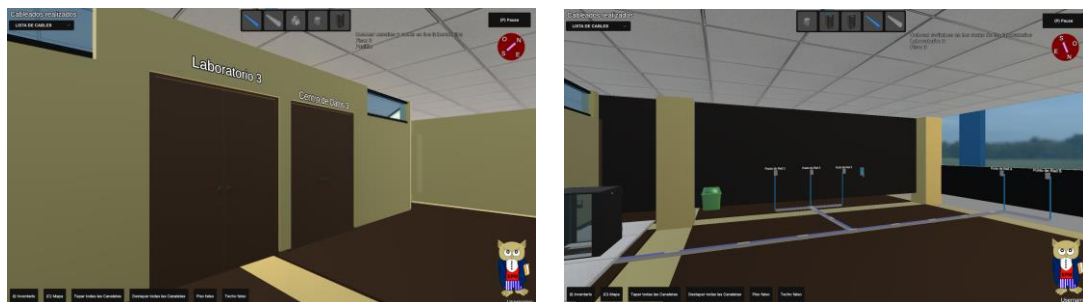


Figura 6.24. Caso III: A la izquierda Laboratorio 3 y a la derecha el resultado de Cableado Estructurado con 5 puntos de red.

En el cuarto nivel de ejecución del SMA, se aborda la tarea de identificar la ubicación óptima del datacenter. Para lograr esto, el Agente de Tutoría colabora con el Agente de Evaluación de Múltiples Soluciones para encontrar una solución al segundo problema de tipo ill-defined. Esta solución se transmite a través del Agente de Comunicación Global y el Agente de Comunicación con el Estudiante en el SMA. La Figura 6.25 muestra el inicio del nivel 4 del SMA.

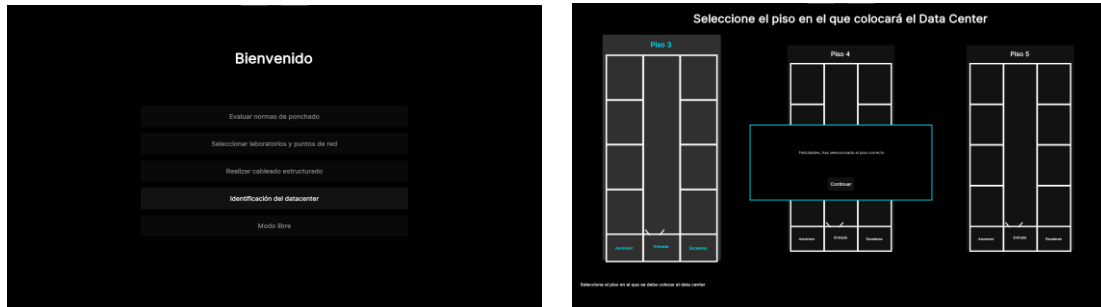


Figura 6.25. Caso III: A la izquierda Nivel 4 del SMA y a la derecha selección piso para la ubicación óptima del Datacenter.

En la Figura 6.26, a la izquierda se muestra el diseño y desarrollo del Backbone generado por el SMA mediante la interacción de cada uno de sus agentes, lo que resultó en la ubicación. En la parte derecha, se observa que el resultado de la generación, utilizando el algoritmo genético, determinó que el Datacenter 1 es la ubicación óptima.



Figura 6.26. Caso III: A la izquierda Backbone del Edificio y a la derecha Datacenter 1 como ubicación resultante.

Al ingresar al Datacenter 1, en la Figura 6.27 a la izquierda, se muestra la guía proporcionada por el Tutor Inteligente al señalar al estudiante la ubicación óptima para el rack de 48 unidades. Esta guía se proporciona de dos maneras: (1) mediante un mensaje en formato de texto y (2) a través de una tutoría visual. En la parte derecha de la figura, se visualiza el rack colocado en la posición deseada, y el Tutor Inteligente envía un mensaje de confirmación indicando que el rack se ha instalado correctamente en el Datacenter.



Figura 6.27. Caso III: A la izquierda guía del Tutor Inteligente para la ubicación del rack en el Datacenter 1 y a la derecha resultado de colocación del rack.

Por último, se observa el desbloqueo del nivel 5 del SMA, también conocido como Modo Libre, donde el estudiante tiene la libertad de diseñar y desarrollar el Cableado Estructurado en los otros laboratorios de la facultad utilizando los objetos y elementos disponibles a través del inventario, como se muestra en la Figura 6.28.

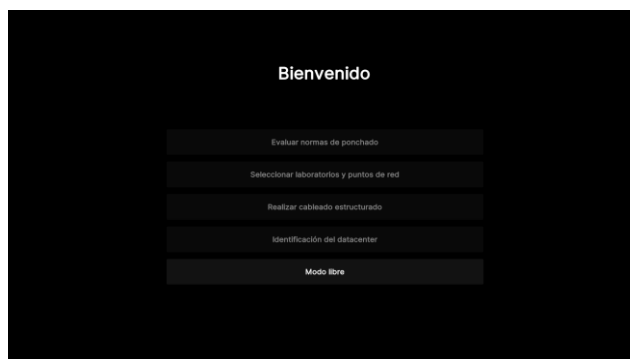


Figura 6.28 Nivel 5 desbloqueo Modo Libre del SMA.

ANEXO 3: Desarrollo Revisión Sistemática de Literatura aplicando la Metodología iKeyCriteria

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	i
Características de los Entornos Virtuales de Aprendizaje	ii
1.1. Método para la inferencia de criterios claves	ii
1.1.1. Etapas del Método iKeyCriteria.....	ii
1.1.2. Etapa Entrada.....	iii
1.1.3. Etapa Proceso	iv
1.1.4. Etapa Salida	viii
1.2. Aplicación Método iKeyCriteria.....	xi
1.2.1. Herramienta iKriteria	xi
1.3. Criterios claves en la definición de características de los Entornos Virtuales de Aprendizaje	xiii
1.4. Conclusiones.....	xxi
Referencias	xxii

Características de los Entornos Virtuales de Aprendizaje

En el capítulo 2, se introdujeron los conceptos asociados con los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), incluyendo su definición, problemas y limitaciones, aunque las características no se exploraron detalladamente. Debido a esta omisión, la sección actual busca abordar la necesidad de identificar las características fundamentales de los EVA. Para este propósito, se empleará una metodología que combina enfoques cuantitativos y cualitativos conocida como iKeyCriteria [1]. Originalmente desarrollada para definir los dominios de los Juegos Serios, esta metodología se adapta de forma genérica a diversos campos.

A continuación, se detalla el procedimiento para deducir los criterios clave utilizando iKeyCriteria, seguido por su aplicación específica al análisis de las características de los EVA.

1.1. Método para la inferencia de criterios claves

Una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) es una metodología de investigación diseñada para recopilar y sintetizar información relevante sobre un tema específico, con el fin de que los investigadores puedan identificar los criterios clave de un cuerpo de publicaciones. No obstante, descifrar completamente características como las de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) y establecer un nivel de importancia en el contexto mencionado sigue siendo un desafío, lo cual puede representar una limitación en la investigación. Debido a esto, es indispensable llevar a cabo un estudio minucioso y específico que permita deducir y jerarquizar los criterios clave en relación con las características esenciales de los EVA.

Por lo tanto, utilizando la metodología de Kitchenham [2] para Revisiones Sistemáticas de Literatura, se seleccionarán documentos para un análisis exhaustivo mediante procesos cualitativos y cuantitativos, con el objetivo de establecer un patrón de criterios clave para las características fundamentales de los EVA. Según Carrión [1], la principal aportación de este método es que facilita a los investigadores la selección y evaluación de la relevancia de los criterios en diversas áreas de conocimiento, permitiendo determinar la importancia de un criterio en una publicación o un conjunto de ellas.

1.1.1. Etapas del Método iKeyCriteria

Esta metodología se compone de tres etapas: Entrada, Proceso y Salida, las mismas que son detalladas a continuación:

Entrada: Esta fase está configurada por los criterios que se evaluarán junto con un conjunto de documentos destinados al análisis. Tras establecer estos parámetros iniciales, el proceso se bifurca en dos direcciones distintas:

Primera ruta: Se basa en la valoración subjetiva del investigador, quien examina el conjunto documental para verificar la presencia de los criterios estipulados.

Segunda ruta: Está guiada por un análisis estadístico que calcula la frecuencia con la que aparecen los criterios en los documentos para determinar su presencia. Es importante destacar que el término "documento" en este contexto de investigación hace referencia específicamente a publicaciones académicas.

