



AUTOMATIZACIÓN Y PERSONALIZACIÓN DE UNA LMS EN EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO POR MEDIO DE ALGORITMOS DE IA

ISBN: 978-9942-571-39-7

AUTORES:

Willie Javier Salinas Muñoz

Irving José Neira Ormeño

Ana María Rodríguez Malavé

Roxanna Mariela Reyes Rodríguez

Verónica Mireya Neira Loor



AUTOMATIZACIÓN Y PERSONALIZACIÓN DE UN LMS EN EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO POR MEDIO DE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Willie Javier Salinas Muñoz

Irving José Neira Ormeño

Ana María Rodríguez Malavé

Roxanna Mariela Reyes Rodríguez

Verónica Mireya Neira Loor

EDITORIAL INTERNACIONAL RUNAIKI

2026

PRESENTACIÓN

La incorporación de sistemas de gestión del aprendizaje y herramientas de inteligencia artificial está transformando la manera en que se organizan, acompañan y evalúan los procesos educativos. Esta obra ofrece una visión articulada de los fundamentos de los LMS, la automatización de procesos, la personalización, los algoritmos aplicados al aprendizaje autónomo y la analítica orientada a la mejora continua.

El libro está dirigido a docentes, responsables académicos, equipos técnicos y directivos interesados en diseñar entornos digitales centrados en el aprendizaje. Los capítulos combinan fundamentos, criterios pedagógicos, consideraciones éticas y actividades prácticas. La obra evita presentar la tecnología como sustituto de la docencia: sitúa la supervisión humana, la autonomía estudiantil, la protección de datos, la accesibilidad y la equidad como condiciones de una innovación responsable.

Los anexos proporcionan fichas, matrices, listas de comprobación y formatos que pueden adaptarse a diferentes instituciones. Su utilización debe partir de una finalidad educativa definida, una línea base y mecanismos de revisión. En conjunto, el texto propone que la calidad de un LMS con IA no se mida por la cantidad de automatizaciones, sino por su capacidad para mejorar decisiones, reducir barreras y fortalecer aprendizajes verificables.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LOS LMS, LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO	12
1.1. Resumen.....	13
1.2. Palabras clave	13
1.3. Introducción	13
1.3.1. Transformación digital de los procesos educativos	14
1.3.2. Integración de los LMS y la inteligencia artificial	14
1.3.3. Importancia del aprendizaje autónomo.....	14
1.3.4. Propósito y organización del capítulo.....	15
1.4. Fundamentos de los sistemas de gestión del aprendizaje.....	15
1.4.1. Conceptualización de los LMS.....	16
1.4.2. Evolución de las plataformas educativas.....	16
1.4.3. Características principales de un LMS	16
1.4.4. Componentes tecnológicos y pedagógicos	17
1.4.5. Tipos de sistemas de gestión del aprendizaje	17
1.4.6. LMS de código abierto y plataformas comerciales	17
1.4.7. Ventajas y limitaciones de los LMS	17
1.5. Funciones educativas de un LMS	18
1.5.1. Gestión de usuarios y roles.....	18
1.5.2. Organización de cursos y contenidos	19
1.5.3. Comunicación e interacción educativa	19
1.5.4. Gestión de actividades y evaluaciones	19
1.5.5. Seguimiento del progreso académico	19
1.5.6. Generación de informes educativos	19
1.5.7. Integración con herramientas externas	20
1.6. Fundamentos de la inteligencia artificial.....	20
1.6.1. Conceptualización de la inteligencia artificial.....	21
1.6.2. Evolución histórica de la inteligencia artificial	21
1.6.3. Aprendizaje automático	21
1.6.4. Aprendizaje profundo	21
1.6.5. Procesamiento del lenguaje natural	22
1.6.6. Inteligencia artificial generativa	22
1.6.7. Sistemas de recomendación.....	22
1.7. Inteligencia artificial aplicada a la educación.....	22
1.7.1. Concepto de inteligencia artificial educativa.....	23
1.7.2. Sistemas de tutoría inteligente	23
1.7.3. Asistentes virtuales educativos.....	23
1.7.4. Generación automática de contenidos	23
1.7.5. Evaluación automatizada	24
1.7.6. Retroalimentación inteligente	24
1.7.7. Identificación de dificultades de aprendizaje	24
1.8. Fundamentos del aprendizaje autónomo.....	24
1.8.1. Conceptualización del aprendizaje autónomo	25
1.8.2. Aprendizaje autónomo y autorregulación.....	25
1.8.3. Metacognición y control del aprendizaje.....	25
1.8.4. Motivación académica	25
1.8.5. Gestión del tiempo y de los recursos	26
1.8.6. Toma de decisiones durante el aprendizaje	26
1.8.7. Responsabilidad del estudiante.....	26
1.9. Competencias para el aprendizaje autónomo digital	26
1.9.1. Competencia digital	27
1.9.2. Alfabetización informacional	27
1.9.3. Pensamiento crítico.....	27
1.9.4. Resolución de problemas.....	27
1.9.5. Capacidad de autoevaluación	28
1.9.6. Uso ético de la información	28
1.9.7. Interacción responsable con sistemas de IA	28
1.10. Relación entre los LMS, la IA y el aprendizaje autónomo	28
1.10.1. El LMS como entorno de aprendizaje autónomo	29
1.10.2. La IA como mediadora del aprendizaje.....	29
1.10.3. Automatización y personalización educativa	30
1.10.4. Participación del estudiante en la toma de decisiones	30
1.10.5. Transformación del rol docente.....	30
1.10.6. Oportunidades y desafíos de la integración	30
1.11. Consideraciones éticas y pedagógicas iniciales.....	30
1.11.1. Privacidad y protección de datos	31
1.11.2. Transparencia de los sistemas inteligentes	32

1.11.3. Sesgos algorítmicos	32
1.11.4. Autonomía humana y dependencia tecnológica	32
1.11.5. Equidad y accesibilidad digital	32
1.11.6. Supervisión docente	32
1.12. Aplicación práctica	33
1.12.1. Análisis básico de un LMS	33
1.12.2. Identificación de funciones automatizables	33
1.12.3. Diagnóstico de necesidades de aprendizaje autónomo	33
1.12.4. Matriz de relación entre LMS, IA y autonomía	34
1.13. Conclusiones del capítulo	34
1.14. Referencias bibliográficas	36
CAPÍTULO II. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN UN LMS.....	37
2.1. Resumen	38
2.2. Palabras clave	38
2.3. Introducción	38
2.3.1. Automatización y transformación educativa	39
2.3.2. Necesidad de optimizar la gestión de los LMS	39
2.3.3. Automatización centrada en el aprendizaje	39
2.3.4. Propósito y organización del capítulo	39
2.4. Fundamentos de la automatización educativa	39
2.4.1. Conceptualización de la automatización	40
2.4.2. Automatización tradicional y automatización inteligente	40
2.4.3. Procesos, reglas y flujos de trabajo	40
2.4.4. Automatización total y semiautomatización	41
2.4.5. Intervención humana en los procesos automatizados	41
2.4.6. Beneficios y limitaciones de la automatización	41
2.5. Identificación de procesos automatizables	41
2.5.1. Procesos administrativos	42
2.5.2. Procesos académicos	42
2.5.3. Gestión de usuarios y matrículas	43
2.5.4. Organización y publicación de contenidos	43
2.5.5. Comunicación con los estudiantes	43
2.5.6. Evaluación y retroalimentación	43
2.5.7. Seguimiento de la participación	44
2.6. Automatización de la gestión de usuarios	44
2.6.1. Registro y autenticación	44
2.6.2. Asignación automática de roles	45
2.6.3. Matriculación y desmatriculación	45
2.6.4. Organización de grupos y cohortes	45
2.6.5. Recuperación de credenciales	45
2.6.6. Control de permisos y accesos	46
2.6.7. Protección de la identidad digital	46
2.7. Automatización de contenidos y actividades	46
2.7.1. Programación de publicaciones	47
2.7.2. Liberación progresiva de contenidos	47
2.7.3. Condiciones de acceso y finalización	47
2.7.4. Asignación automática de actividades	47
2.7.5. Reutilización de recursos educativos	48
2.7.6. Generación asistida de materiales	48
2.7.7. Adaptación según el progreso del estudiante	48
2.8. Automatización de la comunicación educativa	48
2.8.1. Notificaciones y recordatorios	49
2.8.2. Mensajes activados por eventos	49
2.8.3. Alertas de inactividad	49
2.8.4. Asistentes conversacionales	50
2.8.5. Respuestas automáticas a consultas frecuentes	50
2.8.6. Comunicación personalizada	50
2.8.7. Límites de la comunicación automatizada	50
2.9. Automatización de la evaluación	51
2.9.1. Creación y gestión de bancos de preguntas	51
2.9.2. Selección aleatoria de reactivos	52
2.9.3. Calificación automática	52
2.9.4. Retroalimentación programada	52
2.9.5. Evaluación adaptativa	52
2.9.6. Detección de patrones de error	53
2.9.7. Supervisión docente de los resultados	53
2.10. Automatización del seguimiento académico	53
2.10.1. Registro de acceso y participación	54
2.10.2. Seguimiento del cumplimiento de actividades	54
2.10.3. Identificación temprana de inactividad	54

2.10.4. Alertas de riesgo académico	54
2.10.5. Informes automáticos de progreso	55
2.10.6. Paneles de seguimiento	55
2.10.7. Intervención educativa oportuna	55
2.11. Integración tecnológica para la automatización	55
2.11.1. Complementos y módulos de los LMS	56
2.11.2. Interfaces de programación de aplicaciones	56
2.11.3. Integración con servicios externos	56
2.11.4. Automatización mediante reglas	57
2.11.5. Interoperabilidad educativa	57
2.11.6. Estándares de integración	57
2.11.7. Mantenimiento y actualización	57
2.12. Diseño de flujos automatizados	58
2.12.1. Diagnóstico del proceso	58
2.12.2. Definición de eventos y condiciones	59
2.12.3. Selección de acciones automáticas	59
2.12.4. Establecimiento de excepciones	59
2.12.5. Pruebas del flujo de trabajo	59
2.12.6. Monitoreo y ajuste	60
2.13. Riesgos y uso responsable de la automatización	60
2.13.1. Errores de configuración	60
2.13.2. Automatización excesiva	61
2.13.3. Pérdida de interacción humana	61
2.13.4. Privacidad y seguridad de los datos	61
2.13.5. Equidad en las decisiones automatizadas	61
2.13.6. Responsabilidad institucional	62
2.14. Aplicación práctica	62
2.14.1. Diseño de un flujo de bienvenida	62
2.14.2. Configuración de alertas de inactividad	63
2.14.3. Automatización de una actividad evaluativa	63
2.14.4. Elaboración de un protocolo de supervisión	63
2.15. Conclusiones del capítulo	64
2.16. Referencias bibliográficas	65

CAPÍTULO III. PERSONALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL..... 66

3.1. Resumen	67
3.2. Palabras clave	67
3.3. Introducción	67
3.3.1. Diversidad de necesidades y formas de aprender	68
3.3.2. Personalización en entornos virtuales	68
3.3.3. Aportes de la inteligencia artificial	68
3.3.4. Propósito y organización del capítulo	68
3.4. Fundamentos del aprendizaje personalizado	68
3.4.1. Conceptualización de la personalización educativa	69
3.4.2. Individualización, diferenciación y personalización	69
3.4.3. Aprendizaje adaptativo	69
3.4.4. Enseñanza centrada en el estudiante	70
3.4.5. Flexibilidad curricular	70
3.4.6. Beneficios y limitaciones de la personalización	70
3.5. Reconocimiento de las características del estudiante	70
3.5.1. Conocimientos previos	71
3.5.2. Ritmos de aprendizaje	71
3.5.3. Preferencias y necesidades educativas	71
3.5.4. Motivación e intereses	72
3.5.5. Participación en el entorno virtual	72
3.5.6. Desempeño académico	72
3.5.7. Construcción dinámica del perfil de aprendizaje	73
3.6. Datos utilizados para la personalización	73
3.6.1. Datos académicos	73
3.6.2. Datos de interacción	74
3.6.3. Datos de navegación	74
3.6.4. Resultados de evaluación	74
3.6.5. Preferencias declaradas por el estudiante	74
3.6.6. Calidad y actualización de los datos	75
3.6.7. Consentimiento y protección de la información	75
3.7. Modelos de personalización mediante IA	75
3.7.1. Personalización basada en reglas	76
3.7.2. Personalización basada en perfiles	76
3.7.3. Personalización basada en comportamiento	76
3.7.4. Sistemas de recomendación educativa	76

3.7.5. Modelos predictivos.....	77
3.7.6. Sistemas adaptativos.....	77
3.7.7. Modelos híbridos de personalización.....	77
3.8. Personalización de contenidos y recursos.....	78
3.8.1. Selección automática de contenidos.....	78
3.8.2. Ajuste del nivel de dificultad.....	78
3.8.3. Diversificación de formatos.....	79
3.8.4. Secuenciación de recursos.....	79
3.8.5. Generación de ejemplos contextualizados.....	79
3.8.6. Simplificación y ampliación de contenidos.....	79
3.8.7. Recomendación de recursos complementarios.....	80
3.9. Rutas personalizadas de aprendizaje.....	80
3.9.1. Diagnóstico del nivel inicial.....	80
3.9.2. Definición de objetivos individuales.....	81
3.9.3. Secuenciación adaptativa de actividades.....	81
3.9.4. Prerrequisitos y condiciones de avance.....	81
3.9.5. Recuperación de aprendizajes no alcanzados.....	81
3.9.6. Actividades de profundización.....	82
3.9.7. Actualización de la ruta según el progreso.....	82
3.10. Personalización de la evaluación.....	82
3.10.1. Evaluación diagnóstica adaptativa.....	83
3.10.2. Selección diferenciada de preguntas.....	83
3.10.3. Ajuste de dificultad.....	83
3.10.4. Diversificación de evidencias.....	83
3.10.5. Retroalimentación personalizada.....	84
3.10.6. Recomendaciones posteriores a la evaluación.....	84
3.10.7. Supervisión docente.....	84
3.11. Inteligencia artificial generativa y personalización.....	84
3.11.1. Generación de explicaciones personalizadas.....	85
3.11.2. Creación de ejercicios diferenciados.....	85
3.11.3. Producción de ejemplos y casos.....	85
3.11.4. Asistentes de estudio.....	86
3.11.5. Retroalimentación mediante lenguaje natural.....	86
3.11.6. Verificación del contenido generado.....	86
3.11.7. Prevención de respuestas incorrectas.....	86
3.12. Diseño Universal para el Aprendizaje y personalización.....	87
3.12.1. Múltiples formas de implicación.....	87
3.12.2. Múltiples formas de representación.....	87
3.12.3. Múltiples formas de acción y expresión.....	88
3.12.4. Accesibilidad de los contenidos.....	88
3.12.5. Personalización sin exclusión.....	88
3.12.6. Compatibilidad entre DUA e IA.....	89
3.13. Riesgos éticos de la personalización.....	89
3.13.1. Sesgos en los perfiles de aprendizaje.....	89
3.13.2. Etiquetado de los estudiantes.....	89
3.13.3. Privacidad y vigilancia educativa.....	90
3.13.4. Falta de transparencia.....	90
3.13.5. Reducción de la autonomía.....	90
3.13.6. Equidad de acceso.....	91
3.13.7. Responsabilidad docente e institucional.....	91
3.14. Aplicación práctica.....	91
3.14.1. Elaboración de un perfil de aprendizaje.....	92
3.14.2. Diseño de una ruta personalizada.....	92
3.14.3. Generación de recursos diferenciados con IA.....	92
3.14.4. Evaluación de una propuesta de personalización.....	92
3.15. Conclusiones del capítulo.....	93
3.16. Referencias bibliográficas.....	94

CAPÍTULO IV. ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADOS AL APRENDIZAJE AUTÓNOMO..... 95

4.1. Resumen.....	96
4.2. Palabras clave.....	96
4.3. Introducción.....	96
4.3.1. Algoritmos y toma de decisiones educativas.....	97
4.3.2. Aplicaciones en el aprendizaje autónomo.....	97
4.3.3. Alcance pedagógico de los modelos de IA.....	97
4.3.4. Propósito y organización del capítulo.....	97
4.4. Fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial.....	97
4.4.1. Concepto de algoritmo.....	98
4.4.2. Datos, variables y características.....	98
4.4.3. Entrenamiento, validación y prueba.....	98