A partir de estos caminos o rutas emergen resultados que se organizan en lo que los autores denominan una 'Matriz Booleana'. Esta matriz utiliza principios de lógica

matemática para sintetizar y determinar los criterios claves que son necesarios y suficientes dentro de un contexto específico analizado en un conjunto de documentos. Esta herramienta es fundamental para concluir de manera efectiva cuáles son los aspectos prioritarios que deben ser destacados y considerados en estudios futuros o aplicaciones prácticas relacionadas con el área de investigación.

1.1.2. Etapa Entrada

Para comenzar esta etapa, es esencial definir los criterios iniciales a partir de diversas fuentes bibliográficas que constituyen la base de nuestro campo de investigación. Es crucial tener una comprensión clara del contexto de estudio, para lo cual se recurre a la literatura fundamental a fin de recopilar un conjunto de términos clave que engloben el dominio en cuestión. Estos términos actúan como el punto de partida para la generación de los demás criterios empleados en el proceso. Los criterios iniciales se presentan en la matriz de análisis que se describe a continuación:

Conjunto de Criterios Iniciales

Como se establece en la Tabla 1.1, los criterios iniciales deben estar organizados adecuadamente. Por lo tanto, esta matriz se convierte en el elemento esencial de la metodología propuesta para la definición de los criterios iniciales. Este paso es fundamental para comprender el contexto del término y para agrupar términos junto con sus respectivos sinónimos. Como se muestra, la matriz se organiza en cuatro columnas: criterio, definición, contexto y sinónimos [1]. Esta estructuración facilita la claridad y sistematización necesarias para el análisis subsiguiente.

Criterio	Definición	Contexto	Sinónimos
Término 1	Descripción del Término 1	¿Qué se busca? Explicación del término 1	Términos relacionados y sinónimos
...
Término n	Descripción del Término n	¿Qué se busca? Explicación del término n	Términos relacionados y sinónimos

Tabla 1.1 Etapa Entrada: Matriz de criterios iniciales – Matriz de Análisis

De acuerdo con la Tabla 1.1, y las directrices establecidas por Carrión [1], se detalla la función de cada columna en la Matriz de Análisis:

- Criterio: esta columna facilita la descripción de los criterios iniciales, sirviendo como punto de partida para la validación de la investigación.
- Definición: proporciona la descripción precisa y el significado exacto de cada criterio. Aquí se clarifica la esencia de cada término para asegurar la comprensión uniforme entre todos los participantes e investigadores del estudio.
- Contexto: ofrece información adicional relevante que ayuda a los lectores e investigadores a comprender mejor el criterio en cuestión. Este contexto puede incluir detalles sobre cómo y dónde el criterio se aplica en el campo de estudio.
- Sinónimos: lista los términos relacionados con cada criterio que ayudan a obtener claridad y a evitar ambigüedades. Además, los sinónimos facilitan la búsqueda y el análisis de literatura relevante, al permitir identificar la presencia del criterio bajo diversas denominaciones en la selección de datos.

Conjunto de documentos para evaluar

Esta colección de documentos se obtiene mediante una RSL, que ofrece un resumen exhaustivo de los estudios de investigación pertinentes en relación con la pregunta de investigación planteada. La metodología propuesta por Carrión establece dos dimensiones distintas, las cuales, aplicadas prácticamente, resultan en dos colecciones de documentos. Dentro de esta metodología, estas colecciones se denominan P y Q.

- Colección de Documentos denominada P: esta colección agrupa los trabajos directamente relacionados con el contexto de estudio. Estos documentos son primordiales porque contienen información y hallazgos directamente aplicables o relevantes para el área que se está investigando.
- Colección de Documentos denominada Q: por otro lado, la colección Q reúne trabajos asociados a un contexto opuesto o diferente al del estudio. Esta colección es valiosa para proporcionar un contraste y, posiblemente, ofrecer perspectivas alternativas que podrían cuestionar, complementar, o enriquecer la comprensión de la pregunta de investigación desde ángulos distintos.

1.1.3. Etapa Proceso

Según Carrión [1], en esta etapa, la estructuración se realiza diferenciando entre procesos precedentes, también conocidos como antecedentes, y un proceso determinado consecuente. Tal como se ilustra en la Figura 1.1, el proceso que involucra la opinión del investigador experto se considera opcional. Esto significa que, aunque la experiencia y el juicio del investigador pueden enriquecer el análisis, la metodología está diseñada para funcionar independientemente de estas opiniones. Este enfoque permite mantener una estructura metodológica que puede ser replicada y validada sin depender exclusivamente del criterio subjetivo del investigador.

Proceso antecedente basado en la opinión del experto

En este proceso se requiere como primera actividad a realizarse es el desarrollo de la matriz de justificación. Como se aprecia en la Tabla 1.2 en donde se argumenta la presencia o no de los términos para la obtención de la matriz booleana que se puede apreciar en la Tabla 1.3, en donde las entradas corresponden a los valores lógicos 0 y 1, que determinan la ausencia o presencia de los criterios iniciales en la colección de documentos seleccionados de la RSL, tomado como base la opinión del experto, esto se debe realizar para las dimensiones P y Q.

Criterio	P		Q	
	Documento P1	Documento Pn	Documento Q1	Documento Qn
Término 1	El término aparece en el documento (SI o NO, justificación)	Justificación	Justificación	Justificación
...
Término n	El término aparece en el documento (SI o NO, justificación)	Justificación	Justificación	Justificación

Tabla 1.2 Etapa Proceso: Matriz de Justificación

Criterio	P		Q	
	Documento P1	Documento Pn	Documento Q1	Documento Qn
Término 1	0 v 1	0 v 1	0 v 1	0 v 1
...
Término n	0 v 1	0 v 1	0 v 1	0 v 1

Tabla 1.3 Etapa Proceso: Matriz Booleana

Proceso antecedente basado en la métrica $tf - idf$

La métrica ($tf - idf$) permite determinar la relevancia de una palabra dentro de un documento (publicación de investigación) [1], esta métrica brindará el soporte necesario para identificar la relevancia de los criterios iniciales para el conjunto de documentos. El valor de la métrica se incrementa proporcionalmente en concordancia a la frecuencia con la que aparece el término en el documento y es equilibrado con la cantidad de documentos en la colección que contienen el mencionado término, esto permite a equilibrar el hecho que en general algunos términos aparecen con mayor frecuencia.

Para iniciar el proceso según Carrión [1], se debe determinar la matriz denominada 'término-frecuencia', con la finalidad de obtener la cantidad (f) que aparece un término (t) en un documento (d), para el almacenamiento de la matriz término-frecuencia, como se aprecia en la Tabla 1.5, en donde cada término y sus sinónimos son contabilizados, aunque en un inicio se utiliza una matriz de análisis reducida que considera criterios con sus sinónimos como se parecía en la Tabla 1.4.

Criterio	Sinónimos
Término 1	Términos relacionados y sinónimos
...	...

Tabla 1.4 Etapa Proceso: Matriz de Análisis Reducida

Criterio	P		Q	
	Documento P1	Documento Pn	Documento Q1	Documento Qn
Término 1	$tf(t_i, d_j)$	$tf(t_i, d_j)$	$tf(t_i, d_j)$	$tf(t_i, d_j)$
...
Término n	$tf(t_i, d_j)$	$tf(t_i, d_j)$	$tf(t_i, d_j)$	$tf(t_i, d_j)$

Tabla 1.5 Etapa Proceso: Matriz de Término-Frecuencia

Tras la compilación de la matriz de frecuencias de términos, el siguiente paso consiste en calcular la frecuencia normalizada y su inversa para derivar el valor de ($tf - idf$), lo cual es crucial para obtener la matriz de frecuencias normalizadas, ejemplificada en la Tabla 1.6 utilizando la ecuación 1.1.

Frecuencia normalizada

Esta frecuencia ajusta la cantidad de veces que un término aparece en un documento, con el objetivo de normalizar el efecto de la longitud del documento en la clasificación de documentos. Se calcula dividiendo la frecuencia absoluta del término por la frecuencia máxima de cualquier término dentro del mismo documento.