4.4.4. Aprendizaje supervisado.....	98
4.4.5. Aprendizaje no supervisado.....	99
4.4.6. Aprendizaje por refuerzo.....	99
4.4.7. Diferencia entre predicción y decisión.....	99
4.5. Preparación de datos educativos.....	100
4.5.1. Fuentes de datos de un LMS.....	100
4.5.2. Selección de variables.....	100
4.5.3. Limpieza de datos.....	101
4.5.4. Tratamiento de valores ausentes.....	101
4.5.5. Codificación y transformación.....	101
4.5.6. División del conjunto de datos.....	101
4.5.7. Calidad y representatividad de la información.....	102
4.6. Algoritmos de clasificación.....	102
4.6.1. Regresión logística.....	102
4.6.2. Árboles de decisión.....	103
4.6.3. Bosques aleatorios.....	103
4.6.4. Máquinas de vectores de soporte.....	103
4.6.5. Redes neuronales artificiales.....	103
4.6.6. Clasificación del riesgo académico.....	104
4.6.7. Comparación de modelos.....	104
4.7. Algoritmos de regresión.....	104
4.7.1. Conceptualización de la regresión.....	104
4.7.2. Regresión lineal.....	105
4.7.3. Regresión múltiple.....	105
4.7.4. Predicción del desempeño académico.....	105
4.7.5. Estimación del tiempo de finalización.....	105
4.7.6. Evaluación del error predictivo.....	106
4.8. Algoritmos de agrupamiento.....	106
4.8.1. Conceptualización del agrupamiento.....	106
4.8.2. Algoritmo de k-medias.....	107
4.8.3. Agrupamiento jerárquico.....	107
4.8.4. Segmentación de estudiantes.....	107
4.8.5. Identificación de patrones de aprendizaje.....	107
4.8.6. Interpretación pedagógica de los grupos.....	108
4.9. Sistemas de recomendación educativa.....	108
4.9.1. Recomendación basada en contenido.....	108
4.9.2. Filtrado colaborativo.....	108
4.9.3. Sistemas híbridos.....	109
4.9.4. Recomendación de actividades.....	109
4.9.5. Recomendación de recursos.....	109
4.9.6. Priorización de contenidos.....	109
4.9.7. Diversidad y pertinencia de las recomendaciones.....	110
4.10. Procesamiento del lenguaje natural.....	110
4.10.1. Análisis de respuestas escritas.....	110
4.10.2. Clasificación de consultas estudiantiles.....	111
4.10.3. Identificación de temas frecuentes.....	111
4.10.4. Análisis de sentimientos y participación.....	111
4.10.5. Generación automática de respuestas.....	111
4.10.6. Resumen de contenidos.....	112
4.10.7. Limitaciones del procesamiento automático.....	112
4.11. Algoritmos para apoyar la autorregulación.....	112
4.11.1. Detección de patrones de estudio.....	112
4.11.2. Recomendación de horarios.....	113
4.11.3. Recordatorios personalizados.....	113
4.11.4. Establecimiento de metas.....	113
4.11.5. Seguimiento del cumplimiento.....	114
4.11.6. Retroalimentación metacognitiva.....	114
4.11.7. Promoción de la autonomía progresiva.....	114
4.12. Evaluación del desempeño de los algoritmos.....	114
4.12.1. Exactitud.....	115
4.12.2. Precisión y exhaustividad.....	115
4.12.3. Puntuación F1.....	115
4.12.4. Matriz de confusión.....	116
4.12.5. Error absoluto y error cuadrático.....	116
4.12.6. Validación cruzada.....	116
4.12.7. Utilidad pedagógica del modelo.....	116
4.13. Explicabilidad, sesgo y supervisión.....	117
4.13.1. Interpretabilidad de los resultados.....	117
4.13.2. Importancia de las variables.....	117
4.13.3. Sesgos en los datos.....	117
4.13.4. Equidad algorítmica.....	118

4.13.5. Revisión de recomendaciones.....	118
4.13.6. Supervisión humana significativa.....	118
4.13.7. Documentación del modelo.....	118
4.14. Aplicación práctica.....	119
4.14.1. Definición de un problema educativo.....	119
4.14.2. Selección de datos del LMS.....	119
4.14.3. Elección del algoritmo.....	120
4.14.4. Interpretación de los resultados.....	120
4.14.5. Diseño de una intervención pedagógica.....	120
4.15. Conclusiones del capítulo.....	120
4.16. Referencias bibliográficas.....	122

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN, ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE Y MEJORA CONTINUA EN LOS

LMS.....	123
5.1. Resumen.....	124
5.2. Palabras clave.....	124
5.3. Introducción.....	124
5.3.1. Datos educativos y mejora de los aprendizajes.....	125
5.3.2. Evaluación de los sistemas automatizados.....	125
5.3.3. Analítica para la toma de decisiones.....	125
5.3.4. Propósito y organización del capítulo.....	125
5.4. Fundamentos de la analítica del aprendizaje.....	125
5.4.1. Conceptualización de la analítica del aprendizaje.....	126
5.4.2. Analítica académica y analítica institucional.....	126
5.4.3. Minería de datos educativos.....	126
5.4.4. Analítica descriptiva.....	126
5.4.5. Analítica diagnóstica.....	127
5.4.6. Analítica predictiva.....	127
5.4.7. Analítica prescriptiva.....	127
5.5. Datos generados por un LMS.....	128
5.5.1. Accesos y tiempo de conexión.....	128
5.5.2. Navegación por los contenidos.....	128
5.5.3. Participación en actividades.....	128
5.5.4. Interacción en foros y espacios colaborativos.....	129
5.5.5. Resultados de evaluación.....	129
5.5.6. Finalización de recursos y cursos.....	129
5.5.7. Datos de retroalimentación.....	129
5.6. Indicadores de aprendizaje autónomo.....	130
5.6.1. Frecuencia de acceso.....	130
5.6.2. Regularidad del estudio.....	130
5.6.3. Cumplimiento de actividades.....	131
5.6.4. Gestión del tiempo.....	131
5.6.5. Solicitud de ayuda.....	131
5.6.6. Autoevaluación del aprendizaje.....	131
5.6.7. Persistencia y finalización.....	132
5.7. Evaluación de la automatización.....	132
5.7.1. Eficiencia de los procesos.....	132
5.7.2. Reducción de tareas repetitivas.....	132
5.7.3. Precisión de las acciones automáticas.....	133
5.7.4. Pertinencia de las notificaciones.....	133
5.7.5. Tiempo de respuesta.....	133
5.7.6. Satisfacción de docentes y estudiantes.....	133
5.7.7. Errores e incidencias.....	134
5.8. Evaluación de la personalización.....	134
5.8.1. Pertinencia de las recomendaciones.....	134
5.8.2. Adecuación del nivel de dificultad.....	134
5.8.3. Utilidad de las rutas de aprendizaje.....	135
5.8.4. Calidad de la retroalimentación.....	135
5.8.5. Participación y motivación.....	135
5.8.6. Resultados académicos.....	136
5.8.7. Percepción del estudiante.....	136
5.9. Paneles de analítica educativa.....	136
5.9.1. Características de un panel de seguimiento.....	136
5.9.2. Indicadores para estudiantes.....	137
5.9.3. Indicadores para docentes.....	137
5.9.4. Indicadores para directivos.....	137
5.9.5. Visualización de tendencias.....	138
5.9.6. Alertas y niveles de riesgo.....	138
5.9.7. Accesibilidad de la información.....	138
5.10. Identificación temprana del riesgo académico.....	138
5.10.1. Definición del riesgo.....	139

5.10.2. Variables predictorias	139
5.10.3. Patrones de inactividad	139
5.10.4. Disminución del rendimiento	139
5.10.5. Alertas tempranas	140
5.10.6. Intervenciones personalizadas	140
5.10.7. Evaluación de la intervención	140
5.11. Toma de decisiones basada en evidencias	140
5.11.1. Interpretación pedagógica de los datos	141
5.11.2. Decisiones del estudiante	141
5.11.3. Decisiones del docente	141
5.11.4. Decisiones institucionales	141
5.11.5. Triangulación de evidencias	142
5.11.6. Límites de la predicción	142
5.11.7. Prevención del determinismo algorítmico	142
5.12. Privacidad, seguridad y gobernanza de datos	143
5.12.1. Protección de datos personales	143
5.12.2. Consentimiento informado	143
5.12.3. Minimización de datos	143
5.12.4. Control de accesos	144
5.12.5. Conservación y eliminación de registros	144
5.12.6. Transparencia institucional	144
5.12.7. Responsabilidad en el uso de datos	144
5.13. Ciclo de mejora continua	145
5.13.1. Diagnóstico inicial	145
5.13.2. Identificación de necesidades	145
5.13.3. Planificación de acciones	145
5.13.4. Implementación de mejoras	146
5.13.5. Seguimiento de indicadores	146
5.13.6. Evaluación de resultados	146
5.13.7. Ajuste y consolidación de las acciones	146
5.14. Evaluación institucional del LMS	147
5.14.1. Calidad pedagógica	147
5.14.2. Usabilidad y accesibilidad	147
5.14.3. Rendimiento técnico	147
5.14.4. Integración e interoperabilidad	148
5.14.5. Satisfacción de los usuarios	148
5.14.6. Impacto en el aprendizaje autónomo	148
5.14.7. Sostenibilidad de la innovación	149
5.15. Aplicación práctica	149
5.15.1. Construcción de un panel de indicadores	149
5.15.2. Análisis de un caso de riesgo académico	149
5.15.3. Evaluación de una estrategia personalizada	150
5.15.4. Elaboración de un plan de mejora continua	150
5.16. Conclusiones del capítulo	150
5.17. Referencias bibliográficas	151
ELEMENTOS FINALES DEL LIBRO	153
1. Conclusiones generales	153
2. Recomendaciones para docentes	155
3. Recomendaciones para directivos e instituciones educativas	155
4. Orientaciones para estudiantes	157
5. Lineamientos para el uso ético de la inteligencia artificial	157
5.1. Procedimiento ético mínimo	158
6. Glosario de términos	159
7. Índice de tablas	160
8. Índice de figuras	160
9. Índice temático	160
10. Información profesional de las autoras y los autores	162
Willie Javier Salinas Muñoz	162
Irving José Neira Ormeño	162
Ana María Rodríguez Malavé	162
Roxanna Mariela Reyes Rodríguez	163
Verónica Mireya Neira Loor	163
Referencias de los elementos finales	164
11. Anexos	165
Anexo A. Ficha para diagnosticar las características de un LMS	166
Anexo B. Matriz de relación entre LMS, IA y aprendizaje autónomo	167
Anexo C. Inventario de procesos susceptibles de automatización	168
Anexo D. Plantilla para diseñar un flujo automatizado	169

Anexo E. Formato para elaborar el perfil de aprendizaje del estudiante	170
Anexo F. Plantilla para diseñar una ruta personalizada de aprendizaje	171
Anexo G. Matriz para seleccionar algoritmos de inteligencia artificial	172
Anexo H. Registro de variables educativas.....	173
Anexo I. Lista de comprobación para evaluar un modelo de IA	174
Anexo J. Matriz para identificar y controlar sesgos algorítmicos	175
Anexo K. Panel básico de indicadores de aprendizaje autónomo.....	176
Anexo L. Registro de alertas e intervenciones educativas.....	177
Anexo M. Lista de comprobación de privacidad y protección de datos	178
Anexo N. Instrumento para evaluar la automatización y personalización del LMS	179
Anexo O. Plantilla del plan de mejora continua.....	180

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LOS LMS, LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO

Willie Javier Salinas Muñoz

Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez»

willie.salinas@educacion.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7039-783X>

1.1. Resumen

El capítulo examina la relación entre los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS), la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje autónomo. Se parte de la transformación digital educativa para explicar la evolución, los componentes y las funciones pedagógicas de los LMS; posteriormente se presentan los fundamentos de la IA, el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural, la IA generativa y los sistemas de recomendación. Desde una perspectiva educativa, se analiza cómo estas tecnologías pueden apoyar la planificación, la interacción, la evaluación, la retroalimentación y la identificación temprana de dificultades. El aprendizaje autónomo se aborda como un proceso de autorregulación que integra metas, estrategias, monitoreo, motivación y autoevaluación. La articulación de los tres campos permite comprender que la automatización y la personalización solo adquieren valor cuando fortalecen la agencia del estudiante y el juicio profesional docente. También se estudian la privacidad, la transparencia, los sesgos, la accesibilidad y la dependencia tecnológica. Finalmente, se propone una aplicación práctica para diagnosticar un LMS, identificar funciones automatizables y relacionarlas con necesidades de autonomía. Se concluye que la IA no sustituye la mediación pedagógica: amplía la capacidad de observar, orientar y adaptar el aprendizaje cuando existe propósito educativo, gobernanza de datos y supervisión humana.

1.2. Palabras clave

Sistemas de gestión del aprendizaje; inteligencia artificial; aprendizaje autónomo; tecnología educativa; educación digital.

1.3. Introducción

La expansión de los entornos virtuales ha convertido a los LMS en una infraestructura habitual para organizar cursos, distribuir recursos, facilitar la comunicación y registrar evidencias. Sin embargo, digitalizar materiales no equivale a transformar el aprendizaje. La transformación ocurre cuando la tecnología modifica de forma pertinente la relación entre objetivos, actividades, evaluación, retroalimentación y participación. La OCDE (2023) advierte que un ecosistema digital educativo eficaz debe ser útil, confiable y equitativo; por ello, la plataforma debe concebirse como parte de una arquitectura pedagógica y no como un simple repositorio.

La IA añade capacidades de clasificación, predicción, recomendación y generación de contenidos. Estas posibilidades permiten responder a la diversidad y reducir tareas repetitivas, pero también introducen riesgos: inferencias erróneas, opacidad, vigilancia excesiva, sesgos y dependencia. UNESCO (2023) propone un enfoque centrado en las personas, donde la validación humana, la protección de datos y el desarrollo de capacidades precedan a la adopción tecnológica.

Este capítulo adopta ese criterio y relaciona las funciones técnicas con decisiones pedagógicas verificables.

El problema central no consiste en elegir entre enseñanza humana y automatización, sino en distribuir adecuadamente las funciones. Las máquinas procesan grandes volúmenes de registros y ejecutan reglas con consistencia; docentes y estudiantes interpretan significados, valoran excepciones y asumen responsabilidad. Esta distribución debe hacerse explícita para evitar dos errores: confiar en resultados automáticos por su apariencia de objetividad o rechazar toda automatización sin analizar su utilidad. La decisión razonada comienza por identificar una necesidad, definir el resultado educativo esperado y comparar alternativas. La IA se justifica cuando aporta una capacidad que no puede obtenerse de forma más simple y cuando existen condiciones para supervisarla. El aprendizaje autónomo constituye un criterio especialmente relevante: una intervención es valiosa si aumenta comprensión, capacidad de decisión y transferencia, no si solo incrementa actividad registrada. Por ello, el capítulo combina lenguaje técnico accesible con preguntas pedagógicas y éticas que permiten evaluar cada uso en su contexto.

1.3.1. Transformación digital de los procesos educativos

La transformación digital implica rediseñar procesos y no únicamente trasladarlos a una pantalla. Un curso se transforma cuando los registros de actividad se utilizan para ofrecer apoyo oportuno, los recursos se presentan en formatos accesibles y la evaluación orienta decisiones posteriores. También exige infraestructura, conectividad, liderazgo, formación docente y normas de gobernanza. Desde esta perspectiva sistémica, el LMS funciona como punto de integración entre personas, contenidos, datos y servicios, mientras la institución conserva la responsabilidad sobre los propósitos y resultados educativos (OCDE, 2023).

1.3.2. Integración de los LMS y la inteligencia artificial

La integración puede ocurrir mediante funciones nativas, complementos, interfaces de programación o servicios externos. Un sistema puede recomendar actividades, detectar inactividad, generar borradores de retroalimentación o responder consultas frecuentes. No obstante, una función técnicamente posible no es automáticamente deseable. Debe verificarse qué problema resuelve, qué datos utiliza, cuál es su margen de error y quién revisa sus resultados. El principio rector consiste en automatizar tareas repetitivas y mantener bajo control humano las decisiones que afectan oportunidades, calificaciones o trayectorias.