La ecuación 1.1, específicamente diseñada para este propósito, facilita la obtención de la tabla de frecuencia normalizada para cada término en el documento, permitiendo una evaluación más equitativa del peso de cada término independientemente del tamaño del documento. Esto ayuda a asegurar que el análisis se centre en la importancia relativa de los términos dentro de los contenidos analizados, no simplemente en su frecuencia de aparición.

$$tf(t_i, d_j, a) = a + (1 + a) * \left(\frac{tf_{t_i, d_j}}{tf_{max}(d_j)} \right) \quad (1.1)$$

Donde

- $tf(t_i, d_j, a)$, representa el valor de la frecuencia normalizada.
- La constante $a = 0,5$ es el valor que atenúa la función de frecuencia del término y conduce a su normalización, de acuerdo a Manning [3].
- tf_{t_i, d_j} , corresponde a la frecuencia absoluta del término (t) en el documento (d).
- $tf_{max}(d_j)$, corresponde a la frecuencia máxima de un término en el documento.

Criterio	P		Q	
	Documento P1	Documento Pn	Documento Q1	Documento Qn
Término 1	$tf(t_i, d_j, a)$	$tf(t_i, d_j, a)$	$tf(t_i, d_j, a)$	$tf(t_i, d_j, a)$
Término n	...	...	...	...

Tabla 1.6 Etapa Proceso: Matriz de Frecuencia Normalizada

Luego de obtener la frecuencia normalizada, se procede a calcular los valores correspondientes a la frecuencia inversa (Tabla 1.7).

Frecuencia Inversa

La frecuencia inversa corresponde a una medida de si el término es común o no en el conjunto de documentos, para obtenerla se divide la cantidad de documentos para el número de documentos que contiene el término, a esta división se aplica el logaritmo en base 10 como se determina en la ecuación 1.2.

$$idf(t_i, D) = \log \left(\frac{n(D)}{df_{t_i}} \right) \quad (1.2)$$

Donde:

- $n(D)$, corresponde el total de documentos en el conjunto de documentos.
- df_{t_i} , representa el total de documentos en los cuales aparece el término.
- $idf(t_i, D)$, es el total calculado para cada término.

Criterio	Valor idf
Término 1	$idf(t_i, D)$
Término n	...

Tabla 1.7 Etapa Proceso: Matriz de Frecuencia Inversa

Finalmente, se obtiene la matriz $tf-idf$ que se puede visualizar en la Tabla 1.8

Matriz $tf-idf$, es el producto de dos medidas que corresponde a los valores obtenidos en la frecuencia normalizada $tf(t_i, d_j, a)$ por los valores de la frecuencia inversa $idf(t_i, D)$, ver ecuación 3.3.

$$tfidf(t_i, d_j, a, D) = tf(t_i, d_j, a) * idf(t_i, D) \quad (1.3)$$

Criterio	P		Q	
	Documento P1	Documento Pn	Documento Q1	Documento Qn
Término 1	$tfidf(t_i, d_j, a, D)$	$tfidf(t_i, d_j, a, D)$	$tfidf(t_i, d_j, a, D)$	$tfidf(t_i, d_j, a, D)$
Término n	...	...	...	...

Tabla 1.8 Etapa Proceso: Matriz $tf-idf$

Con estos valores de la Tabla 1.8, se debe crear una matriz booleana de valores lógicos (0, 1). En esta matriz se utiliza la variable k (k =varianza, promedio, moda y mediana) para representar el promedio de la frecuencia del valor $tf-idf$, en donde si el valor es mayor o igual que la variable $k(tfidf(t_i, d_j, a, D) \geq k$, entonces el valor de esta matriz será 1 caso contrario se coloca 0 como se puede apreciar en la Tabla 1.9.

En donde cualquier medida de dispersión como la desviación estándar y la varianza puede ser utilizada para la matriz $tf-idf$, para esto se deja a elección del investigador la opción para generar la matriz booleana.

Criterio	P		Q	
	Documento P1	Documento Pn	Documento Q1	Documento Qn
Término 1	0 v 1	0 v 1	0 v 1	0 v 1
Término n	...	...	...	...

Tabla 1.9 Etapa Proceso: Matriz Booleana $tf-idf$.

Proceso consecuente

Este proceso de inferencia tiene como finalidad la generación de las matrices de instanciación, comportamiento y emparejamiento, para esto se basa en axiomas lógicos en el proceso de extracción de los criterios claves a ser utilizados en los contextos de estudio que se está investigando.

Es por ello que este proceso busca inferir los criterios clave o conocido como 'patrón de criterios' [1], para ello se utilizan como entradas las matrices booleanas obtenidas a través de los procesos antecedentes, para esto se describe cada uno de los procesos para la obtención de los criterios clave finales.

Matriz de instanciación

Esta matriz permite analizar de esta manera de manera independiente cada criterio, al especificar si el criterio está o no en el documento analizado, además permite la identificación del documento analizado. Además, permite identificar si el documento analizado se enmarca en el contexto de estudio. Luego de la obtención del par de valores identificados por filas de la matriz, determinar a través de la tabla de verdad si

se encuentra en alguna categoría de la matriz de patrón lógico que se presenta en la Tabla 1.13.

En la Tabla 1.10 se muestra la matriz de instanciación que está compuesta de dos columnas, correspondientes a criterios y documentos P y Q.

En la columna correspondiente a criterios se colocan los valores de la fila de la matriz booleana de cada criterio (procesos antecedentes 1 o 2), para esto se requiere construir una matriz para cada término evaluado.

En la columna de documentos se puede colocar uno de los valores 0 o 1, esto dependerá del contexto de estudio, se colocará un 1 cuando pertenezcan a la dimensión P que determina la colección de documentos relacionados al contexto de estudio, caso contrario deberá colocarse el valor de 0 para la dimensión opuesta representada por Q.

Criterio	Documento
Término 1..n	$(P-1) (Q-0)$
0 v 1	$1(P1)$
0 v 1	$2(P2)$
...	...
0 v 1	$0(Q1)$
0 v 1	$0(Q2)$
...	...

Tabla 1.10 Etapa Proceso: Matriz de Instanciación

1.1.4. Etapa Salida

Matriz de comportamiento

Esta matriz permite categorizar y determinar que criterios son relevantes en el contexto de estudio y es validado con ayuda de las tablas lógicas de verdad.

En el desglose de la matriz de comportamiento según Carrión [1] se debe considerar dos partes que se pueden visualizar en la Tabla 1.11. La primer parte se compone de dos columnas que corresponde a la tabla de verdad que a su vez está compuesta por una columna para cada dimensión de p y q. en la segunda parte correspondiente a la tercera columna se describe los posibles resultados de la comparación del par de valores correspondientes a los criterios y documentos que han sido extraídos de la Matriz de Instanciación, en esta parte la Matriz de Comportamiento, para la tabla de verdad se utiliza los valores p y q , en donde p corresponde a los criterios en que su existencia ha sido verificada en los documentos, y q representa los documentos, tanto para la dimensión de estudio P como para la dimensión opuesta Q.

Los valores p y q pueden tomar los valores lógicos 0 y 1, luego estos para estos dos valores se tiene que verificar en la Matriz de Instanciación compuesta de criterios y documentos. Se verifica la existencia de estos dos valores en la tabla de verdad de la Matriz de Instanciación, en este caso tomará un valor verdadero colocando el valor de 1, por el contrario será false y se tendrá que colocar el valor de 0.

Después el resultado final de la segunda sección de valores es comparado con la Matriz de patrones lógicos, para visualizar si corresponde a un Patrón Lógico como se puede mostrar en la Tabla 1.13

Tabla de Verdad		Resultados-Criterio
p	q	
1	1	1 verdadero, 0 falso
1	0	1 verdadero, 0 falso
0	1	1 verdadero, 0 falso
0	0	1 verdadero, 0 falso

Tabla 1.11 Etapa Salida: Matriz de Comportamiento

Carrión [1], cita un ejemplo para clarificar la lógica, que se presenta a continuación:

$p \rightarrow q$ Si p entonces q .

El investigador especifica: “Si encontré el criterio clave en mi documento de estudio, éste podría ser un documento de mi contexto de estudio”. Esta declaración se conoce como condicional.

p : criterio

q : contexto de estudio

De tal manera que el enunciado se lo puede expresar como: $p \rightarrow q$

Su tabla de verdad se representa de la siguiente manera

p	q	$p \rightarrow q$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Tabla 1.12 Etapa Salida: Tabla de verdad

La interpretación de los resultados obtenidos y presentados mediante la Tabla 1.12, se lo puede determinar como:

Analizando si el investigador mintió con el enunciado de la afirmación presentada, en este caso $p = 1$ representa que el criterio clave se encontró en su documento de estudio y $q = 1$ que el documento en cuestión corresponde al contexto de estudio determinado, por lo tanto $p \rightarrow q = 1$ corresponde a que el investigador dijo la verdad.