1.3.3. Importancia del aprendizaje autónomo

El aprendizaje autónomo supone que el estudiante comprende sus metas, selecciona estrategias, administra recursos, supervisa su desempeño y ajusta sus decisiones. No equivale a estudiar sin apoyo ni a trasladar toda la responsabilidad al alumno. La autonomía se desarrolla mediante

andamiajes: objetivos claros, ejemplos, criterios de calidad, oportunidades de elección, retroalimentación y espacios de reflexión. Un LMS bien diseñado hace visibles estos elementos y la IA puede adaptar algunos apoyos, siempre que no reduzca la capacidad del estudiante para decidir y comprender su propio proceso.

1.3.4. Propósito y organización del capítulo

El propósito es construir una base conceptual y práctica para los capítulos posteriores. Primero se estudian los LMS y sus funciones; luego se explican los principales campos de la IA educativa y los fundamentos del aprendizaje autónomo. A continuación se identifican competencias digitales, se integran los tres ámbitos y se examinan condiciones éticas. La aplicación práctica traduce los conceptos en una matriz de diagnóstico que permite decidir qué funciones conviene conservar, automatizar, personalizar o someter a revisión docente.

1.4. Fundamentos de los sistemas de gestión del aprendizaje

Un LMS es un sistema digital que permite administrar usuarios, cursos, contenidos, actividades, comunicación, evaluación y seguimiento. Su valor reside en la coordinación de esas funciones dentro de un entorno común. Puede sostener experiencias presenciales, híbridas o virtuales y operar a escala de aula, institución o sistema. El análisis pedagógico debe distinguir entre la disponibilidad de una función y la calidad de su uso: disponer de foros, cuestionarios o analítica no garantiza interacción, evaluación formativa ni decisiones oportunas.

Desde una perspectiva de arquitectura educativa, el LMS articula una capa de presentación —la interfaz que utilizan docentes y estudiantes—, una capa de aplicación —reglas, actividades, evaluaciones y servicios— y una capa de datos. Esta separación ayuda a comprender que una modificación visible puede depender de procesos internos que deben probarse. Por ejemplo, cambiar la organización de un curso afecta navegación; modificar una regla de finalización altera indicadores; e incorporar un complemento puede transferir datos a terceros. En consecuencia, las decisiones de configuración requieren inventario, responsables, pruebas y documentación. La continuidad también exige copias de seguridad, recuperación ante fallos y procedimientos para exportar cursos y evidencias. Un LMS debe evaluarse como servicio educativo crítico: disponibilidad y velocidad son necesarias, pero también lo son claridad, accesibilidad y posibilidad de corregir errores. La gobernanza establece quién crea cursos, aprueba integraciones, administra cuentas, consulta registros y responde incidentes. Sin estas reglas, la flexibilidad puede producir heterogeneidad extrema y aumentar la carga del estudiante, que encuentra estructuras diferentes en cada asignatura. Las plantillas institucionales ofrecen consistencia, aunque deben permitir adaptación pedagógica. El equilibrio consiste en estandarizar navegación, seguridad y metadatos, y conservar libertad para seleccionar actividades y estrategias coherentes con cada objetivo.

La evaluación de un LMS puede organizarse mediante criterios de eficacia, eficiencia, satisfacción, accesibilidad y sostenibilidad. La eficacia pregunta si las funciones apoyan los resultados previstos; la eficiencia compara beneficios con tiempo y recursos; la satisfacción recoge la experiencia sin confundir preferencia con aprendizaje; la accesibilidad verifica que las personas puedan percibir, operar y comprender el entorno; y la sostenibilidad considera soporte, actualización y continuidad. Estos criterios requieren evidencias diferentes. Los registros muestran uso, las tareas revelan aprendizaje, las pruebas de accesibilidad detectan barreras y las entrevistas explican experiencias. Triangular fuentes evita concluir, por ejemplo, que una baja participación se debe a desinterés cuando puede originarse en navegación, conectividad o falta de claridad. La revisión debe realizarse periódicamente porque cursos, usuarios y versiones cambian. Un comité con representación pedagógica, técnica y estudiantil puede priorizar mejoras y comprobarlas después de su implementación. Esta práctica transforma la administración del LMS en un proceso de mejora educativa basado en evidencias.

1.4.1. Conceptualización de los LMS

La sigla LMS proviene de learning management system, traducida como sistema de gestión del aprendizaje. El término destaca la administración del proceso, pero un LMS también actúa como espacio de diseño didáctico, comunicación y documentación. Reúne recursos, actividades, reglas, roles y evidencias; por ello, su configuración expresa una determinada concepción de enseñanza. Una plataforma organizada solo por archivos tiende a reproducir transmisión de información, mientras una estructura basada en tareas, interacción y retroalimentación favorece una participación más activa.

1.4.2. Evolución de las plataformas educativas

Las primeras plataformas se concentraron en distribuir documentos y administrar matrículas. Posteriormente incorporaron foros, cuestionarios, rúbricas, seguimiento de finalización, repositorios y aplicaciones móviles. La evolución reciente añade analítica, interoperabilidad, asistentes conversacionales e IA generativa. Este tránsito muestra un cambio desde la gestión de contenidos hacia la orquestación de experiencias y datos. La tendencia no elimina funciones anteriores; las integra dentro de ecosistemas más amplios, donde el LMS intercambia información con sistemas académicos, bibliotecas, videoconferencias y herramientas especializadas.

1.4.3. Características principales de un LMS

Las características esenciales son centralización, administración de roles, estructura modular, trazabilidad, comunicación, evaluación e interoperabilidad. La centralización facilita localizar recursos y evidencias; los roles delimitan permisos; la modularidad permite organizar unidades; la trazabilidad registra eventos; y la interoperabilidad conecta servicios. A estas características deben

añadirse usabilidad, accesibilidad, seguridad, disponibilidad y capacidad de respaldo. La calidad se juzga por la experiencia de uso y por su contribución al aprendizaje, no por la cantidad de funciones instaladas.

1.4.4. Componentes tecnológicos y pedagógicos

Entre los componentes tecnológicos se encuentran servidores, bases de datos, interfaces, mecanismos de autenticación, registros de eventos, integraciones y aplicaciones. Los componentes pedagógicos incluyen objetivos, secuencias, recursos, actividades, criterios de evaluación, retroalimentación y apoyos. Ambos niveles son interdependientes: una regla de acceso condicional puede representar una secuencia didáctica; una rúbrica codifica criterios; y una alerta traduce un indicador en intervención. La configuración técnica debe derivarse del diseño pedagógico y someterse a evaluación.

1.4.5. Tipos de sistemas de gestión del aprendizaje

Los LMS pueden clasificarse por forma de despliegue, licencia, población y propósito. Existen soluciones alojadas en la nube o instaladas localmente, plataformas institucionales o corporativas, y entornos generalistas o especializados. La nube reduce tareas de infraestructura, pero puede aumentar dependencia del proveedor; la instalación propia amplía el control, aunque exige capacidad técnica. La selección debe considerar escala, conectividad, soporte, accesibilidad, costos totales, portabilidad de datos y compatibilidad con la estrategia educativa.

1.4.6. LMS de código abierto y plataformas comerciales

El código abierto permite examinar, adaptar y ampliar el sistema según su licencia; Moodle constituye un ejemplo ampliamente utilizado. Las plataformas comerciales suelen ofrecer alojamiento, soporte integrado y ciclos centralizados de actualización. Ningún modelo garantiza por sí mismo calidad o sostenibilidad. Deben compararse costos de implementación, personal técnico, actualizaciones, seguridad, personalización, propiedad y exportación de datos. La decisión responsable evita confundir ausencia de licencia con ausencia de costos o conveniencia operativa con control institucional.

1.4.7. Ventajas y limitaciones de los LMS

Los LMS favorecen continuidad, acceso organizado, comunicación asincrónica, trazabilidad y reutilización. También facilitan coordinación docente y seguimiento de grupos numerosos. Entre sus limitaciones se encuentran diseños rígidos, sobrecarga de notificaciones, navegación compleja, brechas de conectividad y tendencia a cuantificar lo fácilmente registrable. Un clic no demuestra comprensión y el tiempo conectado no equivale a tiempo de aprendizaje. Por ello, los datos deben interpretarse junto con productos, diálogos, contexto y juicio profesional.

1.5. Funciones educativas de un LMS

Las funciones de un LMS forman un ciclo: identificar usuarios, organizar experiencias, facilitar la participación, recoger evidencias, devolver información y ajustar la enseñanza. Cuando se configuran de manera aislada, generan fragmentación; cuando responden a objetivos comunes, proporcionan continuidad. La tabla 1 resume funciones y criterios de calidad.

Las funciones adquieren sentido cuando se relacionan mediante un flujo de aprendizaje. Una unidad puede comenzar con activación de conocimientos previos, continuar con exploración guiada, incluir práctica con retroalimentación y concluir con una evidencia de transferencia. El LMS debe representar esta lógica sin ocultarla tras menús o condiciones incomprensibles. Las restricciones de acceso pueden ayudar a secuenciar, pero una ruta excesivamente cerrada impide revisar contenidos o avanzar de acuerdo con necesidades. Por ello, conviene diferenciar prerequisites indispensables de recomendaciones. La comunicación también necesita diseño: el estudiante debe reconocer qué canal se utiliza para avisos, preguntas académicas, problemas técnicos y asuntos privados. En evaluación, los bancos de preguntas requieren control de calidad, categorías, dificultad estimada y revisión periódica. Los informes deben mostrar tendencias sin convertir métricas indirectas en juicios definitivos. La integración funcional puede comprobarse mediante escenarios: matricular un estudiante, localizar una actividad, entregar desde un teléfono, recibir retroalimentación, corregir un error y exportar evidencia. Estas pruebas revelan barreras que una revisión administrativa no detecta. Además, deben realizarse con diferentes perfiles y condiciones de conectividad. La experiencia del usuario no es un aspecto decorativo: determina cuánto esfuerzo puede dedicar a comprender el contenido en lugar de resolver problemas de navegación.

Tabla 1. Funciones de un LMS y criterios de calidad.

Función	Aporte educativo	Criterio de calidad
Organización	Estructura la ruta	Secuencia clara y consistente
Comunicación	Sostiene interacción	Canal adecuado y respuesta oportuna
Evaluación	Recoge evidencias	Alineación y variedad
Seguimiento	Hace visible el progreso	Indicadores interpretables
Integración	Conecta servicios	Seguridad e interoperabilidad

Fuente: elaboración propia.

1.5.1. Gestión de usuarios y roles

La gestión de usuarios controla identidad, pertenencia a cursos y permisos. Los roles habituales —administración, docencia, estudiante y apoyo— deben aplicar el principio de mínimo privilegio: cada persona accede solo a lo necesario. La asignación incorrecta puede exponer datos o impedir tareas. Es recomendable integrar directorios institucionales, revisar cuentas inactivas, documentar cambios y asegurar mecanismos de recuperación. Desde el punto de vista pedagógico, los roles también distribuyen capacidades de crear, comentar, evaluar y colaborar.

1.5.2. Organización de cursos y contenidos

La organización debe permitir que el estudiante responda tres preguntas: qué aprenderá, qué debe hacer y cómo sabrá que avanzó. Una estructura consistente por unidades reduce carga cognitiva. Cada unidad puede integrar propósito, contenidos esenciales, actividad, evidencia, criterios y apoyo. Los nombres descriptivos, fechas visibles y rutas alternativas mejoran orientación. La acumulación de archivos sin jerarquía dificulta el aprendizaje autónomo porque obliga a interpretar una arquitectura que debería ser explícita.

1.5.3. Comunicación e interacción educativa

Los anuncios, mensajería, foros, videoconferencias y comentarios sostienen presencia docente, social y cognitiva. La selección del canal depende del propósito: un anuncio comunica; un foro permite elaboración; un mensaje atiende un caso. Deben establecerse tiempos de respuesta y normas de convivencia. La interacción significativa requiere preguntas auténticas, retroalimentación entre pares y síntesis docente. Automatizar recordatorios puede mejorar oportunidad, pero no reemplaza el diálogo necesario ante dificultades complejas.

1.5.4. Gestión de actividades y evaluaciones

El LMS puede administrar entregas, cuestionarios, talleres, portafolios y rúbricas. La función educativa surge cuando las actividades exigen aplicar, explicar, comparar o crear, y no solo reproducir información. La evaluación debe alinearse con objetivos y ofrecer evidencias variadas. Los intentos múltiples, bancos de preguntas y comentarios automáticos ayudan a practicar; las tareas abiertas permiten valorar razonamiento y transferencia. La combinación evita depender de un único formato o indicador.

1.5.5. Seguimiento del progreso académico

El seguimiento integra finalización, calificaciones, participación y cumplimiento temporal. Moodle Docs (2025) explica que la finalización puede depender de visualización, logro de una calificación o confirmación manual. Estos criterios deben representar avances relevantes, no acciones triviales. Un panel útil muestra la meta, el estado actual y el siguiente paso. Para evitar interpretaciones simplistas, los registros se contrastan con evidencias cualitativas y circunstancias del estudiante.

1.5.6. Generación de informes educativos

Los informes transforman eventos registrados en información para estudiantes, docentes y directivos. Un estudiante necesita comprender su progreso; el docente, identificar patrones y necesidades; la dirección, evaluar cobertura y calidad. El informe debe responder una pregunta y

conducir a una acción. La abundancia de gráficos sin propósito produce ruido. Conviene definir indicadores, periodicidad, responsables, reglas de interpretación y límites antes de recopilar datos.

1.5.7. Integración con herramientas externas

Las integraciones conectan videoconferencia, bibliotecas, simuladores, repositorios, sistemas académicos y aplicaciones de IA. Pueden implementarse mediante estándares o interfaces de programación. Antes de integrar, se deben revisar autenticación, permisos, transferencia de datos, accesibilidad, continuidad y salida del proveedor. Cada servicio adicional amplía funcionalidades y también superficie de riesgo. La arquitectura debe ser mínima, documentada y coherente con la necesidad educativa.

1.6. Fundamentos de la inteligencia artificial

La IA agrupa métodos que permiten a sistemas computacionales realizar tareas asociadas con percepción, lenguaje, predicción, recomendación o generación. No constituye una capacidad única ni una inteligencia equivalente a la humana. Cada modelo opera con objetivos, datos y restricciones específicas. Comprender esta delimitación evita atribuir intención o comprensión a salidas producidas estadísticamente y ayuda a decidir cuándo una herramienta es adecuada.

Todo sistema de IA puede analizarse mediante cinco elementos: propósito, datos, modelo, salida y decisión. El propósito delimita el problema; los datos representan ejemplos o contexto; el modelo transforma entradas; la salida expresa una estimación o contenido; y la decisión determina qué ocurre después. Esta cadena permite ubicar responsabilidades. Si una alerta identifica posible inactividad, debe conocerse qué eventos se observaron, cómo se definió el resultado y qué acción recibirá el docente. La incertidumbre atraviesa todo el proceso: los datos pueden ser incompletos, el modelo puede no generalizar y la salida puede interpretarse mal. Por ello, la calidad no se reduce a exactitud. También incluye robustez, equidad, explicabilidad y utilidad. Un modelo complejo no siempre es preferible; una regla transparente puede resolver una necesidad con menor costo y riesgo. La IA generativa añade otra diferencia: produce una nueva secuencia probable, no recupera necesariamente una afirmación verificada. Para tareas informativas, se beneficia de fuentes controladas y mecanismos de recuperación; para tareas creativas, necesita criterios de evaluación. En ambos casos, la institución debe registrar versión, configuración y cambios relevantes. La alfabetización básica sobre estos componentes ayuda a docentes y estudiantes a formular expectativas realistas y evita tratar la tecnología como autoridad autónoma.

Para seleccionar un método conviene establecer una línea de complejidad. Primero se comprueba si una regla explícita resuelve la necesidad; después se consideran modelos estadísticos interpretables y solo entonces alternativas más complejas. Si se desea recordar una fecha, una regla es suficiente. Si se pretende estimar riesgo a partir de múltiples patrones, puede justificarse un

modelo predictivo. Si se necesita producir explicaciones variadas, podría utilizarse IA generativa con fuentes y revisión. Esta progresión reduce costos y facilita explicar resultados. La calidad del dato también debe evaluarse antes de entrenar o contratar: cobertura, actualidad, errores, distribución y relación con el propósito. Los registros del LMS describen interacción con la plataforma, no la totalidad del aprendizaje. Actividades fuera de línea, apoyo familiar y dificultades técnicas pueden quedar invisibles. Reconocer esta frontera es esencial para impedir que el modelo convierta ausencia de registro en ausencia de esfuerzo o capacidad.