En el caso que $p = 1$ y $q = 0$, significa que $p \rightarrow q = 0$ quiere decir que el investigador mintió, debido a que encontró el criterio clave en el documento de estudio, nada mas que el documento no pertenece al contexto de estudio.

Cuando $p = 1$ y $q = 0$, quiere decir que aunque no encontró el criterio clave en el documento de estudio, el documento si pertenece a su contexto de estudio por lo tanto el investigador no mintió, por lo que $p \rightarrow q = 1$.

En el caso que $p = 1$ y $q = 0$, se puede interpretar que si bien no se encontró el criterio en el documento de estudio, ese documento no pertenece al contexto de estudio, por lo tanto $p \rightarrow q = 1$, en este caso el investigador tampoco mintió.

Con este ejemplo se permite clarificar que para llegar al resultado se debe aplicar la lógica matemática, que consiste en la disciplina de los métodos de razonamiento que permitirá clasificar el criterio dentro de la Tabla 1.13, en donde se presenta los axiomas lógicos que permitirá clasificar los criterios. Esta Matriz de patrones lógicos está compuesta de las siguientes columnas: la primera corresponde a las tablas de verdad, la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta columna está determinada por los patrones lógicos.

Tabla de Verdad		Condición Necesaria y No Suficiente	Condición No Necesaria y Suficiente	Condición Necesaria y Suficiente	Condición No Necesaria y No Suficiente	
p	q	$q \rightarrow p$	$p \rightarrow q$	$p \leftrightarrow p$	$(p \wedge q)$	$(p \wedge q) \rightarrow p$
1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0	1

Tabla 1.13 Etapa Salida: Matriz de Patrones Lógicos

A continuación se describe cada una de las categorías presentadas en la Tabla 1.13, que corresponden a las categorías para clasificar un criterio

- Necesario y No Suficiente (N-NS) $q \rightarrow p$: corresponde a la existencia del criterio en todos los documentos del contexto de estudio y que el criterio aparece al menos una vez en el contexto de estudio opuesto.
- No Necesario y Suficiente (NN-S) $p \rightarrow q$: determina que el criterio aparece al menos una vez en el contexto de estudio y no aparece en ningún documento del contexto de estudio opuesto.
- Necesario y Suficiente (NS) $p \leftrightarrow p$: significa que el criterio aparece en todos los documentos del contexto de estudio y no aparece en ningún documento del contexto de estudio opuesto.
- No Necesario y No Suficiente (NN-NS) $(p \wedge q) \rightarrow p$: representa que el criterio aparece al menos una vez en el contexto de estudio y además aparece al menos una vez en la colección de documentos del contexto de estudio opuesto.
- Ninguno: en este caso el criterio no estaba en ninguna de las categorías determinada en la Matriz de Patrones Lógicos.

Matriz de Emparejamiento:

La Matriz de Emparejamiento es utilizada para categorizar los criterios que fueron analizados con anterioridad, de acuerdo con un patrón lógico de comportamiento, que se puede visualizar en la Tabla 1.14.

Este método ha sido aplicado en diferentes contextos de estudio [4], [5], debido a la flexibilidad que posee y su característica genérica, lo que permite que sea aplicado en diversas áreas de investigación como en nuestro caso las características relevantes y esenciales de los Entornos Virtuales de Aprendizaje.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio N
	1	1	1
	1	0	0
	0	1	0
	0	1	1
Patrón Lógico	Necesario y No Suficiente	No Necesario y Suficiente	Necesario y Suficiente

Tabla 1.14 Etapa Salida: Matriz de Emparejamiento

1.2. Aplicación Método iKeyCriteria

Para optimizar la aplicación del método iKeyCriteria, los integrantes del Grupo de Investigación LudoLab, de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador, han desarrollado una herramienta automatizada. Esta herramienta facilita tanto la obtención de la Matriz Booleana por medio de análisis estadístico como a través de evaluaciones de expertos investigadores. Posteriormente, emplea lógica matemática para categorizar los resultados. A continuación, se describe la herramienta que automatiza la aplicación del método iKeyCriteria.

1.2.1. Herramienta iKriteria

Consiste en una aplicación web denominada iKriteria que automatiza el proceso de aplicación del método iKeyCriteria y consta de tres módulos: módulo de información, administración y la aplicación del proceso.

Módulo Informativo

Este módulo contiene dos partes:

Página de inicio: Aquí se encuentra una descripción básica del método iKeyCriteria, que sirve para introducir a los usuarios nuevos en los principios y objetivos de la herramienta.

Manual básico: Se ofrece un manual que explica cómo utilizar correctamente el aplicativo. Este recurso es esencial para asegurar que los usuarios puedan manejar de manera efectiva la herramienta para realizar análisis de acuerdo con el método iKeyCriteria.

Módulo de Administración

Este módulo cumple una función crucial dentro de la herramienta, gestionando la administración de los usuarios y registrando sus actividades detalladamente. Opera de

manera precisa con el foco puesto en dos estados principales del proceso de investigación:

Primer Estado - Ejecución del Método: Durante esta fase, mientras el investigador está activamente utilizando el método, la aplicación monitoriza y almacena de forma automática cada cambio de estado en el proceso. Esto incluye acciones como la adición o eliminación de archivos, así como el registro o la supresión de criterios utilizados en el método. Esta funcionalidad asegura que se mantenga un registro continuo y actualizado de las actividades del investigador, proporcionando una trazabilidad completa y facilitando la revisión de las acciones realizadas.

Segundo Estado - Finalización del Método: Una vez que el investigador completa la ejecución del método, la aplicación procede a registrar y almacenar de manera definitiva todos los archivos PDF, los criterios utilizados, y los resultados obtenidos. Este archivo sistematizado es esencial para preservar los outputs del proceso investigativo, permitiendo un acceso fácil y organizado para análisis futuros o revisiones.

Módulo de Aplicación

El Módulo de Aplicación de la herramienta que automatiza el método iKeyCriteria es fundamental para la ejecución efectiva del método. Este módulo se compone de cinco submódulos diseñados para facilitar el desarrollo y la aplicación del método de manera estructurada y eficiente:

- **Registro de Documentos:**
 - **Primera y Segunda Interfaz:** Permiten al investigador cargar documentos en formato PDF. La primera interfaz está destinada para los documentos que corresponden al contexto de estudio (P), mientras que la segunda se utiliza para los documentos del contexto opuesto.
 - **Tercera Interfaz:** Facilita la visualización de los documentos ya cargados, permitiendo al investigador revisar y confirmar que los documentos estén correctamente asociados a cada contexto de estudio.
 - **Cuarta Interfaz:** Proporciona retroalimentación sobre la correcta carga de los documentos y orienta al investigador sobre cómo proceder una vez que los documentos están en la plataforma.
- **Registro de Criterios y Sinónimos:**

Este submódulo permite al investigador ingresar criterios y sus respectivos sinónimos mediante dos campos de texto. Estos términos son luego exhibidos en una tabla, facilitando la revisión y la gestión de los datos ingresados.

- **Selección del Tipo de Proceso:**

Aquí, el investigador puede elegir entre dos procesos. El primer proceso se basa en la opinión del experto investigador y utiliza la matriz booleana derivada del análisis para pasar a la obtención de resultados. El segundo proceso emplea la métrica tf-idf, donde el investigador seleccione el tipo de medida k para comparar en las etapas subsiguientes del análisis.

- **Selección del Tipo de Medida:**

Permite al investigador elegir entre diferentes medidas estadísticas descriptivas (mediana, moda, media y varianza) para calcular la variable k necesaria para la obtención de la matriz booleana.

- Resultados:

Este último submódulo muestra al investigador los resultados obtenidos, presentados a través de gráficos estadísticos circulares que categorizan los criterios y exhiben todas las matrices producidas durante el proceso. Además, ofrece la opción de descargar estos resultados en un archivo de hoja de cálculo para análisis o presentaciones futuras.

Esta aplicación iKriteria se encuentra disponible en la siguiente dirección web: <http://criteria-checker.epn.edu.ec/metodologia/>, y su pantalla de inicio, se puede apreciar en la Figura 1.2.

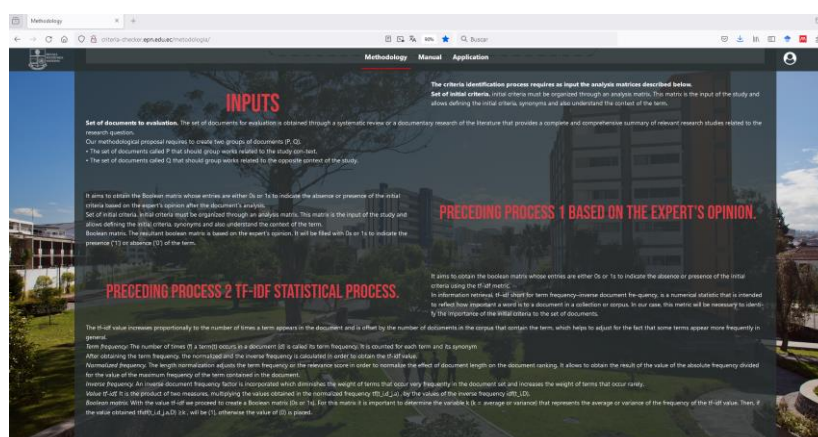


Figura 1.2. Aplicación web iKriteria.

1.3. Criterios claves en la definición de características de los Entornos Virtuales de Aprendizaje

Para aplicar efectivamente el método iKeyCriteria en la evaluación de las características relevantes de los EVA, es crucial comenzar por establecer de manera clara y precisa el contexto de estudio. Este paso inicial implica definir dos dimensiones críticas:

Contexto de Estudio Principal: Este se centra directamente en las "características relevantes de los Entornos Virtuales de Aprendizaje". Este será el marco principal de análisis y se refiere a la dimensión 'P' en el método iKeyCriteria.

Contexto de Estudio Opuesto: Después de definir el contexto principal, se identifica un contexto opuesto para proporcionar una perspectiva comparativa y contrastante. En este caso, el contexto opuesto podría ser las características de los Entornos Presenciales de Aprendizaje, designado como la dimensión 'Q'. Esto permite una comparación directa entre los ambientes virtuales y tradicionales, destacando las particularidades y ventajas de los EVA.

Una vez establecidas estas dos dimensiones, se aplica la métrica $tf-idf$ (frecuencia de término – frecuencia inversa de documento). Este paso matemático es esencial para cuantificar la importancia de los términos dentro de los documentos en relación con ambos contextos. Esta métrica ayuda a identificar los términos que son estadísticamente significativos para los EVA en comparación con el contexto opuesto, lo cual es crucial para discernir los criterios clave que describen las características únicas y efectivas de los EVA.

El contexto de estudio principal se define como ‘características relevantes de los ‘Entornos Virtuales de Aprendizaje’, para la aplicación del método iKeyCriteria corresponde a la dimensión ‘P’, por el contrario el contexto de estudio opuesto corresponde a las características de los Entornos Presenciales de Aprendizaje en este caso de estudio correspondiente a la dimensión ‘Q’.

Para aplicar el método iKeyCriteria en la identificación de las características clave de los Entornos Virtuales de Aprendizaje, los documentos esenciales son artículos de investigación que se han recopilado empleando la metodología de Kitchenham [2], a través de una RSL. Este proceso garantiza que los documentos seleccionados cumplan rigurosamente con los criterios de búsqueda establecidos para este estudio, ofreciendo una base documental relevante y focalizada.

Después de implementar la RSL y siguiendo los criterios de inclusión y exclusión específicos definidos por el investigador experto en función de los contextos de estudio, se identificaron un total de 22 documentos. Estos documentos constituyen los datos de entrada para la fase inicial del método iKeyCriteria. A continuación, se utiliza la herramienta iKriteria para facilitar y compartir la especificación de los criterios iniciales derivados de esta colección de documentos.

La Tabla 1.15 documenta estos criterios iniciales, estableciendo así una base sólida para comenzar el estudio del contexto de los Entornos Virtuales de Aprendizaje. Esta tabla no solo sirve como referencia inicial para el análisis posterior mediante el método iKeyCriteria, sino que también asegura que todos los aspectos pertinentes se consideren de manera exhaustiva desde el inicio del estudio.

A continuación se procede a ingresar como datos de entrada todos los documentos del contexto de estudio que conforman la colección de documentos correspondiente a la Dimensión ‘P’ son: [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]; y, la colección de documentos que pertenecen al contexto opuesto de estudio correspondiente a la dimensión ‘Q’ son: [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. En la Figura 1.3, se puede apreciar los documentos ingresados al sistema iKriteria para los dos contextos de estudio.

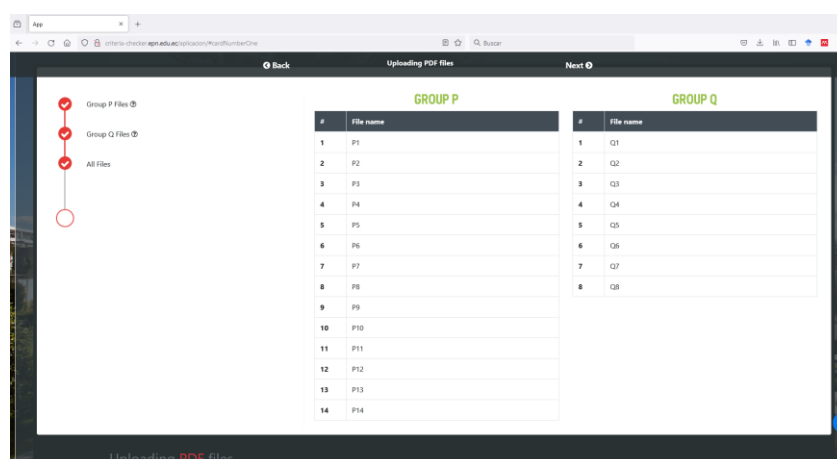


Figura 1.3. Ingreso Documentos Dimensiones P y Q.

Una vez que los documentos de estudio han sido cargados en el sistema iKriteria, el siguiente paso es la introducción de los criterios base o criterios iniciales que son fundamentales para establecer el patrón de criterios claves. Este proceso es crucial, ya

que los criterios iniciales funcionan como la fundación para el análisis subsiguiente y la identificación de patrones significativos dentro del campo de estudio.

Criterion	Sinónimos	Criterion	Sinónimos
communication	exchanging information, comunicación, intercambio de información, message, mensaje	tools for management	management and tracking of students, herramientas de administración, tools, management resources, management solutions
self-assessment	selfassessment, autoevaluación, auto-evaluación, student assessment, assessment, evaluación, evaluation	tools for tracking	herramientas de seguimiento, management and tracking of students, tracking instruments, tracking resources, tracking utilities, tracking aids
summative assessment	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluation	student tools	herramientas para estudiantes, student resources, student aids, student instruments
learning resources	recursos de aprendizaje, learning, recursos, materiales	customizable interface	interfaz personalizable, consistent and customisable look and feel, adaptable interface, tailorable interface, personalizable interface, gui, interface
shared areas	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared, compartida, áreas compartidas de trabajo	consistent interface	interfaz consistente, consistent and customisable look and feel, interface, uniform interface, standardized interface, reliable interface, cohesive interface
learning materials	recursos de aprendizaje, learning, recursos, recursos	navigation structure	estructurada navegación, navegación estructurada, navigational framework, navigation layout, navigation system, navigation
support for students	ayuda para estudiantes, help, support, ayuda, asistencia, student assistance, student guidance, student aid	delivery of learning resources and materials	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, materials, resources, distribution of educational materials, provision of learning resources, dissemination of educational materials, supply of instructional resources

Tabla 1.15 Etapa Entrada: Matriz de Criterios Iniciales

En la Figura 1.4, se muestra cómo se realiza el registro de estos criterios junto con sus respectivos sinónimos en el sistema. Esta representación visual facilita la comprensión de cómo se organizan y se introducen los criterios dentro de iKriteria. Cada criterio, junto con sus sinónimos, es meticulosamente registrado para asegurarse de que todos los términos relevantes sean considerados durante el análisis. Esta inclusión de sinónimos es especialmente importante para abarcar variantes terminológicas que podrían aparecer en los documentos analizados, asegurando así una cobertura comprensiva y una clasificación efectiva durante la ejecución del método iKeyCriteria.