1.6.1. Conceptualización de la inteligencia artificial

La IA puede entenderse como el diseño de sistemas capaces de producir resultados — predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones— a partir de reglas o modelos. Su comportamiento depende de datos, arquitectura, entrenamiento y condiciones de uso. En educación, la pregunta central no es si una herramienta “piensa”, sino qué evidencia utiliza, qué resultado produce, con qué precisión y cómo afecta a las personas. Esta formulación vuelve evaluables las afirmaciones del proveedor.

1.6.2. Evolución histórica de la inteligencia artificial

La IA ha atravesado etapas de sistemas simbólicos, sistemas expertos, aprendizaje estadístico y modelos profundos. Los avances en capacidad computacional, disponibilidad de datos y arquitecturas neuronales impulsaron aplicaciones recientes. La IA generativa amplió la interacción mediante lenguaje natural y producción multimodal. La historia también registra periodos de expectativas incumplidas; por ello, la adopción educativa requiere pruebas contextualizadas y no inferencias basadas únicamente en demostraciones comerciales.

1.6.3. Aprendizaje automático

El aprendizaje automático construye modelos a partir de ejemplos. En el aprendizaje supervisado, los datos incluyen resultados conocidos; en el no supervisado, se buscan estructuras; y en el aprendizaje por refuerzo, las acciones reciben recompensas. Un modelo puede estimar riesgo de inactividad o recomendar recursos, pero su desempeño depende de la calidad y representatividad de los datos. Correlación predictiva no implica explicación causal ni autoriza una decisión automática.

1.6.4. Aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo utiliza redes neuronales con múltiples capas para representar patrones complejos en texto, imagen, audio y datos secuenciales. Ha permitido reconocimiento de voz, traducción y modelos generativos, aunque suele requerir recursos y grandes conjuntos de datos. Su complejidad puede dificultar la interpretación. En contextos escolares, no siempre supera a modelos

simples; la selección debe equilibrar desempeño, explicabilidad, costo, privacidad y capacidad institucional.

1.6.5. Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural permite clasificar textos, extraer temas, resumir, traducir y generar respuestas. En un LMS puede apoyar búsqueda, accesibilidad, retroalimentación inicial o atención de consultas. El lenguaje es ambiguo y contextual, de modo que el sistema puede omitir matices o reproducir sesgos. Las producciones deben presentarse como ayudas revisables, especialmente cuando interpretan desempeño, emociones o necesidades personales.

1.6.6. Inteligencia artificial generativa

La IA generativa produce texto, imagen, audio o código a partir de instrucciones y patrones aprendidos. Puede crear ejemplos, variantes de actividades, explicaciones y preguntas. UNESCO (2023) señala la necesidad de validación humana, protección de datos y adecuación por edad. Estos sistemas pueden generar información plausible pero falsa; por tanto, su uso exige contrastar fuentes, documentar la participación de la IA y diseñar tareas que valoren razonamiento, proceso y autoría.

1.6.7. Sistemas de recomendación

Los sistemas de recomendación ordenan opciones según similitud de contenidos, comportamiento de usuarios o combinaciones de ambos. En educación pueden sugerir lecturas, ejercicios o rutas. Una recomendación útil debe ser pedagógicamente pertinente, diversa y explicable. Si solo maximiza clics, puede encerrar al estudiante en contenidos semejantes o reforzar brechas. Debe ofrecer alternativas, permitir rechazo y registrar si la recomendación contribuyó realmente al objetivo.

1.7. Inteligencia artificial aplicada a la educación

La IA educativa comprende aplicaciones orientadas a apoyar enseñanza, aprendizaje, evaluación y gestión. Su valor no depende de la novedad del algoritmo, sino de la calidad del problema definido, las evidencias disponibles y la intervención asociada. UNESCO (2021, 2024) destaca una orientación humanista: la IA debe ampliar capacidades de estudiantes y docentes, proteger derechos y conservar responsabilidad humana.

Una aplicación educativa debe evaluarse en tres niveles. El nivel técnico examina funcionamiento, errores, seguridad y compatibilidad. El nivel pedagógico valora alineación con objetivos, calidad de la ayuda y efectos en procesos cognitivos y motivacionales. El nivel ético-institucional analiza derechos, equidad, transparencia y responsabilidad. Un sistema puede funcionar correctamente y ser pedagógicamente irrelevante; también puede mejorar un promedio y perjudicar a un grupo. La evaluación necesita línea base y comparación: tiempo docente, participación, calidad de

productos, aprendizaje y percepción antes y después de la intervención. Las métricas deben reflejar el propósito. Si el objetivo es mejorar retroalimentación, no basta contar mensajes; se debe examinar oportunidad, especificidad, comprensión y revisión del trabajo. Los pilotos deben incluir casos habituales y excepciones, así como procedimientos de escalamiento. Es importante documentar cuándo el sistema no responde y qué ocurre entonces. La IA educativa debe complementar relaciones humanas, no utilizarlas como variable residual. Las consultas sensibles, los conflictos, la motivación y la interpretación de trayectorias requieren conocimiento contextual y responsabilidad profesional. La decisión de retirar una herramienta cuando no aporta valor también constituye innovación responsable. En lugar de adoptar soluciones por presión de novedad, la institución aprende mediante ciclos pequeños, medibles y reversibles.

1.7.1. Concepto de inteligencia artificial educativa

La inteligencia artificial educativa es un campo interdisciplinario entre ciencias de la computación, educación, psicología, ética y gestión. Incluye sistemas que modelan conocimiento o interacción para ofrecer apoyo adaptativo. La interdisciplinariedad es indispensable porque una buena predicción puede conducir a una mala intervención si ignora currículo, motivación o contexto. La evaluación debe considerar exactitud técnica, utilidad pedagógica, equidad, experiencia del usuario y efectos no previstos.

1.7.2. Sistemas de tutoría inteligente

Un tutor inteligente representa componentes del dominio, del estudiante y de la estrategia de enseñanza para seleccionar explicaciones o tareas. Puede ofrecer práctica escalonada y retroalimentación inmediata. Su alcance es mayor en dominios estructurados, donde las respuestas y procedimientos pueden modelarse. En problemas abiertos, el docente conserva un papel decisivo para interpretar argumentos y contexto. El tutor debe transparentar límites y permitir solicitar ayuda humana.

1.7.3. Asistentes virtuales educativos

Los asistentes virtuales responden preguntas, orientan navegación y recuerdan procedimientos. Son útiles para consultas frecuentes y disponibilidad continua, pero deben diferenciar información administrativa, apoyo académico y situaciones sensibles. Una base de conocimiento validada reduce errores; la derivación a una persona atiende casos no resueltos. El sistema debe informar que es automatizado, evitar solicitar datos innecesarios y registrar fallos para mejorar.

1.7.4. Generación automática de contenidos

La IA puede producir borradores de guías, ejemplos, cuestionarios y adaptaciones lingüísticas. El docente debe verificar precisión, nivel cognitivo, pertinencia cultural, accesibilidad y alineación

curricular. Generar más material no mejora por sí mismo el aprendizaje. Conviene utilizar la IA para crear variaciones con una especificación clara —objetivo, edad, contexto, formato y criterios— y someter cada resultado a revisión antes de publicarlo.

1.7.5. Evaluación automatizada

La automatización funciona bien en respuestas cerradas y procedimientos formalizables. En textos abiertos puede apoyar clasificación o comentarios preliminares, pero no debe ocultar incertidumbre ni sustituir el juicio docente en decisiones de alto impacto. La evaluación requiere criterios explícitos, muestras de validación y mecanismos de reclamación. El estudiante debe saber qué parte fue automatizada y cómo solicitar revisión.

1.7.6. Retroalimentación inteligente

La retroalimentación inteligente utiliza el estado de la tarea y el historial para ofrecer una indicación pertinente. Debe explicar la brecha, orientar el siguiente paso y favorecer autorregulación, no entregar simplemente la respuesta. Una buena secuencia puede comenzar con una pregunta, continuar con una pista y finalizar con un ejemplo. El docente revisa patrones de errores y ajusta reglas cuando la retroalimentación conduce a confusión o dependencia.

1.7.7. Identificación de dificultades de aprendizaje

Los registros pueden revelar retrasos, intentos fallidos o abandono de actividades. Estas señales permiten priorizar acompañamiento, pero no constituyen diagnósticos. Moodle Docs (2023) muestra que incluso un modelo de riesgo depende de una definición operacional de abandono y del tipo de curso. Las alertas deben interpretarse con contexto, comunicarse sin estigmatizar y vincularse a apoyos concretos. Un sistema que identifica riesgo sin capacidad de respuesta tiene escaso valor educativo.

1.8. Fundamentos del aprendizaje autónomo

La autonomía es una capacidad progresiva para orientar el propio aprendizaje dentro de condiciones sociales y materiales. Integra agencia y apoyo: el estudiante toma decisiones, mientras docentes y recursos ofrecen estructura. Los modelos de autorregulación describen ciclos de anticipación, ejecución y reflexión. En un LMS, cada fase puede hacerse visible mediante metas, planes, registros, retroalimentación y revisión.

La autonomía puede enseñarse mediante un ciclo explícito. En la fase de anticipación, el estudiante interpreta la tarea, define una meta y elige recursos. Durante la ejecución, administra atención, tiempo y estrategias, y solicita ayuda cuando identifica una barrera. En la reflexión, compara resultados con criterios, explica causas y define ajustes. El LMS puede proporcionar un espacio para cada fase, pero el andamiaje debe reducirse gradualmente. Al inicio, una plantilla de

planificación puede incluir preguntas detalladas; posteriormente, conservar solo recordatorios esenciales. Esta retirada evita que el estudiante dependa de listas o recomendaciones. La autonomía también es situada: una persona puede autorregularse en una materia conocida y requerir apoyo en otra. Por ello, los perfiles no deben fijar etiquetas globales. Es preferible registrar comportamientos observables, como estimar tiempo, revisar criterios o utilizar retroalimentación. La dimensión social es igualmente importante. Aprender de forma autónoma incluye colaborar, contrastar ideas y participar en comunidades. El LMS puede facilitar apoyo entre pares, pero requiere estructuras de responsabilidad individual y colectiva. Finalmente, la autonomía debe evaluarse por la calidad creciente de decisiones, no solo por cumplimiento. Entregar siempre a tiempo puede reflejar planificación, pero también tareas demasiado simples o ayuda externa; la interpretación necesita evidencia complementaria.

1.8.1. Conceptualización del aprendizaje autónomo

El aprendizaje autónomo comprende iniciativa, propósito, selección de estrategias, monitoreo y responsabilidad. No se reduce a independencia física ni uso individual de recursos. Un estudiante autónomo sabe cuándo puede avanzar solo y cuándo debe pedir ayuda. La autonomía varía según la tarea y puede enseñarse. Las oportunidades de elección deben ser significativas y estar acompañadas por información suficiente sobre consecuencias y criterios.

1.8.2. Aprendizaje autónomo y autorregulación

La autorregulación explica cómo el estudiante convierte metas en acciones, observa resultados y modifica estrategias. Zimmerman (2002) destaca la interacción entre procesos cognitivos, motivacionales y conductuales. En un entorno digital, la secuencia puede apoyarse con una agenda, hitos, indicadores y preguntas de reflexión. El objetivo no es controlar cada acción, sino transferir gradualmente al estudiante la capacidad de planificar y evaluar.

1.8.3. Metacognición y control del aprendizaje

La metacognición incluye conocimiento sobre la propia forma de aprender y regulación de los procesos. Antes de una tarea, el estudiante anticipa demandas; durante ella, comprueba comprensión; al final, valora estrategias. El LMS puede incorporar estimaciones previas, diarios, listas de comprobación y autoexplicaciones. La comparación entre confianza y desempeño ayuda a calibrar juicios, siempre que se utilice para aprender y no para etiquetar.

1.8.4. Motivación académica

La motivación se relaciona con valor, expectativas, autonomía, competencia y pertenencia. La teoría de la autodeterminación sostiene que los ambientes que apoyan autonomía, competencia y relación favorecen motivación de mayor calidad (Ryan & Deci, 2020). Las insignias o puntos pueden

atraer atención, pero no sustituyen relevancia, progreso y propósito. El LMS debe mostrar avances y opciones sin convertir toda actividad en competencia externa.

1.8.5. Gestión del tiempo y de los recursos

Gestionar el tiempo implica estimar duración, priorizar, distribuir esfuerzo y ajustar planes. Los calendarios, recordatorios y paneles ayudan cuando reducen incertidumbre; demasiadas alertas producen fatiga. Las tareas deben indicar carga esperada, fecha y dependencia con otras actividades. Los recursos también incluyen personas, tutoriales y herramientas. La autonomía crece cuando el estudiante conoce qué apoyo está disponible y puede decidir cuándo utilizarlo.

1.8.6. Toma de decisiones durante el aprendizaje

Las decisiones incluyen elegir tarea, estrategia, recurso, nivel de desafío o momento para pedir ayuda. Una plataforma puede recomendar, pero debe conservar alternativas y explicar criterios. La elección sin orientación puede sobrecargar; la ruta única puede restringir agencia. El diseño equilibrado ofrece pocas opciones pertinentes, información sobre su finalidad y posibilidad de revisar la decisión según los resultados.

1.8.7. Responsabilidad del estudiante

La responsabilidad implica cumplir compromisos, participar con honestidad, cuidar datos y evaluar la calidad de fuentes y producciones. No significa asumir fallos derivados de barreras institucionales. La corresponsabilidad distribuye deberes: la institución garantiza acceso y seguridad; el docente diseña apoyos y criterios; el estudiante participa y comunica dificultades. Esta distribución evita que el discurso de autonomía justifique abandono pedagógico.

1.9. Competencias para el aprendizaje autónomo digital

La autonomía digital requiere competencias para buscar, evaluar, crear, comunicar, protegerse y reflexionar. DigComp 2.2 organiza la competencia digital en información y datos, comunicación, creación, seguridad y resolución de problemas (Vuorikari et al., 2022). La irrupción de la IA añade comprensión de modelos, verificación de salidas y conciencia ética, dimensiones incluidas en los marcos de UNESCO (2024).

El desarrollo de competencias requiere progresión y práctica transversal. Una secuencia inicial puede centrarse en navegación, organización de archivos y comunicación; una fase intermedia incorpora búsqueda, evaluación de fuentes, producción y colaboración; y una fase avanzada añade análisis de datos, automatización e interacción crítica con IA. Las competencias no deben enseñarse únicamente mediante tutoriales aislados. Se consolidan cuando el estudiante las utiliza para resolver tareas disciplinares y recibe retroalimentación sobre el proceso. Una rúbrica puede valorar definición de la necesidad, selección de herramienta, protección de datos, verificación y reflexión. En la

interacción con IA, el diseño de instrucciones es útil, pero insuficiente: una instrucción detallada no garantiza veracidad. La competencia central es construir un ciclo de consulta, contraste, revisión y atribución. También se debe enseñar a reconocer tareas en las que la herramienta no es apropiada, por ejemplo cuando se procesan datos personales o se evalúa una habilidad que el estudiante debe demostrar sin asistencia. La accesibilidad forma parte de la competencia: producir un documento digital implica estructura de encabezados, texto alternativo, contraste y lenguaje comprensible. De este modo, la competencia digital deja de ser una lista técnica y se convierte en capacidad para actuar de forma eficaz, crítica, segura y solidaria.

1.9.1. Competencia digital

La competencia digital es el uso seguro, crítico y creativo de tecnologías para aprender y participar. Incluye operaciones técnicas, pero también selección de herramientas y comprensión de impactos. En un LMS se evidencia al gestionar archivos, configurar notificaciones, participar, producir contenidos y proteger credenciales. Debe enseñarse mediante tareas auténticas y criterios observables, no suponerse por la edad o frecuencia de uso de dispositivos.

1.9.2. Alfabetización informacional

La alfabetización informacional comprende definir una necesidad, buscar, comparar, evaluar y citar información. Con IA generativa, el estudiante debe verificar afirmaciones en fuentes independientes porque una respuesta fluida puede ser incorrecta. Las actividades pueden solicitar registrar consultas, justificar selección de fuentes y distinguir evidencia primaria de comentarios. La trazabilidad del proceso fortalece integridad y comprensión.