En la Tabla 1.16 se detalla una lista exhaustiva de los criterios clave obtenidos y sus sinónimos, junto con las respectivas definiciones y el contexto en el que estos son relevantes para la RSL aplicada con la metodología iKey Criteria. Esta tabla es fundamental porque no sólo identifica los términos importantes dentro del estudio, sino que también los clarifica y contextualiza dentro del contexto de estudio.

Criterio	Definición	Contexto	Sinónimos
communication	Permite la comunicación entre los participantes	Determinar la existencia del criterio en el contexto de estudio	exchanging information, comunicación, intercambio de información, message, mensaje
self-assessment	Provee herramientas para que el estudiante realice su propio seguimiento	Si el EVA tiene herramientas para autoevaluación.	selfassessment, autoevaluación, auto-evaluación, student assessment, assessment, evaluación, evaluation
summative assessment	Permite realizar evaluaciones parciales para control del aprendizaje	El EVA debe proveer herramientas para realizar evaluaciones parciales	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluation
learning resources	Proveen en diferente formato los contenidos a tratar	EVA debe permitir compartir los contenidos en diferente formato	recursos de aprendizaje, learning, recursos, materiales
shared areas	Espacios virtuales compartidos para desarrollar diferentes actividades de aprendizaje	El entorno debe proporcionar distintas herramientas para	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared, compartida, áreas compartidas de trabajo
learning materials	Contenido de aprendizaje en diferentes formatos	La plataforma debe proporcionar diferentes formas para compartir	recursos de aprendizaje, learning, resources, recursos
support for students	Provee instrucciones para solucionar diferentes problemas que se presentan	El entorno debe proveer asistencia al estudiante	ayuda para estudiantes, help, support, ayuda, asistencia, student assistance, student guidance, student aid
tools for management	Herramientas para la gestión de usuarios, cursos, asignaturas y contenidos	El EVA debe proporcionar diferentes niveles de gestión para usuarios	management and tracking of students, herramientas de administración, tools, management resources, management solutions
tools for tracking	Herramientas para realizar un seguimientos automatizado de los participantes	La plataforma debe proveer diferentes herramientas para realizar un seguimiento de usuarios	herramientas de seguimiento, management and tracking of students, tracking instruments, tracking resources, tracking utilities, tracking aids
student tools	Herramientas para que los estudiantes accedan a los contenidos y desarrollen las tareas asignadas	El entorno debe proporcionar herramientas para el desarrollo de actividades	herramientas para estudiantes, student resources, student aids, student instruments
customizable interface	La interfaz contiene varios parámetros configurables	El EVA debe proporcionar los parámetros para configurarlos para mejorar la experiencia	interfaz personalizable, consistent and customisable look and feel, adaptable interface, tailorable interface, personalizable interface, gui, interface
consistent interface	Interfaz que contiene elementos suficientes para desarrollar las actividades de aprendizaje	La plataforma debe proporcionar una experiencia relevante para los usuarios	interfaz consistente, consistent and customisable look and feel, interface, uniform interface, standardized interface, reliable interface, cohesive interface
navigation structure	Proporciona elementos para que la navegación en la plataforma de interacción sea eficiente	El entorno debe contener los elementos necesarios para que la navegación sea efectiva	estructurada navegación, navegación estructurada, navigational framework, navigation layout, navigation system, navigation
delivery of learning resources and materials	Determinar diferentes espacios, materiales y herramientas para el intercambio de la información	El EVA debe proveer a los participantes diferentes espacios y herramientas para el intercambio de información de aprendizaje en diferentes formatos.	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, resources, distribution of educational materials, provision of learning resources, dissemination of educational materials, supply of instructional resources

Tabla 1.16 Etapa Entrada: Matriz de Criterios Iniciales – Matriz de Análisis

#	Criteria	Synonyms
1	communication	exchanging information, communication, intercambio de información, message, message.
2	self-assessment	self-evaluation, auto-evaluation, self-evaluation, student assessment, assessment, evaluation, evaluation.
3	summative assessment	evaluación sumativa, assessment, evaluation, evaluation.
4	learning resources	recursos de aprendizaje, learning resources, materials.
5	shared areas	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared workspace, áreas compartidas de trabajo.
6	learning resources	recursos de aprendizaje, learning resources, resources.
7	support for students	ayuda para estudiantes, help, support, ayuda, asistencia, student assistance, student guidance, student aid.
8	tools for management	management and tracking of students, herramientas de administración, tools, management resources, management systems.
9	tools for teaching	herramientas de enseñanza, management and tracking of students, tracking instruments, tracking resources, tracking systems, tracking aids.
10	student tools	herramientas para estudiantes, student resources, student aids, student instruments.
11	customizable interface	interfaz personalizable, control and customizable look and feel, adaptable interface, adaptable interface, personalizable interface, qa interface.
12	consistent interface	interfaz consistente, consistent and customizable look and feel, interface, uniform interface, standardized interface, reliable interface, reliable interface.
13	navigation structure	estructura de navegación, navigation structure, navigational framework, navigation layout, navigation system, navigation.
14	delivery of learning resources and materials	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales, resources, resources de aprendizaje, materiales, resources.

Figura 1.4. Registro de criterios iniciales y sus sinónimos.

Después de introducir los criterios iniciales y sus sinónimos en el sistema, el próximo paso es elegir el tipo de proceso antecedente adecuado para el análisis. En este caso particular, se ha seleccionado el proceso antecedente 2 que implica la aplicación de la métrica estadística *tf-idf* (frecuencia de término – frecuencia inversa de documento). La selección del método *tf-idf* como proceso antecedente en el análisis se representa visualmente en la Figura 1.5 del sistema iKriteria. En esta interfaz, el usuario tiene la posibilidad de visualizar y confirmar la elección de esta métrica estadística.

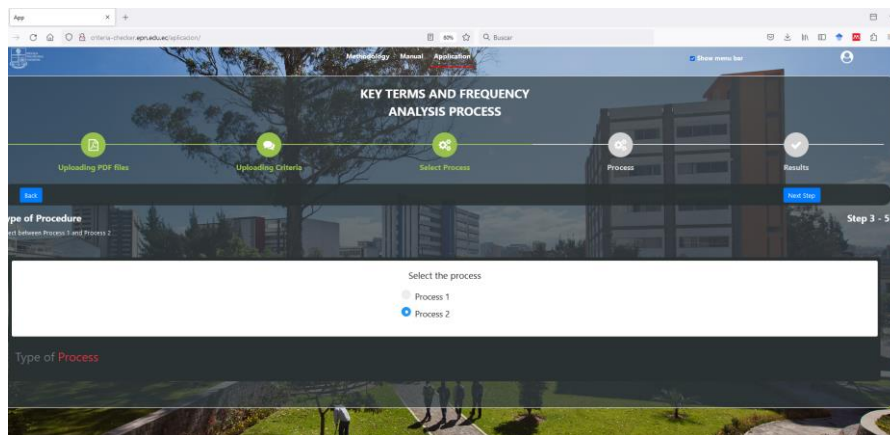


Figura 1.5. Selección proceso antecedente métrica *tf-idf*.

Tras la elección de utilizar la métrica *tf-idf* como el proceso antecedente, se procede a elaborar y comprobar si el valor de $tf-idf(t_i, d_j, a, D)$ alcanza o supera un umbral determinado, k . En el sistema, se utiliza una matriz booleana donde se asigna un valor de 1 cuando existe una coincidencia, es decir $(tfidf(t_i, d_j, a, D) \geq k)$, y un valor de 0 en el caso contrario. Aquí, k representa la frecuencia del valor *tf-idf* correspondiente a las métricas estadísticas de la media, mediana, moda y varianza.

Este proceso estratégico permite al investigador seleccionar la medida estadística que desea utilizar para calcular k y obtener la tabla booleana adecuada. Para este caso específico, se ha seleccionado la mediana como la medida estadística para calcular k . La elección de la mediana ayuda a mitigar el impacto de valores atípicos en el conjunto de datos, proporcionando un punto de corte más representativo para establecer la relevancia de los términos en los documentos.

En la Figura 1.6 del sistema iKriteria, se muestra un resumen de las tablas que se generan a partir del análisis *tf-idf*. Para facilitar una revisión detallada de cada tabla generada, el investigador puede interactuar con el sistema haciendo clic en el botón 'Show'. Este botón despliega una vista detallada de los resultados del cálculo *tf-idf* para cada documento analizado según los criterios establecidos, permitiendo al investigador un análisis más profundizado y concreto de los datos.