1.9.3. Pensamiento crítico

El pensamiento crítico evalúa supuestos, evidencia, inferencias y alternativas. Ante una recomendación algorítmica, el estudiante pregunta qué datos la sustentan, qué opciones excluye y qué consecuencias tiene. No consiste en rechazar tecnología, sino en utilizarla con razones. Comparar una salida de IA con fuentes y elaborar una corrección convierte la herramienta en objeto de análisis y evita una aceptación automática.

1.9.4. Resolución de problemas

Resolver problemas exige representar la situación, planificar, ejecutar, comprobar y transferir. La tecnología puede ofrecer simulaciones, pistas o casos, pero debe preservar esfuerzo cognitivo productivo. Una ayuda entregada demasiado pronto elimina la oportunidad de formular hipótesis. Los apoyos adaptativos deben escalarse y retirarse progresivamente; el registro de estrategias permite valorar no solo la respuesta final, sino el proceso.

1.9.5. Capacidad de autoevaluación

Autoevaluarse significa comparar el propio trabajo con criterios y decidir mejoras. Las rúbricas, ejemplos anotados y preguntas metacognitivas hacen visibles estándares. La calificación automática puede ofrecer información inmediata, pero la autoevaluación requiere interpretación. Pedir al estudiante que estime su desempeño, contraste el resultado y formule una acción futura convierte el dato en aprendizaje autorregulado.

1.9.6. Uso ético de la información

El uso ético abarca autoría, licencias, citación, privacidad y respeto. La utilización de IA debe declararse según la política institucional y la naturaleza de la tarea. No todas las ayudas tienen el mismo efecto: corregir estilo difiere de generar una respuesta completa. Las consignas deben precisar usos permitidos, evidencias del proceso y criterios. La educación para la integridad resulta más sostenible que la vigilancia basada exclusivamente en detectores inciertos.

1.9.7. Interacción responsable con sistemas de IA

Interactuar responsablemente requiere formular instrucciones, proteger información, verificar resultados y reconocer límites. El marco de competencias de UNESCO (2024) sitúa el enfoque humano y la ética junto con fundamentos y aplicaciones. El estudiante no debe introducir datos personales o trabajos confidenciales en servicios no autorizados. También necesita comprender que el sistema puede producir sesgos y que conserva responsabilidad sobre el producto entregado.

1.10. Relación entre los LMS, la IA y el aprendizaje autónomo

La integración puede representarse como un ciclo: el LMS organiza y registra; la IA analiza o genera; el estudiante decide y actúa; y el docente interpreta y ajusta. Si se elimina la agencia, la personalización se convierte en control. Si se elimina la mediación, las recomendaciones quedan sin contexto. La tabla 2 muestra una distribución equilibrada de responsabilidades.

La articulación puede diseñarse a partir de momentos de decisión. Antes del aprendizaje, el LMS presenta metas y la IA puede sugerir una ruta basada en un diagnóstico; el estudiante revisa y acepta o modifica la propuesta. Durante la actividad, el sistema registra evidencias y ofrece apoyos escalonados; el estudiante decide utilizarlos, mientras el docente observa patrones. Después, la plataforma organiza resultados, la IA genera una síntesis provisional y las personas interpretan causas y próximos pasos. Este modelo mantiene la tecnología como soporte y distribuye autoridad. Para implementarlo, cada automatización necesita una condición, una acción, un destinatario y un mecanismo de revisión. Cada personalización necesita una necesidad, una opción alternativa y un indicador de efecto. También debe existir una ruta de salida: desactivar recomendaciones, corregir datos o solicitar ayuda. La integración se vuelve más sólida cuando el estudiante participa en la

definición de metas y puede ver qué información alimenta el sistema. Los datos dejan de ser una forma de vigilancia y se convierten en recurso de reflexión. Una conversación periódica sobre el panel de progreso permite distinguir registro, interpretación y decisión. Así, la analítica apoya metacognición en vez de imponer conclusiones. La finalidad última no es que el entorno decida por el estudiante, sino que le ayude a tomar decisiones mejor informadas.

Una implementación madura combina reglas institucionales comunes con personalización controlada. La estructura, los criterios de evaluación, la seguridad y los derechos deben permanecer estables; el orden de ciertos recursos, la intensidad de apoyo o el formato pueden adaptarse. Esta distinción protege la comparabilidad sin negar diversidad. El sistema debe conservar un registro de la recomendación, la decisión del estudiante y el resultado, de modo que sea posible aprender si el apoyo funcionó. No obstante, el registro debe limitarse a la finalidad y eliminarse cuando deje de ser necesario. La mejora se produce cuando los datos regresan a la conversación pedagógica: el docente pregunta, el estudiante interpreta y ambos acuerdan un ajuste. La tecnología aporta memoria y capacidad de procesamiento; las personas aportan significado, valores y conocimiento contextual. Esta complementariedad constituye el núcleo de un LMS inteligente orientado a la autonomía.

Tabla 2. Responsabilidades en un entorno LMS con IA.

Actor	Responsabilidad principal	Control necesario
Estudiante	Decidir, actuar y reflexionar	Opciones y explicación
Docente	Diseñar, acompañar y validar	Juicio profesional
Institución	Gobernar datos y servicios	Políticas y auditoría
Sistema	Registrar, analizar y apoyar	Monitoreo y trazabilidad

Fuente: elaboración propia.

1.10.1. El LMS como entorno de aprendizaje autónomo

Un LMS favorece autonomía cuando ofrece orientación visible, acceso permanente, criterios, elecciones y retroalimentación. La estructura debe permitir anticipar la secuencia y recuperar el punto de avance. Las rutas no necesitan ser totalmente abiertas: pueden combinar actividades obligatorias con opciones. Los paneles deben informar sin vigilar de manera invasiva. El diseño coherente libera recursos cognitivos para aprender en lugar de descifrar la plataforma.

1.10.2. La IA como mediadora del aprendizaje

La IA media cuando transforma información en una ayuda: una pista, recomendación, explicación o alerta. Su efectividad depende del momento, contenido y destinatario. Una predicción solo adquiere sentido cuando activa una intervención proporcionada. La mediación debe poder ignorarse, revisarse o corregirse. Esta reversibilidad protege autonomía y facilita aprendizaje institucional a partir de errores del sistema.

1.10.3. Automatización y personalización educativa

Automatizar significa ejecutar acciones según reglas o modelos; personalizar significa ajustar elementos a necesidades o decisiones. Pueden combinarse, pero no son equivalentes. Un recordatorio programado es automatización sin personalización; una selección docente de recursos es personalización sin IA. Distinguir las evita sobredimensionar la tecnología y ayuda a identificar el método más simple que resuelve el problema.

1.10.4. Participación del estudiante en la toma de decisiones

La participación debe incluir información, consentimiento cuando corresponda, opciones y canales de impugnación. El estudiante puede elegir metas, formatos o ritmos dentro de límites curriculares. También debe conocer por qué recibe una recomendación y cómo modificar preferencias. El diseño participativo incorpora su experiencia para revisar mensajes, paneles y apoyos; así se evita que la personalización sea definida exclusivamente desde registros conductuales.

1.10.5. Transformación del rol docente

El docente pasa de distribuir información a diseñar experiencias, interpretar datos, acompañar decisiones y evaluar calidad. La IA puede reducir tiempo en borradores o clasificación, pero aumenta la necesidad de criterio profesional. UNESCO (2024) incluye pedagogía con IA y desarrollo profesional entre las competencias docentes. La supervisión no debe limitarse a corregir errores: comprende decidir cuándo no usar una herramienta y explicar esa decisión.

1.10.6. Oportunidades y desafíos de la integración

Entre las oportunidades se encuentran apoyo oportuno, accesibilidad, diferenciación y eficiencia. Los desafíos incluyen infraestructura desigual, calidad de datos, interoperabilidad, formación, sostenibilidad y gobernanza. La adopción debe comenzar con un problema acotado, una línea base y criterios de éxito. Los pilotos controlados permiten comparar resultados y efectos no previstos antes de ampliar el sistema.

1.11. Consideraciones éticas y pedagógicas iniciales

La ética no constituye una etapa posterior, sino un criterio de diseño. El marco de gestión de riesgos de IA del NIST (2023) propone gobernar, mapear, medir y gestionar riesgos durante el ciclo de vida. En educación, esto se traduce en definir propósito, actores afectados, datos, métricas, supervisión y mecanismos de reparación antes del despliegue.

La evaluación de riesgos debe ser proporcional al impacto. Una herramienta que propone sinónimos no requiere los mismos controles que un sistema que recomienda promoción, identifica riesgo o influye en calificaciones. Para cada uso se debe describir población, beneficio esperado,

posibles daños, grupos vulnerables y responsables. Después se aplican medidas: minimización de datos, validación, umbrales conservadores, revisión humana, registro, comunicación y apelación. La justicia no se garantiza eliminando variables sensibles, porque otras variables pueden actuar como aproximaciones. Es necesario examinar resultados entre grupos y analizar quién soporta los falsos positivos o negativos. La transparencia debe evitar dos extremos: una explicación técnica inaccesible y una declaración vaga de “uso de IA”. La información se adapta al usuario e incluye finalidad, datos, límites y canal de reclamación. En términos pedagógicos, debe analizarse si la herramienta conserva desafío, creatividad, interacción y autoría. Cuando genera productos completos, puede reducir práctica deliberada; cuando formula preguntas o proporciona pistas, puede fortalecerla. La gobernanza necesita un inventario institucional de sistemas, revisión periódica y procedimiento de incidentes. También requiere formación y tiempo asignado, porque la supervisión sin recursos es solo una formalidad. Un enfoque ético convierte estas condiciones en requisitos de calidad y no en obstáculos externos.

La contratación o adopción de servicios debe incluir requisitos verificables: ubicación y propiedad de los datos, subcontratistas, medidas de seguridad, accesibilidad, exportación, eliminación, uso para entrenamiento, registro de incidentes y condiciones de cambio. También debe establecerse qué ocurre cuando una persona no consiente un uso opcional de IA. Una alternativa equivalente evita que el acceso a la educación dependa de aceptar tratamientos innecesarios. Las pruebas previas deben utilizar información ficticia o minimizada y no bases completas por comodidad. Cuando se detecta un error, el protocolo debe permitir contenerlo, informar a afectados, corregir decisiones y prevenir recurrencia. La cultura ética se fortalece si estudiantes y docentes pueden reportar problemas sin temor. Más que prometer sistemas libres de riesgo, la institución demuestra capacidad para reconocer incertidumbre, vigilar efectos y reparar daños. Esta responsabilidad es compatible con la innovación y, de hecho, aumenta su legitimidad y sostenibilidad.

1.11.1. Privacidad y protección de datos

Los registros educativos pueden revelar hábitos, desempeño y relaciones. Deben recogerse únicamente datos necesarios, con finalidad definida, acceso limitado, seguridad y periodos de conservación. La integración con terceros requiere conocer dónde se procesan los datos y si se utilizan para entrenar modelos. La anonimización reduce riesgos, pero no siempre impide reidentificación. La privacidad debe configurarse por defecto y comunicarse con lenguaje comprensible.

1.11.2. Transparencia de los sistemas inteligentes

La transparencia exige informar cuándo interviene IA, qué función cumple, qué datos generales utiliza y cuáles son sus límites. No requiere revelar código incomprensible a todos los usuarios, sino ofrecer explicaciones adecuadas al rol. Un docente necesita criterios y métricas; un estudiante, razones accionables. La documentación de versiones y cambios permite investigar errores y sostener rendición de cuentas.

1.11.3. Sesgos algorítmicos

Un sesgo puede originarse en datos incompletos, etiquetas históricas, variables proxy, diseño de métricas o interpretación. Un modelo con buen promedio puede fallar sistemáticamente para un grupo. Por ello, deben analizarse resultados desagregados, falsos positivos y falsos negativos, además de consultar a personas afectadas. Corregir sesgo no consiste solo en ajustar el algoritmo; puede requerir modificar datos, proceso o decisión asociada.

1.11.4. Autonomía humana y dependencia tecnológica

Una ayuda puede debilitar autonomía si entrega respuestas, restringe opciones o vuelve opacos los criterios. El diseño debe promover comprensión y retirada gradual del apoyo. También conviene mantener procedimientos alternativos ante fallos o desconexión. La institución no debe perder capacidad de enseñar, evaluar o recuperar datos por dependencia de un proveedor. La autonomía opera en dos niveles: del estudiante respecto al sistema y de la institución respecto a la infraestructura.

1.11.5. Equidad y accesibilidad digital

La equidad considera dispositivos, conectividad, discapacidad, idioma y condiciones de estudio. Una función basada en video o interacción permanente puede excluir a quienes tienen baja conectividad. Deben ofrecerse formatos alternativos, navegación por teclado, subtítulos, contraste, lenguaje claro y opciones sincrónicas y asincrónicas. La IA puede apoyar conversión de formatos, pero sus resultados requieren revisión. La accesibilidad debe probarse con usuarios y no limitarse a una declaración del proveedor.

1.11.6. Supervisión docente

La supervisión docente comprende validar contenidos, revisar alertas, interpretar excepciones y documentar decisiones. Debe ser significativa: una firma automática no corrige un proceso opaco. La institución necesita definir niveles de riesgo. En tareas de bajo impacto basta muestreo; en calificaciones, acceso o identificación de riesgo se requiere revisión más estricta y posibilidad de apelación. La supervisión también demanda tiempo, formación y autoridad para detener el sistema.

1.12. Aplicación práctica

La actividad propone analizar un LMS real o simulado mediante cuatro instrumentos. El producto final es una matriz de decisiones que relaciona necesidades de autonomía, funciones del LMS, posibilidades de IA, riesgos y supervisión. Puede desarrollarse en equipos docentes y revisarse con estudiantes.

La aplicación puede ejecutarse en cinco sesiones. En la primera, el equipo define el curso, los usuarios y el problema; en la segunda realiza el recorrido funcional y recoge evidencias; en la tercera identifica necesidades de autonomía; en la cuarta diseña una intervención y analiza riesgos; y en la quinta presenta el prototipo a estudiantes y docentes. La decisión se registra en una ficha con línea base, indicador, responsable y fecha de revisión. Por ejemplo, si existe baja entrega por desorganización, se puede probar un panel semanal y un recordatorio configurable. El indicador no será solo cantidad de mensajes enviados, sino proporción de estudiantes que consultan el plan, entregan a tiempo y reportan mayor control. Debe existir un grupo o periodo de comparación cuando sea viable. Los comentarios cualitativos ayudan a detectar fatiga o confusión. Después del piloto, el equipo decide mantener, modificar o retirar. Este procedimiento evita comenzar por una herramienta y buscarle posteriormente un problema. También promueve documentación reutilizable: qué configuración se empleó, qué ocurrió, qué excepciones aparecieron y qué aprendió la institución. La matriz no produce una aprobación automática; organiza una deliberación pedagógica y ética.

1.12.1. Análisis básico de un LMS

Seleccione un curso y examine navegación, estructura, recursos, actividades, comunicación, evaluación, seguimiento, accesibilidad y privacidad. Registre evidencias observables, no impresiones generales. Para cada dimensión, identifique una fortaleza, una barrera y una mejora prioritaria. Conviene realizar el recorrido con perfiles de docente y estudiante, además de probarlo en computadora y teléfono.

1.12.2. Identificación de funciones automatizables

Liste tareas repetitivas y valore frecuencia, tiempo, reglas, variabilidad y consecuencia del error. Son candidatas iniciales las notificaciones, publicación programada o consolidación de informes. Las decisiones con alto impacto, contexto complejo o datos sensibles exigen mayor intervención humana. Antes de automatizar, simplifique el proceso: automatizar una práctica innecesaria solo aumenta su velocidad y alcance.

1.12.3. Diagnóstico de necesidades de aprendizaje autónomo

Recoja información mediante revisión de productos, encuesta breve y conversación. Examine formulación de metas, planificación, selección de estrategias, monitoreo, solicitud de ayuda y

autoevaluación. Evite clasificar al estudiante de forma permanente; describa necesidades vinculadas a tareas concretas. Priorice una habilidad y defina evidencia de avance, apoyo inicial y criterio para retirarlo.

1.12.4. Matriz de relación entre LMS, IA y autonomía

Complete la tabla 3 para justificar una intervención. La relación debe comenzar en una necesidad pedagógica y terminar en un indicador verificable. Incluya alternativa no automatizada y mecanismo de supervisión. La matriz permite descartar propuestas que no aportan valor o cuyos riesgos superan los beneficios.

Tabla 3. Matriz para diseñar una intervención.

Necesidad	Función LMS/IA	Evidencia	Riesgo	Supervisión
Planificación	Agenda y recordatorio adaptado	Entregas oportunas	Fatiga de alertas	Revisión semanal
Monitoreo	Panel de progreso	Autoevaluaciones	Interpretación simplista	Contraste docente
Ayuda	Recomendación de recursos	Uso y mejora posterior	Encierro en opciones	Alternativas visibles

Fuente: elaboración propia.

1.13. Conclusiones del capítulo

Los LMS constituyen una infraestructura para organizar personas, contenidos, interacciones, evaluaciones y evidencias. Su aporte depende de la coherencia pedagógica, la accesibilidad y la capacidad de convertir registros en apoyos. La IA amplía funciones de predicción, recomendación, lenguaje y generación, pero sus resultados son probabilísticos y requieren evaluación contextual.

El aprendizaje autónomo no surge automáticamente por utilizar una plataforma. Se desarrolla mediante metas claras, elecciones significativas, estrategias, monitoreo, retroalimentación y reflexión. La automatización debe liberar tiempo y facilitar apoyos; la personalización debe ampliar oportunidades sin restringir agencia. En ambos casos, el estudiante necesita comprender y cuestionar las recomendaciones.

La integración responsable exige privacidad por diseño, transparencia, evaluación de sesgos, accesibilidad, alternativas y supervisión humana. La mejor implementación no es la más compleja, sino la que resuelve una necesidad comprobada con el menor riesgo. Estos fundamentos orientan los siguientes capítulos, dedicados a automatización, personalización, algoritmos y analítica para la mejora continua.

Como criterio operativo, toda propuesta debería responder cinco preguntas: qué necesidad educativa atiende, qué datos requiere, qué acción ejecuta, quién revisa el resultado y cómo se comprobará su efecto. Si alguna respuesta permanece indefinida, la implementación todavía no está madura. Este conjunto de preguntas conecta diseño pedagógico, arquitectura tecnológica y gobernanza. También facilita comparar soluciones comerciales, desarrollos propios y procedimientos

sin IA. El objetivo no es maximizar automatización, sino construir un entorno comprensible, accesible y responsable que permita a cada estudiante avanzar con apoyos proporcionales y desarrollar control creciente sobre su aprendizaje.

1.14. Referencias bibliográficas

- CAST. (2024). Universal Design for Learning guidelines version 3.0. <https://udlguidelines.cast.org>
- European Commission. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- MoodleDocs. (2023). Students at risk of dropping out. https://docs.moodle.org/en/Students_at_risk_of_dropping_out
- MoodleDocs. (2025). Course completion. https://docs.moodle.org/en/Course_completion
- National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- UNESCO. (2024a). AI competency framework for students. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105>
- UNESCO. (2024b). AI competency framework for teachers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>
- Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/S15430421TIP4102_2

CAPÍTULO II. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN UN LMS

Irving José Neira Ormeño

Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez»

irving.neira@docentes.educacion.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6094-431X>

2.1. Resumen

Este capítulo analiza la automatización de procesos en los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) desde una perspectiva pedagógica, técnica y ética. Se diferencian la automatización basada en reglas y la automatización inteligente; se explican eventos, condiciones, acciones, excepciones y grados de intervención humana. Posteriormente se identifican procesos administrativos y académicos susceptibles de automatización, incluyendo gestión de usuarios, matrículas, contenidos, comunicaciones, evaluaciones y seguimiento. Se desarrollan criterios para autenticación, roles, cohortes, publicación programada, acceso condicionado, notificaciones, asistentes conversacionales, bancos de preguntas, calificación y alertas de riesgo. Asimismo, se examinan complementos, interfaces de programación, servicios externos y estándares de interoperabilidad. El diseño de flujos se organiza como un ciclo de diagnóstico, modelado, prueba, monitoreo y ajuste. La automatización se concibe como apoyo al aprendizaje y no como sustitución del juicio profesional. Por ello, se estudian errores de configuración, sobreautomatización, privacidad, equidad y responsabilidad institucional. La aplicación práctica propone cuatro flujos: bienvenida, detección de inactividad, evaluación automatizada y supervisión. Se concluye que automatizar responsablemente significa simplificar primero, seleccionar procesos predecibles, conservar excepciones, documentar decisiones y medir efectos educativos.

2.2. Palabras clave

Automatización educativa; sistemas de gestión del aprendizaje; inteligencia artificial; procesos académicos; eficiencia educativa.

2.3. Introducción

La automatización ha pasado de ejecutar tareas administrativas aisladas a coordinar secuencias de aprendizaje, comunicación y seguimiento. En un LMS, una acción puede activarse cuando una persona se matricula, completa una actividad, obtiene un resultado o deja de participar. Estas capacidades reducen trabajo repetitivo y mejoran oportunidad, pero también pueden multiplicar errores y mensajes irrelevantes. La cuestión central no es cuánto automatizar, sino qué procesos conviene automatizar, con qué reglas, bajo qué controles y para producir qué beneficio educativo.

La OCDE (2023) sitúa los LMS dentro de ecosistemas digitales que deben ser confiables, útiles y equitativos. UNESCO (2023) añade que la IA educativa debe preservar agencia humana, privacidad y validación. Este capítulo aplica esos principios a decisiones concretas. La automatización se trata como un sistema sociotécnico: conecta configuración, datos, personas, normas y consecuencias. Su calidad se evalúa por precisión operativa, experiencia del usuario, impacto pedagógico, equidad y capacidad de recuperación.

2.3.1. Automatización y transformación educativa

La transformación educativa ocurre cuando la automatización modifica favorablemente la experiencia y no solo acelera una rutina. Publicar recursos a una hora determinada ahorra tiempo; liberar una actividad tras comprobar un prerrequisito puede estructurar el aprendizaje. Sin embargo, automatizar una práctica confusa la vuelve confusa a mayor escala. Primero se revisan propósito, pasos y responsabilidades; después se decide qué parte puede ejecutar el sistema y cuál exige interpretación humana.

2.3.2. Necesidad de optimizar la gestión de los LMS

Los cursos acumulan matrículas, fechas, mensajes, entregas, calificaciones y registros. La gestión manual puede producir demoras, inconsistencias y omisiones, especialmente con grupos numerosos. La optimización busca eliminar duplicidad, reducir tiempos de espera y hacer visibles excepciones. Debe partir de datos sobre frecuencia, esfuerzo y errores. Una tarea ocasional y cambiante puede no justificar automatización; una tarea repetida, estable y verificable constituye mejor candidata.

2.3.3. Automatización centrada en el aprendizaje

Una automatización centrada en el aprendizaje parte de una necesidad del estudiante. El evento no es el fin, sino la oportunidad de ofrecer orientación. Por ejemplo, detectar dos actividades vencidas puede activar una invitación a revisar el plan y un aviso al docente, no una sanción automática. El mensaje debe explicar, permitir respuesta y conducir a apoyo. La eficiencia se subordina a la comprensión, la participación y el bienestar.

2.3.4. Propósito y organización del capítulo

El capítulo proporciona bases para identificar, diseñar, integrar y supervisar automatizaciones en un LMS. La exposición avanza desde conceptos y procesos hasta aplicaciones en usuarios, contenidos, comunicación, evaluación y seguimiento. Después se estudian integraciones y flujos de trabajo, se examinan riesgos y se desarrollan cuatro casos prácticos. Cada propuesta incluye una alternativa manual, una excepción y un responsable, porque un flujo educativo nunca debe depender de una única ruta invisible.

2.4. Fundamentos de la automatización educativa

La automatización educativa utiliza reglas, modelos y servicios para ejecutar tareas o recomendar acciones dentro de un proceso formativo. Su unidad de diseño es el flujo: una secuencia con entrada, evento, condición, acción, resultado y control. La claridad de estas relaciones permite probar y corregir el sistema. Un flujo responsable es observable, reversible y proporcional al efecto que puede producir.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.4.1. Conceptualización de la automatización

Ejecución sistemática de tareas previamente definidas por reglas o modelos, con el propósito de reducir esfuerzo repetitivo y aumentar oportunidad. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de fundamentos de la automatización educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.4.2. Automatización tradicional y automatización inteligente

Distinción entre reglas deterministas, que producen resultados previsibles, y modelos de ia, cuyas salidas son probabilísticas y requieren validación. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de fundamentos de la automatización educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.4.3. Procesos, reglas y flujos de trabajo

Representación del proceso mediante eventos, condiciones, decisiones, acciones, responsables y resultados observables. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de fundamentos de la automatización educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin

crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.4.4. Automatización total y semiautomatización

Selección del grado de intervención humana según variabilidad, impacto, incertidumbre y posibilidad de reparación. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de fundamentos de la automatización educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.4.5. Intervención humana en los procesos automatizados

Participación de personas para autorizar, revisar, corregir, detener o sustituir una acción del sistema. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de fundamentos de la automatización educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.4.6. Beneficios y limitaciones de la automatización

Equilibrio entre consistencia, rapidez y escalabilidad frente a rigidez, errores masivos, dependencia y pérdida de contexto. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de fundamentos de la automatización educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5. Identificación de procesos automatizables

La identificación comienza con un inventario de tareas y evidencias. Para cada proceso se registra frecuencia, volumen, duración, reglas, excepciones, datos, responsables y consecuencia del error. Los candidatos más seguros son repetitivos, estables, verificables y de impacto limitado. Antes

de automatizar se elimina el paso innecesario, se simplifica la secuencia y se define qué resultado demostrará la mejora.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

Tabla 1. Criterios de priorización de procesos.

Criterio	Pregunta	Valor favorable
Frecuencia	¿Se repite regularmente?	Alta
Estabilidad	¿Las reglas cambian poco?	Alta
Excepciones	¿Son manejables?	Bajas
Impacto del error	¿Puede repararse?	Bajo o reversible
Evidencia	¿Se puede verificar?	Clara

Fuente: elaboración propia.

2.5.1. Procesos administrativos

Altas, bajas, calendarios, constancias y consolidación de registros que siguen reglas institucionales relativamente estables. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5.2. Procesos académicos

Secuencias de actividades, retroalimentación inicial, seguimiento y apoyos vinculados con objetivos de aprendizaje. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5.3. Gestión de usuarios y matrículas

Creación de cuentas, inscripción, asignación de permisos y cierre de acceso con trazabilidad y controles. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5.4. Organización y publicación de contenidos

Estructuración, programación, visibilidad y actualización de recursos según calendario o avance. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5.5. Comunicación con los estudiantes

Envío oportuno de avisos, recordatorios y orientaciones diferenciadas sin saturar canales. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5.6. Evaluación y retroalimentación

Aplicación de criterios formalizables, corrección de respuestas cerradas y entrega de comentarios revisables. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin

crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.5.7. Seguimiento de la participación

Observación de finalización, entregas e interacción para activar apoyo temprano, sin convertir registros en diagnósticos. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de identificación de procesos automatizables, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6. Automatización de la gestión de usuarios

La identidad digital conecta a una persona con permisos, actividad y resultados; por ello, automatizar usuarios exige mayor rigor que programar contenidos. La fuente institucional debe ser autoritativa y los cambios tienen que quedar registrados. Se aplica mínimo privilegio, autenticación segura, revisión periódica y cierre oportuno. Una cuenta incorrecta puede bloquear aprendizaje o exponer información.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.6.1. Registro y autenticación

Creación controlada de cuentas y verificación de identidad mediante credenciales seguras y, cuando corresponda, autenticación multifactor. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6.2. Asignación automática de roles

Traducción de la relación académica en permisos mínimos, evitando privilegios heredados o incompatibles. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6.3. Matriculación y desmatriculación

Sincronización de inscripciones con el sistema académico, considerando fechas, cambios y conservación legítima de evidencias. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6.4. Organización de grupos y cohortes

Clasificación temporal o curricular de usuarios para asignar cursos, actividades y comunicaciones sin duplicar cuentas. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6.5. Recuperación de credenciales

Procedimiento verificable de restablecimiento que evita revelar si una cuenta existe y limita intentos abusivos. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas

barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6.6. Control de permisos y accesos

Revisión de qué recurso puede consultar o modificar cada rol durante todo el ciclo de vida del curso. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.6.7. Protección de la identidad digital

Prevención de suplantación, exposición y uso secundario de información mediante seguridad, registro y educación del usuario. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la gestión de usuarios, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7. Automatización de contenidos y actividades

La automatización de contenidos organiza disponibilidad y secuencia. Puede reducir carga docente y ofrecer rutas claras, pero no debe ocultar recursos necesarios ni impedir revisión. Las reglas se expresan en lenguaje comprensible y se prueban con perfiles reales. Moodle Docs (2025) diferencia criterios de finalización de actividad y curso; su configuración debe representar evidencias significativas y no simples clics.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.7.1. Programación de publicaciones

Definición anticipada de fecha, hora, audiencia y periodo de visibilidad con verificación de zona horaria. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7.2. Liberación progresiva de contenidos

Presentación escalonada de recursos para reducir sobrecarga, manteniendo una visión general de la ruta. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7.3. Condiciones de acceso y finalización

Uso de fechas, calificaciones o actividades previas como condiciones transparentes y pedagógicamente justificadas. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7.4. Asignación automática de actividades

Selección de tareas por grupo, resultado o necesidad, con alternativas y revisión de la regla. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la

acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7.5. Reutilización de recursos educativos

Empleo de plantillas y repositorios versionados que preservan metadatos, licencias y posibilidad de actualización. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7.6. Generación asistida de materiales

Producción de borradores, ejemplos o reactivos con ia, seguida de validación disciplinar, pedagógica y cultural. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.7.7. Adaptación según el progreso del estudiante

Ajuste de apoyo o dificultad a partir de evidencias múltiples, sin fijar etiquetas permanentes. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de contenidos y actividades, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8. Automatización de la comunicación educativa

La comunicación automatizada aporta oportunidad y consistencia. Su riesgo principal es producir mensajes impersonales, repetitivos o descontextualizados. Cada comunicación debe tener propósito, audiencia, canal, frecuencia, acción esperada y mecanismo de respuesta. Se coordinan

calendarios para evitar que múltiples cursos envíen alertas simultáneas y se ofrece control de preferencias cuando sea posible.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.8.1. Notificaciones y recordatorios

Avisos anticipados sobre acciones relevantes, configurados para ayudar a planificar y no para incrementar presión. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8.2. Mensajes activados por eventos

Comunicaciones emitidas tras matrícula, entrega, logro o vencimiento, con contenido coherente con el estado real. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8.3. Alertas de inactividad

Señales basadas en ausencia de eventos significativos, interpretadas como invitación a verificar circunstancias. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas

barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8.4. Asistentes conversacionales

Sistemas que orientan navegación o consultas frecuentes mediante una base validada y derivación humana. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8.5. Respuestas automáticas a consultas frecuentes

Resolución inicial de preguntas repetitivas con fuentes, límites y opción de escalar. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8.6. Comunicación personalizada

Adaptación de contenido, canal o momento según necesidades y preferencias legítimamente registradas. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.8.7. Límites de la comunicación automatizada

Exclusión de conflictos, datos sensibles, evaluación compleja y situaciones socioemocionales que requieren diálogo. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el

ámbito de automatización de la comunicación educativa, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9. Automatización de la evaluación

La evaluación automatizada es apropiada cuando los criterios pueden formalizarse y comprobarse. Los reactivos cerrados permiten práctica inmediata; los productos abiertos requieren mayor juicio profesional. La calidad depende del banco, la alineación, la retroalimentación y la seguridad. 1EdTech (s. f.) define QTI para intercambiar ítems, pruebas y resultados entre herramientas, lo que favorece portabilidad sin eliminar la revisión pedagógica.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

Tabla 2. Niveles de automatización evaluativa.

Nivel	Uso	Supervisión
Automático	Reactivos cerrados y práctica	Muestreo y claves
Semiautomático	Borrador de comentarios	Validación docente
Humano asistido	Productos abiertos	Decisión profesional

Fuente: elaboración propia.