Figura 1.6. Resumen tablas resultantes con proceso basado en la métrica *tf-idf*.

En la Tabla 1.17, se presentan los resultados de los criterios clave que han sido categorizados utilizando el proceso de análisis en el cual se seleccionó la mediana como valor de *k*. Este enfoque permite identificar de manera efectiva aquellos términos que superan el valor medio de la distribución *tf-idf*, considerándolos así como significativos dentro del conjunto de documentos analizados.

Este método, al usar la mediana, asegura que los criterios seleccionados son representativos y evita la influencia desproporcionada de valores atípicamente altos o bajos que podrían distorsionar la interpretación de los datos. La mediana, por ser un valor central en una secuencia numérica ordenada, proporciona un umbral equilibrado que refleja una perspectiva más genuina de lo que es frecuentemente importante.

La categorización en la Tabla 1.17 facilita una visualización clara de cómo cada criterio se alinea con la relevancia establecida por el análisis *tf-idf* utilizando la mediana como referencia. Esto provee una base sólida para decisiones adicionales respecto a la investigación o la implementación de estrategias basadas en los EVA, ayudando a los investigadores a concentrarse en aspectos que son verdaderamente pertinentes según el conjunto de datos analizados.

Criterio	Sinónimos	Patrón Lógico
self-assessment	selfassessment, autoevaluación, auto-evaluación, student assessment, assessment, evaluación, evaluation	No necesaria y no Suficiente
summative assessment	evaluación sumativa, assessment, evaluación, evaluation	No necesaria y no Suficiente
shared areas	shared work group areas, shared group areas, áreas compartidas, áreas de trabajo compartida, shared, compartida, áreas compartidas de trabajo	Suficiente y no Necesaria
delivery of learning resources and materials	entrega de materiales de aprendizaje, entrega de recursos de aprendizaje, entrega de materiales y recursos de aprendizaje, materiales, materials, resources, distribution of educational materials, provision of learning resources, dissemination of educational materials, supply of instructional resources	Suficiente y no Necesaria

Tabla 1.17 Resultado final patrón de criterios claves

En la Figura 1.7, se presentan los resultados obtenidos de la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) utilizando la metodología iKeyCriteria. Los criterios clave identificados a través de este análisis meticuloso incluyen ‘autoevaluación’, ‘evaluación sumativa’, ‘áreas de trabajo compartidas’, y ‘entrega de materiales y recursos de aprendizaje’. Estos términos reflejan aspectos esenciales y distintivos de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), subrayando características que los diferencian de los entornos de aprendizaje tradicionales o presenciales. A continuación, se explica brevemente la relevancia de cada criterio identificado:

Autoevaluación: Este criterio refleja la capacidad de los EVA para permitir que los estudiantes evalúen su propio aprendizaje mediante diversas herramientas y tecnologías. Esto es fundamental para facilitar el aprendizaje autónomo y reflexivo.

Evaluación Sumativa: La inclusión de este criterio indica que los EVA ofrecen métodos estructurados para evaluar el rendimiento del estudiante al final de un módulo o curso, a menudo utilizando tecnologías digitales que pueden automatizar parte del proceso de evaluación y proporcionar retroalimentación instantánea.

Áreas de trabajo compartidas: Este término destaca la capacidad de los EVA para crear espacios virtuales donde los estudiantes pueden colaborar y compartir información en tiempo real o de manera asincrónica, ampliando las oportunidades para el aprendizaje colaborativo y la interacción social.

Entrega de Materiales y Recursos de Aprendizaje: Refleja la función de los EVA en proporcionar acceso fácil y a menudo inmediato a una amplia variedad de recursos educativos digitales, desde textos y videos hasta simulaciones interactivas y tutoriales en línea.

Estos elementos han sido destacados como características comunes y significativas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) pero notoriamente ausentes o desarrolladas de manera diferente en los Entornos Presenciales de Aprendizaje.

La identificación de estos criterios claves subraya las propiedades distintivas de los EVA que facilitan una modalidad de aprendizaje más flexible y autónoma. Comprender estos diferenciales es crucial para los investigadores y desarrolladores de EVA y para los educadores que buscan maximizar el potencial de las tecnologías de aprendizaje digital. La identificación de estas características clave también sugiere áreas en las que los EVA pueden ser especialmente beneficiosos en comparación con los métodos de enseñanza más tradicionales.

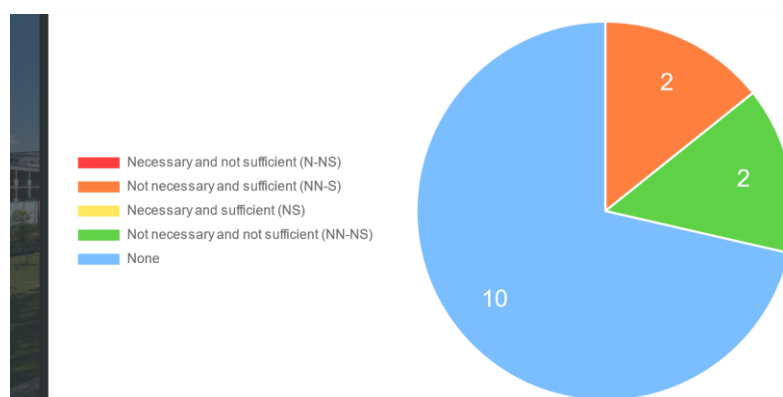
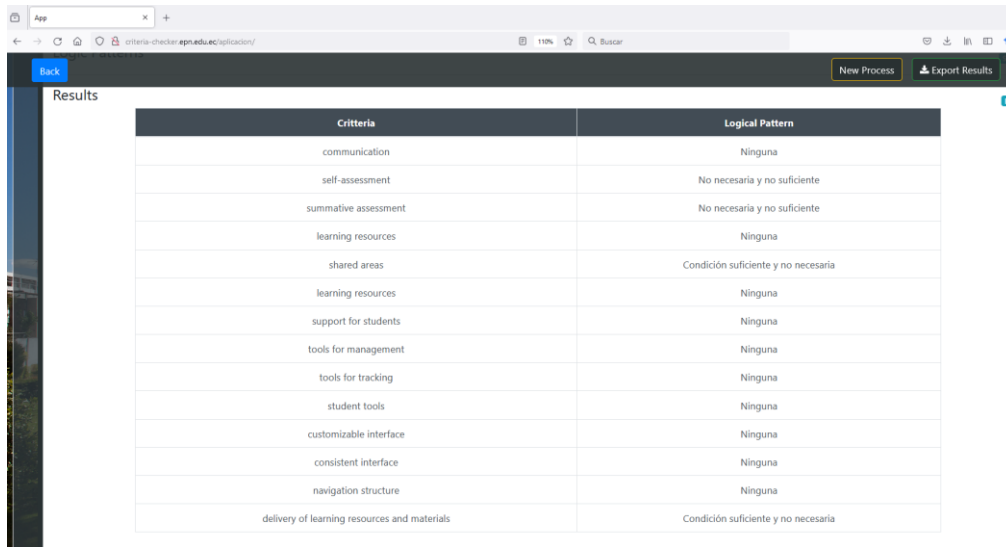


Figura 1.7. Resultado gráfico aplicación iKeyCriteria de las características del EVA

En la Figura 1.8, se presenta un resumen visual de los resultados generados por la aplicación iKriteria, una herramienta esencial en la implementación del método iKeyCriteria para la evaluación sistemática de los documentos relevantes a los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA). Este resumen gráfico proporciona una panorámica clara y concisa de los hallazgos clave obtenidos del análisis, permitiendo a los investigadores y a los interesados obtener una comprensión rápida y efectiva de los datos procesados.



The screenshot shows a web browser window displaying the 'Results' page of the iKeyCriteria application. The page features a table with two columns: 'Criteria' and 'Logical Pattern'. The table lists 15 criteria and their corresponding logical patterns. The interface includes a 'Back' button, a 'New Process' button, and an 'Export Results' button. The browser's address bar shows the URL 'criteria-checker.eprn.edu.ec/aplicacion/'.