2.9.1. Creación y gestión de bancos de preguntas

Organización de reactivos por objetivo, contenido, nivel cognitivo, dificultad, versión y estado de revisión. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9.2. Selección aleatoria de reactivos

Muestreo controlado que mantiene cobertura y dificultad comparables entre intentos. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9.3. Calificación automática

Aplicación consistente de claves o reglas, con tolerancias, registro de cambios y revisión de casos ambiguos. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9.4. Retroalimentación programada

Comentarios específicos para respuestas y errores frecuentes, orientados al siguiente paso. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9.5. Evaluación adaptativa

Selección progresiva de reactivos según desempeño, con algoritmo documentado y cobertura curricular. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras.

Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9.6. Detección de patrones de error

Agrupación de dificultades para ajustar enseñanza sin inferir causas no observadas. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.9.7. Supervisión docente de los resultados

Muestreo, revisión de excepciones, corrección de claves y posibilidad de reconsiderar decisiones. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización de la evaluación, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10. Automatización del seguimiento académico

El seguimiento traduce registros en información y acciones. Accesos, entregas y finalización son indicadores indirectos; deben combinarse con desempeño, comunicación y contexto. Una alerta útil tiene umbral justificable, destinatario, mensaje, apoyo y fecha de revisión. Moodle Docs (2023) muestra que un modelo de riesgo depende de una definición operacional de abandono, por lo que no debe generalizarse fuera de su contexto.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.10.1. Registro de acceso y participación

Captura de eventos necesarios con marcas temporales y significado conocido, evitando vigilancia innecesaria. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10.2. Seguimiento del cumplimiento de actividades

Comparación entre tareas esperadas y completadas, diferenciando retraso, intento y logro. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10.3. Identificación temprana de inactividad

Detección de cambios respecto al patrón o ausencia prolongada antes de que se acumule rezago. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10.4. Alertas de riesgo académico

Priorización de revisión docente mediante umbrales o modelos cuya incertidumbre se comunica. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas

barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10.5. Informes automáticos de progreso

Síntesis periódica de metas, avances, pendientes y recomendaciones en lenguaje comprensible. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10.6. Paneles de seguimiento

Visualización de indicadores accionables para estudiantes, docentes y directivos según su rol. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.10.7. Intervención educativa oportuna

Respuesta proporcional que combina mensaje, conversación, recurso o ajuste y documenta el resultado. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de automatización del seguimiento académico, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11. Integración tecnológica para la automatización

La integración permite que un evento en un sistema active una acción en otro. Esta capacidad exige contratos de datos, autenticación, manejo de errores y trazabilidad. Cada conexión amplía funcionalidad y superficie de riesgo. Antes de integrarla se documentan finalidad, campos

transferidos, frecuencia, responsable, disponibilidad, salida del proveedor y procedimiento alternativo.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.11.1. Complementos y módulos de los LMS

Extensiones instaladas dentro de la plataforma, sometidas a revisión de versión, permisos, soporte y seguridad. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11.2. Interfaces de programación de aplicaciones

Contratos que permiten consultar o modificar datos mediante solicitudes autenticadas y límites definidos. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11.3. Integración con servicios externos

Conexión con videoconferencia, biblioteca, analítica o ia, controlando transferencia y dependencia. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas

barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11.4. Automatización mediante reglas

Motores que relacionan evento, condición y acción de forma declarativa y auditable. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11.5. Interoperabilidad educativa

Capacidad de intercambiar contenidos, identidades y resultados preservando significado. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11.6. Estándares de integración

Uso de especificaciones como lti, oneroster, qti o xapi según el tipo de intercambio. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.11.7. Mantenimiento y actualización

Pruebas periódicas, control de cambios, compatibilidad, respaldo y retiro seguro de integraciones. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de

integración tecnológica para la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.12. Diseño de flujos automatizados

El diseño comienza con un diagrama del proceso actual y termina con un flujo probado y supervisado. Se describen estados normales, excepciones y rutas de recuperación. El principio de observabilidad exige registros comprensibles; el de idempotencia evita repetir una acción si el evento se procesa más de una vez. La automatización se despliega gradualmente y se compara con una línea base.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

Tabla 3. Elementos de un flujo automatizado.

Elemento	Descripción	Control
Evento	Hecho que inicia	Registro temporal
Condición	Criterio verificable	Prueba de límites
Acción	Respuesta del sistema	Confirmación
Excepción	Ruta alternativa	Escalamiento
Indicador	Efecto esperado	Revisión periódica

Fuente: elaboración propia.

2.12.1. Diagnóstico del proceso

Observación del trabajo real para identificar objetivo, actores, tiempos, errores, duplicidades y excepciones. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de diseño de flujos automatizados, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.12.2. Definición de eventos y condiciones

Especificación verificable de qué inicia el flujo y qué criterios deben cumplirse. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de diseño de flujos automatizados, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.12.3. Selección de acciones automáticas

Elección de la respuesta mínima que produce valor y puede confirmarse. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de diseño de flujos automatizados, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.12.4. Establecimiento de excepciones

Diseño de rutas para datos incompletos, fallos, casos especiales y solicitudes de revisión. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de diseño de flujos automatizados, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.12.5. Pruebas del flujo de trabajo

Ejecución de casos normales, límites y errores con cuentas de prueba antes del uso real. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de diseño de flujos automatizados, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción

afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.12.6. Monitoreo y ajuste

Revisión de indicadores, incidentes y comentarios para mantener, modificar o retirar el flujo. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de diseño de flujos automatizados, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.13. Riesgos y uso responsable de la automatización

La automatización distribuye decisiones entre personas, reglas y proveedores. El marco de gestión de riesgos del NIST (2023) organiza acciones en gobernar, mapear, medir y gestionar durante todo el ciclo de vida. En un LMS, esto implica inventario, responsables, pruebas, monitoreo e incidentes. El riesgo se valora por probabilidad, gravedad y capacidad de reparación.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

2.13.1. Errores de configuración

Condiciones, fechas, permisos o mensajes incorrectos que pueden afectar simultáneamente a numerosos usuarios. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de riesgos y uso responsable de la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.13.2. Automatización excesiva

Incorporación de reglas innecesarias que reduce flexibilidad, aumenta complejidad y dificulta comprender el curso. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de riesgos y uso responsable de la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.13.3. Pérdida de interacción humana

Sustitución de diálogo y acompañamiento por mensajes que no reconocen contexto o emoción. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de riesgos y uso responsable de la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.13.4. Privacidad y seguridad de los datos

Recolección mínima, acceso controlado, cifrado, conservación limitada y evaluación de terceros. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de riesgos y uso responsable de la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.13.5. Equidad en las decisiones automatizadas

Análisis de errores entre grupos y disponibilidad de alternativas para conectividad, discapacidad e idioma. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de riesgos y uso responsable de la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin

crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.13.6. Responsabilidad institucional

Definición de quién aprueba, supervisa, responde incidentes, corrige decisiones y comunica a afectados. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de riesgos y uso responsable de la automatización, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.14. Aplicación práctica

La propuesta práctica convierte los criterios del capítulo en cuatro prototipos. Cada flujo incluye objetivo, evento, condición, acción, excepción, responsable e indicador. Se construye primero en un entorno de pruebas, se valida con usuarios y se despliega en un grupo pequeño. La tabla 4 funciona como protocolo de diseño y supervisión.

Para implementar esta familia de automatizaciones se recomienda documentar el proceso actual, establecer una línea base, modelar el flujo futuro y asignar propietario. La prueba debe incluir datos válidos, límites, duplicados, ausencias y fallos de servicio. Después del despliegue se observan precisión, tiempo, incidencias, experiencia e impacto educativo. Una reducción de trabajo no compensa una barrera de acceso o una decisión incorrecta. Por ello, la continuidad depende de revisiones programadas, registro de cambios y posibilidad de volver al procedimiento anterior mientras se corrige el sistema.

Tabla 4. Protocolo de automatización y supervisión.

Flujo	Evento	Acción	Excepción	Indicador
Bienvenida	Matrícula	Guía inicial	Cuenta incompleta	Acceso exitoso
Inactividad	Ausencia definida	Aviso y apoyo	Problema técnico	Retorno
Evaluación	Envío	Calificar y orientar	Respuesta ambigua	Corrección válida
Supervisión	Revisión programada	Ajustar regla	Incidente	Tasa de error

Fuente: elaboración propia.

2.14.1. Diseño de un flujo de bienvenida

Activación tras matrícula para orientar acceso, diagnóstico, canales de ayuda y primera actividad. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de aplicación

práctica, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.14.2. Configuración de alertas de inactividad

Detección de ausencia significativa, mensaje respetuoso, verificación docente y apoyo escalonado. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de aplicación práctica, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.14.3. Automatización de una actividad evaluativa

Selección de reactivos, calificación, retroalimentación, segundo intento y revisión de anomalías. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de aplicación práctica, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.14.4. Elaboración de un protocolo de supervisión

Asignación de responsables, frecuencia de revisión, umbrales, evidencia, incidentes y decisión de continuidad. En la práctica, este componente debe traducirse en una especificación que indique datos de entrada, responsable, resultado esperado y mecanismo de comprobación. En el ámbito de aplicación práctica, la regla debe comunicarse en lenguaje comprensible y probarse con casos habituales y excepcionales. La evidencia de funcionamiento no se limita a que el sistema ejecute la acción: también debe mostrar que reduce errores o demoras sin crear nuevas barreras. Cuando la acción afecta acceso, calificación o apoyo, se conserva una vía de revisión humana y un registro que permita explicar y corregir el resultado.

2.15. Conclusiones del capítulo

La automatización de procesos en un LMS puede mejorar consistencia, oportunidad y capacidad de seguimiento. Su valor depende de seleccionar tareas adecuadas y de relacionar cada acción con una necesidad educativa. Los procesos repetitivos, estables, verificables y de impacto limitado constituyen mejores candidatos iniciales que las decisiones complejas o sensibles.

La automatización basada en reglas ofrece previsibilidad; la automatización inteligente puede reconocer patrones, pero introduce incertidumbre. En ambos casos son indispensables datos de calidad, excepciones, pruebas, registros y supervisión. La gestión de usuarios, la evaluación y las alertas requieren controles reforzados porque afectan identidad, oportunidades y trayectorias.

Los flujos responsables se diseñan desde el proceso y no desde la herramienta. Diagnosticar, simplificar, especificar, probar, monitorear y ajustar forman un ciclo continuo. Interoperabilidad y estándares reducen duplicidad, aunque cada integración debe controlar permisos, seguridad y dependencia. La eficiencia no debe obtenerse a costa de privacidad, equidad, accesibilidad o interacción humana.

Como regla de decisión, una institución debería poder explicar qué activa cada automatización, qué acción realiza, qué datos utiliza, quién revisa excepciones y cómo se mide su efecto. Cuando estas respuestas son claras, el LMS se convierte en una infraestructura de apoyo oportuno. Cuando permanecen ocultas, la automatización puede amplificar errores y debilitar la confianza.

2.16. Referencias bibliográficas

- 1EdTech Consortium. (s. f.). Learning Tools Interoperability (LTI).
<https://www.1edtech.org/standards/lti>
- 1EdTech Consortium. (s. f.). OneRoster. <https://www.1edtech.org/standards/oneroster>
- 1EdTech Consortium. (s. f.). QTI specification documents.
<https://www.1edtech.org/standards/qti/index>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- MoodleDocs. (2023). Students at risk of dropping out.
https://docs.moodle.org/en/Students_at_risk_of_dropping_out
- MoodleDocs. (2025a). Activity completion. https://docs.moodle.org/en/Activity_completion
- MoodleDocs. (2025b). Course completion. https://docs.moodle.org/en/Course_completion
- MoodleDocs. (2025c). Tracking progress. https://docs.moodle.org/en/Tracking_progress
- National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- UNESCO. (2024). AI competency framework for teachers.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>

CAPÍTULO III. PERSONALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Ana María Rodríguez Malavé

Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez»

anam.rodriguez@educacion.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7441-9255>

3.1. Resumen

El capítulo examina la personalización del aprendizaje mediante inteligencia artificial (IA) en sistemas de gestión del aprendizaje. Se diferencian individualización, diferenciación, personalización y adaptación; se estudian conocimientos previos, ritmos, preferencias, motivación, participación y desempeño como dimensiones dinámicas del perfil del estudiante. También se analizan datos académicos, de interacción, navegación, evaluación y preferencias, junto con requisitos de calidad, consentimiento y protección. Se explican modelos basados en reglas, perfiles, comportamiento, recomendación, predicción y enfoques híbridos. La aplicación pedagógica incluye selección de contenidos, ajuste de dificultad, diversificación de formatos, secuenciación, rutas adaptativas, evaluación y retroalimentación. La IA generativa se aborda como herramienta para producir explicaciones, ejercicios, casos y asistentes, siempre sujeta a verificación. La articulación con el Diseño Universal para el Aprendizaje evita convertir la personalización en segmentación excluyente. Finalmente, se estudian sesgos, etiquetado, vigilancia, opacidad, reducción de autonomía y equidad. La propuesta práctica integra perfil, ruta, recursos diferenciados y evaluación de impacto. Se concluye que personalizar no significa decidir por el estudiante, sino ampliar opciones y apoyos mediante datos mínimos, criterios transparentes y supervisión docente.

3.2. Palabras clave

Aprendizaje personalizado; inteligencia artificial; aprendizaje adaptativo; perfiles de aprendizaje; educación digital.

3.3. Introducción

La diversidad del alumnado es una condición ordinaria del aprendizaje. Los estudiantes difieren en experiencias, conocimientos, lenguaje, motivación, acceso, estrategias y formas de expresar lo aprendido. Un curso uniforme puede producir barreras, pero una personalización improvisada puede fragmentar el currículo o fijar etiquetas. La IA permite procesar registros y generar apoyos a una escala antes difícil, aunque sus inferencias son parciales y probabilísticas. La cuestión pedagógica consiste en decidir qué debe mantenerse común, qué puede variar y cómo participa el estudiante.

La personalización responsable combina objetivos compartidos con rutas, recursos, ritmos y evidencias flexibles. CAST (2024) sitúa la agencia del aprendiz en el centro del DUA y propone diseñar opciones desde el inicio. UNESCO (2023, 2024) exige una visión humana de la IA, con privacidad, validación y competencias críticas. Por tanto, este capítulo no presenta la personalización como automatización ilimitada, sino como un proceso de diseño, diálogo, seguimiento y ajuste.

3.3.1. Diversidad de necesidades y formas de aprender

La variabilidad aparece dentro de cada grupo y en una misma persona según tarea, contexto y momento. Diseñar para un alumno promedio excluye diferencias previsibles. La información relevante se obtiene de evidencias diversas y se actualiza; no se deduce de una categoría aislada. El objetivo es anticipar barreras y ofrecer apoyos proporcionados, manteniendo expectativas altas y oportunidades compartidas.

3.3.2. Personalización en entornos virtuales

Los entornos virtuales permiten variar secuencia, formato, apoyo y retroalimentación. También registran eventos que pueden orientar ajustes. Sin embargo, la disponibilidad técnica no garantiza pertinencia. Una ruta personalizada necesita metas, criterios y posibilidad de revisión. El estudiante debe comprender la lógica del entorno, conocer sus opciones y poder pedir una alternativa cuando la propuesta no responda a su situación.

3.3.3. Aportes de la inteligencia artificial

La IA puede clasificar patrones, estimar necesidades, recomendar recursos y generar variantes. Aporta velocidad y escala, pero no conocimiento completo del estudiante. Los registros del LMS muestran interacción con el sistema, no necesariamente comprensión, esfuerzo fuera de línea o circunstancias personales. La salida debe tratarse como hipótesis para orientar una decisión, no como diagnóstico o verdad definitiva.

3.3.4. Propósito y organización del capítulo

El propósito es ofrecer fundamentos y procedimientos para diseñar personalización educativa con IA. Primero se delimitan conceptos, características y datos; después se estudian modelos, contenidos, rutas, evaluación e IA generativa. La relación con DUA permite diseñar opciones inclusivas y la sección ética establece controles. La aplicación práctica convierte los principios en instrumentos evaluables y transferibles a un LMS.