Criteria	Logical Pattern
communication	Ninguna
self-assessment	No necesaria y no suficiente
summative assessment	No necesaria y no suficiente
learning resources	Ninguna
shared areas	Condición suficiente y no necesaria
learning resources	Ninguna
support for students	Ninguna
tools for management	Ninguna
tools for tracking	Ninguna
student tools	Ninguna
customizable interface	Ninguna
consistent interface	Ninguna
navigation structure	Ninguna
delivery of learning resources and materials	Condición suficiente y no necesaria

Figura 1.8. Resultado aplicación iKeyCriteria de las características del EVA

1.4. Conclusiones

La interpretación de los resultados obtenidos a través de la metodología iKeyCriteria revela varios insights interesantes acerca de la presencia y la relevancia de ciertos criterios en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) en comparación con los Entornos Presenciales de Aprendizaje.

Autoevaluación y Evaluación Sumativa:

Estos criterios son catalogados como 'No necesario y no suficiente'. Esto implica que tanto la autoevaluación como la evaluación sumativa son prácticas comunes que se encuentran tanto en los EVA como en los entornos presenciales. Esta clasificación indica que aunque estas prácticas son importantes en el contexto educativo general, no son exclusivas ni distintivas de los entornos virtuales. Su presencia en ambos tipos de entornos sugiere que son elementos fundamentales de los procesos educativos modernos en general, independientemente del medio.

Áreas de Trabajo Compartidas y Entrega de Materiales y Recursos de Aprendizaje:

Estos criterios se ajustan al patrón de 'Suficiente y no Necesaria', lo que indica que estos criterios aparecen al menos una vez en los EVA y no en los entornos presenciales de estudio. Esto sugiere que tales características son más específicas y potencialmente exclusivas de los EVA. Las áreas de trabajo compartidas reflejan la capacidad única de los EVA de facilitar espacios colaborativos digitales donde los recursos pueden ser compartidos y discutidos en tiempo real o asincrónicamente, superando las limitaciones geográficas. Por otro lado, la entrega de materiales y recursos de aprendizaje en los EVA destaca la naturaleza digital y la accesibilidad que permiten a los estudiantes acceder a recursos educativos de una manera mucho más flexible y extensa que en los métodos tradicionales presenciales.

La distinción entre estos dos grupos de criterios ayuda a identificar qué aspectos de los EVA ofrecen ventajas únicas en comparación con los entornos presenciales. Esta diferenciación es crucial para los diseñadores de estos entornos virtuales y los educadores, ya que proporciona una guía sobre qué características potenciar o incorporar para aprovechar al máximo las capacidades educativas de los entornos virtuales.

Es importante destacar que los documentos seleccionados cumplen con las dimensiones definidas para este trabajo. La dimensión P incluye todos los criterios relacionados con Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), mientras que la dimensión Q abarca los entornos no virtuales, es decir, los Entornos Presenciales de Aprendizaje. Debido a esta elección de criterios, gran parte de la bibliografía utilizada en la aplicación del método iKeyCriteria corresponde a trabajos que tienen más de cinco años de antigüedad. Esta selección responde a la necesidad de integrar perspectivas históricas y actuales que enriquezcan el análisis y validación del método propuesto

Referencias

- [1] M. Carrión-Toro, J. Aguilar, M. Santórum, M. P.- Data, and undefined 2022, “iKeyCriteria: A Qualitative and Quantitative Analysis Method to Infer Key Criteria since a Systematic Literature Review for the Computing Domain,” *mdpi.com* M Carrión-Toro, J Aguilar, M Santórum, M Pérez, B Astudillo, CP Lopez, M NietoData, 2022•mdpi.com.
- [2] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review,” *ElsevierB Kitchenham, OP Brereton, D Budgen, M Turner, J Bailey, S LinkmanInformation Softw. Technol.* 2009•Elsevier, vol. 51, pp. 7–15, 2008.
- [3] C. Manning, P. Raghavan, and H. Schütze, “Introduction to information retrieval,” 2008.
- [4] M. Carrión-Toro, M. Santorum, A. Pinaida, and J. Aguilar, “Estudio para inferir criterios clave para el diseño de Juegos Serios,” in *Proceedings of the 2019 International Conference on Information Systems and Software Technologies (ICI2ST)*, 2019, pp. 13–15.
- [5] T. G. Aimacaña, “Análisis y caracterización de las organizaciones virtuales para la colaboración en el contexto de la Industria 4.0,” 2020.
- [6] P. Dillenbourg, D. Schneider, P. S.-P. of the 3rd, and undefined 2002, “Virtual learning environments,” *academia.edu*.
- [7] D. Mueller and S. Strohmeier, “Design characteristics of virtual learning environments: state of research,” *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 4, pp. 2505–2516, Dec. 2011.
- [8] K. Georgouli, “Virtual learning environments - An overview,” *Proc. - 2011 Panhellenic Conf. Informatics, PCI 2011*, pp. 63–67, 2011.
- [9] J. Lee, N. L. Hong, and N. L. Ling, “An analysis of students’ preparation for the virtual learning environment,” *Internet High. Educ.*, vol. 4, no. 3–4, pp. 231–242, Jan. 2001.
- [10] G. T.- CompSysTech and undefined 2003, “Virtual learning environments: towards new generation.,” *Citeseer*.
- [11] D. Bri, M. García, H. Coll, J. L.-W. transactions on advances in, and undefined 2009, “A study of virtual learning environments,” *wseas.us*.
- [12] Z. Hamid, C. Peng, M. Shaharom, ... T. T.-I. journal of, and undefined 2018, “The concept and use of the virtual learning environment in teaching: a literature review,” *academia.edu*.
- [13] T. A. Mikropoulos, “Presence: A unique characteristic in educational virtual environments,” *Virtual Real.*, vol. 10, no. 3–4, pp. 197–206, Dec. 2006.
- [14] S. Kurbakova, Z. Volkova, and A. Kurbakov, “Virtual learning and educational environment: New opportunities and challenges under the COVID-19 pandemic,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 167–171, Jul. 2020.
- [15] S. Chou, C. L.-J. of computer assisted learning, and undefined 2005, “Learning effectiveness in a Web-based virtual learning environment: a learner control perspective,” *Wiley Online Libr.*, vol. 21, no. 1, pp. 65–76, Feb. 2005.

- [16] C. Keller, "Virtual learning environments: Three implementation perspectives," *Learn. Media Technol.*, vol. 30, no. 3, pp. 299–311, Oct. 2005.
- [17] A. S. Robles and M. Á. G. Vigil, "Entornos Virtuales de Aprendizaje: nuevos retos educativos," *Etic@net. Rev. científica electrónica Educ. y Comun. en la Soc. del Conoc.*, vol. 13, no. 2, pp. 260–272, Jan. 2013.
- [18] J. M. Boneu, "Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos," *Rev. Univ. Soc. del Conoc.*, vol. 4, p. 36, 2007.
- [19] R. O'Leary, A. R.-L. and T. S. N. Generic, and undefined 2002, "Virtual learning environments," *Citeseer*.
- [20] S. D. Johnson, S. D. Johnson, S. R. Aragon, and N. Shaik, "Comparative Analysis of Learner Satisfaction and Learning Outcomes in Online ...," *J. Interact. Learn. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 29–49, 2000.
- [21] W. Johnson, J. Rickel, J. L.-I. J. of Artificial, and undefined 2000, "Animated pedagogical agents: Face-to-face interaction in interactive learning environments," *Citeseer*.
- [22] N. T. T. Thai, B. De Wever, and M. Valcke, "Face-to-face, blended, flipped, or online learning environment? Impact on learning performance and student cognitions," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 36, no. 3, pp. 397–411, Jun. 2020.
- [23] J. Bowers, P. K.-I. J. of W.-B. Learning, and undefined 2015, "Students' perceptions of teaching and social presence: A comparative analysis of face-to-face and online learning environments," *igi-global.com*.
- [24] D. Johnson, P. Sutton, ... J. P. C. in L. in, and undefined 2000, "Face-to-Face vs. CMC: Student communication in a technologically rich learning environment," *eprints.qut.edu.au*.
- [25] D. Kirovska-Simjanoska, "Digital vs in-Person Learning Environment in ESP Classrooms: Let the Students Decide," *SEEU Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 36–68, Jul. 2019.
- [26] S. K. Schauber, M. Hecht, Z. M. Nouns, A. Kuhlmeier, and S. Dettmer, "The role of environmental and individual characteristics in the development of student achievement: a comparison between a traditional and a problem-based-learning curriculum," *Adv. Heal. Sci. Educ.*, vol. 20, no. 4, pp. 1033–1052, Oct. 2015.
- [27] L. O. Gómez, "Características de los ambientes híbridos de aprendizaje: estudio de caso de un programa de posgrado de la Universidad de los Andes," 2010.