3.4. Fundamentos del aprendizaje personalizado

La personalización es un proceso deliberado para ajustar elementos de la experiencia a necesidades, metas y decisiones del estudiante. No exige crear un currículo distinto para cada persona. Puede conservar resultados comunes y variar apoyos, recursos, secuencia o expresión. La calidad se mide por acceso, participación, aprendizaje y agencia, no por la cantidad de rutas generadas.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con

estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.4.1. Conceptualización de la personalización educativa

Ajuste de la experiencia mediante evidencia, diálogo y elección para favorecer metas relevantes y participación activa. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En fundamentos del aprendizaje personalizado, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.4.2. Individualización, diferenciación y personalización

Distinción entre variar ritmo individual, adaptar propuestas para grupos y otorgar al estudiante participación en metas y rutas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En fundamentos del aprendizaje personalizado, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.4.3. Aprendizaje adaptativo

Modificación dinámica de dificultad, secuencia o apoyo según respuestas y reglas explícitas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En fundamentos del aprendizaje personalizado, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.4.4. Enseñanza centrada en el estudiante

Organización de decisiones alrededor de conocimientos, intereses, participación y responsabilidad progresiva. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En fundamentos del aprendizaje personalizado, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.4.5. Flexibilidad curricular

Variación de medios, tiempos y evidencias sin perder resultados esenciales ni criterios de calidad. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En fundamentos del aprendizaje personalizado, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.4.6. Beneficios y limitaciones de la personalización

Equilibrio entre pertinencia, motivación y apoyo frente a fragmentación, sobrecarga, opacidad y etiquetado. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En fundamentos del aprendizaje personalizado, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5. Reconocimiento de las características del estudiante

El perfil de aprendizaje es una representación provisional construida con datos, observación y voz del estudiante. Describe condiciones relevantes para una tarea y debe poder corregirse. No sustituye la relación educativa ni convierte rasgos en destinos. La triangulación entre productos, interacción, autoevaluación y conversación reduce inferencias erróneas y orienta apoyos específicos.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

Tabla 1. Dimensiones de un perfil dinámico.

Dimensión	Evidencia	Precaución
Conocimiento	Tarea diagnóstica	No fijar capacidad
Participación	Acciones significativas	No equiparar clic y aprendizaje
Preferencias	Elección declarada	Permitir cambios
Motivación	Diálogo y persistencia	Evitar inferencias automáticas

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Conocimientos previos

Conceptos, procedimientos y experiencias disponibles que condicionan comprensión y permiten seleccionar el punto de inicio. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5.2. Ritmos de aprendizaje

Tiempo y número de oportunidades requeridos según complejidad, familiaridad, apoyo y contexto. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5.3. Preferencias y necesidades educativas

Opciones expresadas y barreras observadas que orientan formato o apoyo sin considerarse estilos fijos. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una

decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5.4. Motivación e intereses

Valor percibido, expectativa, pertenencia y curiosidad que influyen en elección, esfuerzo y persistencia. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5.5. Participación en el entorno virtual

Calidad y regularidad de acciones significativas, diferenciadas de la mera presencia o tiempo conectado. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5.6. Desempeño académico

Evidencias de logro analizadas por objetivo, error, estrategia y evolución, no solo por calificación global. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base,

indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.5.7. Construcción dinámica del perfil de aprendizaje

Actualización periódica del perfil según nuevas evidencias, decisiones y cambios de contexto. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En reconocimiento de las características del estudiante, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6. Datos utilizados para la personalización

La personalización requiere datos pertinentes, suficientes y proporcionales. Recoger más información no garantiza mejores decisiones y aumenta exposición. Cada dato debe relacionarse con una finalidad y un periodo de conservación. La institución define fuente, calidad, acceso, responsable y mecanismo de corrección. El estudiante debe conocer qué información influye en recomendaciones y poder rectificarla.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.6.1. Datos académicos

Matrícula, curso, actividades y resultados necesarios para ubicar el proceso formativo. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6.2. Datos de interacción

Entregas, consultas, mensajes y acciones que evidencian relación con actividades y personas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6.3. Datos de navegación

Secuencia de acceso, permanencia y recorridos cuya interpretación exige cautela y contexto. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6.4. Resultados de evaluación

Respuestas y productos desagregados por objetivo para identificar logros y dificultades. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6.5. Preferencias declaradas por el estudiante

Elecciones explícitas sobre formato, ritmo, apoyo o tema que deben poder modificarse. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación

y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6.6. Calidad y actualización de los datos

Exactitud, completitud, vigencia, representatividad y consistencia antes de alimentar decisiones. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.6.7. Consentimiento y protección de la información

Información comprensible, finalidad legítima, minimización, seguridad, derechos y alternativas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En datos utilizados para la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7. Modelos de personalización mediante IA

Los modelos transforman datos en selecciones, predicciones o recomendaciones. La elección depende del problema, la cantidad de evidencia, la necesidad de explicación y el riesgo. Una regla sencilla puede ser superior a un modelo complejo si resuelve la necesidad de forma transparente. Los modelos deben validarse en el contexto de uso y compararse con una línea base.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

Tabla 2. Comparación de modelos de personalización.

Modelo	Fortaleza	Limitación	Supervisión
Reglas	Transparencia	Rigidez	Revisión de

		condiciones	
Recomendación	Variedad	Burbuja de opciones	Diversidad
Predictivo	Anticipación	Error y sesgo	Validación
Híbrido	Complementariedad	Complejidad	Auditoría

Fuente: elaboración propia.

3.7.1. Personalización basada en reglas

Condiciones explícitas que relacionan evidencia con una acción predefinida y auditable. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7.2. Personalización basada en perfiles

Asignación de opciones según características relevantes, evitando categorías rígidas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7.3. Personalización basada en comportamiento

Uso de patrones recientes de interacción para ajustar apoyos sin inferir identidad o capacidad. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7.4. Sistemas de recomendación educativa

Ordenamiento de recursos mediante contenido, similitud o enfoques híbridos con diversidad y explicación. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe

mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7.5. Modelos predictivos

Estimación de resultados futuros con incertidumbre, métricas y revisión de errores entre grupos. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7.6. Sistemas adaptativos

Actualización de la ruta conforme cambian desempeño, objetivos y decisiones. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.7.7. Modelos híbridos de personalización

Combinación de reglas, perfiles, comportamiento y juicio docente para aprovechar fortalezas complementarias. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En modelos de personalización mediante ia, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8. Personalización de contenidos y recursos

Personalizar contenidos significa seleccionar o transformar representaciones sin alterar injustificadamente el objetivo. Una explicación puede variar en extensión, lenguaje, ejemplo o modalidad. Cada variante requiere revisión de exactitud, accesibilidad y equivalencia. La personalización debe ampliar repertorios, no encerrar al estudiante en un formato supuestamente preferido.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.8.1. Selección automática de contenidos

Elección de recursos relacionados con la meta y el estado actual, mostrando razón y alternativas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8.2. Ajuste del nivel de dificultad

Modificación gradual de complejidad según desempeño, evitando oscilaciones o reducción permanente de expectativas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8.3. Diversificación de formatos

Oferta coordinada de texto, audio, video, gráficos y actividades accesibles. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8.4. Secuenciación de recursos

Ordenamiento por prerrequisitos, dificultad y propósito con capacidad de regresar o profundizar. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8.5. Generación de ejemplos contextualizados

Producción de casos vinculados con intereses o realidad local, verificados por el docente. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8.6. Simplificación y ampliación de contenidos

Ajuste lingüístico o conceptual que conserva significado y permite acceder también a la versión completa. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de

participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.8.7. Recomendación de recursos complementarios

Sugerencia de práctica, recuperación o ampliación con diversidad y límite de opciones. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de contenidos y recursos, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9. Rutas personalizadas de aprendizaje

Una ruta describe metas, actividades, apoyos, evidencias y decisiones de avance. Debe ser visible y negociable. La adaptación utiliza información actual, pero conserva puntos comunes que permiten colaboración y evaluación equitativa. Una ruta no debe ocultar oportunidades ni convertirse en un carril irreversible. El progreso actualiza el apoyo y puede ampliar el desafío.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.9.1. Diagnóstico del nivel inicial

Obtención de evidencia breve y diversa para determinar punto de partida sin convertirla en barrera de acceso. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9.2. Definición de objetivos individuales

Formulación de metas específicas vinculadas con resultados comunes y necesidades funcionales. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9.3. Secuenciación adaptativa de actividades

Selección del siguiente paso según prerequisites, desempeño y carga razonable. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9.4. Prerrequisitos y condiciones de avance

Criterios transparentes que distinguen conocimientos indispensables de recomendaciones. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9.5. Recuperación de aprendizajes no alcanzados

Nuevas explicaciones, práctica y apoyo después de identificar el tipo de dificultad. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación

y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9.6. Actividades de profundización

Desafíos de transferencia, investigación o creación para quienes demuestran dominio. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.9.7. Actualización de la ruta según el progreso

Revisión de metas, apoyos y dificultad mediante evidencia reciente y participación del estudiante. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En rutas personalizadas de aprendizaje, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10. Personalización de la evaluación

La evaluación personalizada mantiene validez y equidad mientras ajusta medios o apoyos. No consiste en calificar con menor exigencia, sino en recoger evidencia pertinente. Las adaptaciones deben documentarse y evitar introducir constructos irrelevantes. La IA puede seleccionar reactivos y generar retroalimentación, pero las decisiones de alto impacto requieren supervisión y apelación.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.10.1. Evaluación diagnóstica adaptativa

Exploración inicial que ajusta preguntas para estimar conocimientos con menor longitud. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10.2. Selección diferenciada de preguntas

Elección de reactivos equivalentes por objetivo, dificultad y formato. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10.3. Ajuste de dificultad

Variación controlada que mantiene cobertura y evita frustración o tareas triviales. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10.4. Diversificación de evidencias

Posibilidad de demostrar aprendizaje mediante productos distintos alineados con el mismo criterio. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación

y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10.5. Retroalimentación personalizada

Comentario específico sobre brecha, estrategia y próximo paso, relacionado con el producto. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10.6. Recomendaciones posteriores a la evaluación

Selección de recuperación, práctica o profundización según errores y metas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.10.7. Supervisión docente

Validación de reactivos, comentarios, excepciones y consecuencias antes de decisiones relevantes. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En personalización de la evaluación, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11. Inteligencia artificial generativa y personalización

La IA generativa produce variantes mediante lenguaje natural y puede responder rápidamente a contexto, nivel y formato. Su fluidez no garantiza exactitud. UNESCO (2023) recomienda validación humana, protección de datos y uso apropiado para la edad. Una arquitectura segura combina

instrucciones, fuentes autorizadas, revisión y registro de versiones, además de límites claros para el estudiante.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.11.1. Generación de explicaciones personalizadas

Adaptación de vocabulario, analogías, pasos y ejemplos según la necesidad declarada. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11.2. Creación de ejercicios diferenciados

Producción de prácticas equivalentes con distintos apoyos, contextos o dificultad. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11.3. Producción de ejemplos y casos

Creación de situaciones contextualizadas que deben revisarse por realismo, sesgo y exactitud. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación

y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11.4. Asistentes de estudio

Diálogo para planificar, formular preguntas y recibir pistas sin entregar automáticamente el producto final. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11.5. Retroalimentación mediante lenguaje natural

Borradores de comentarios vinculados con criterios y sometidos a validación. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11.6. Verificación del contenido generado

Contraste con fuentes, cálculo, rúbrica y conocimiento disciplinar antes de publicar. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.11.7. Prevención de respuestas incorrectas

Restricción de fuentes, comunicación de incertidumbre, pruebas y derivación humana. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión

pedagógica concreta. En inteligencia artificial generativa y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.12. Diseño Universal para el Aprendizaje y personalización

El DUA anticipa variabilidad y diseña múltiples medios de implicación, representación y acción o expresión. CAST (2024) destaca agencia intencional, reflexiva, auténtica y estratégica. La IA puede ampliar opciones, pero no sustituye el diseño universal. Primero se eliminan barreras comunes; después se añaden apoyos focalizados e individualizados.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

Tabla 3. Articulación entre DUA e IA.

Principio	Opción	Aporte de IA
Implicación	Elección y relevancia	Sugerir contextos
Representación	Texto, audio y visual	Generar variantes
Acción y expresión	Productos diversos	Apoyar producción
Agencia	Metas y reflexión	Retroalimentar decisiones

Fuente: elaboración propia.

3.12.1. Múltiples formas de implicación

Opciones de relevancia, elección, pertenencia, colaboración y autorregulación. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En diseño universal para el aprendizaje y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.12.2. Múltiples formas de representación

Alternativas perceptivas, lingüísticas y conceptuales que hacen comprensible la información. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión

pedagógica concreta. En diseño universal para el aprendizaje y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.12.3. Múltiples formas de acción y expresión

Diversos medios para interactuar, comunicar y demostrar logro. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En diseño universal para el aprendizaje y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.12.4. Accesibilidad de los contenidos

Estructura, navegación, contraste, subtítulos, texto alternativo y compatibilidad con apoyos. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En diseño universal para el aprendizaje y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.12.5. Personalización sin exclusión

Opciones dentro de experiencias comunes para evitar aislamiento y expectativas reducidas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En diseño universal para el aprendizaje y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.12.6. Compatibilidad entre DUA e IA

Uso de ia para generar o recomendar opciones bajo objetivos, accesibilidad y agencia. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En diseño universal para el aprendizaje y personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13. Riesgos éticos de la personalización

La personalización puede afectar oportunidades, identidad y privacidad. El marco del NIST (2023) orienta a gobernar, mapear, medir y gestionar riesgos. La institución debe inventariar sistemas, documentar responsables, evaluar errores entre grupos y ofrecer mecanismos de corrección. La ética constituye un criterio de diseño y calidad, no una revisión posterior.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

3.13.1. Sesgos en los perfiles de aprendizaje

Distorsiones derivadas de datos incompletos, etiquetas históricas, variables indirectas o métricas inadecuadas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13.2. Etiquetado de los estudiantes

Conversión de una observación temporal en identidad o expectativa permanente. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al

estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13.3. Privacidad y vigilancia educativa

Recolección excesiva y observación continua que pueden limitar confianza y libertad. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13.4. Falta de transparencia

Imposibilidad de comprender por qué se recomienda una ruta o se restringe una opción. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13.5. Reducción de la autonomía

Sustitución de elección, esfuerzo y reflexión por decisiones automáticas. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13.6. Equidad de acceso

Diferencias de conectividad, dispositivo, idioma, discapacidad y alfabetización. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.13.7. Responsabilidad docente e institucional

Deber de aprobar, supervisar, explicar, corregir y reparar decisiones apoyadas por ia. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En riesgos éticos de la personalización, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.14. Aplicación práctica

La aplicación integra cuatro productos: perfil provisional, ruta, recursos diferenciados y evaluación de la propuesta. El equipo comienza con una necesidad real y una línea base. Utiliza información mínima, crea opciones y define supervisión. El piloto se ejecuta con un grupo pequeño, recoge datos y voz del estudiante, y concluye con decisión de mantener, ajustar o retirar.

La implementación debe comenzar con una necesidad delimitada, una línea base y criterios de éxito. Se especifican datos, opciones, responsables y consecuencias; después se prueba con estudiantes diversos y se analizan casos límite. La revisión combina resultados, productos, experiencia y distribución de errores. El proceso conserva una alternativa no automatizada y un mecanismo de corrección. Esta disciplina evita confundir una recomendación técnicamente posible con una decisión educativa pertinente y permite retirar configuraciones que no aportan valor.

Tabla 4. Matriz para evaluar la personalización.

Criterio	Pregunta	Evidencia
Pertinencia	¿Responde a una necesidad?	Línea base
Agencia	¿Conserva elección?	Voz del estudiante
Aprendizaje	¿Mejora el logro?	Productos
Equidad	¿Quién se beneficia o falla?	Resultados desagregados
Seguridad	¿Usa datos mínimos?	Inventario

Fuente: elaboración propia.

3.14.1. Elaboración de un perfil de aprendizaje

Síntesis provisional de fortalezas, conocimientos, metas, barreras, preferencias y apoyos. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En aplicación práctica, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.14.2. Diseño de una ruta personalizada

Organización de objetivo, diagnóstico, actividades, opciones, evidencias, decisiones y revisión. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En aplicación práctica, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.14.3. Generación de recursos diferenciados con IA

Creación de variantes bajo especificación y lista de verificación académica y accesible. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En aplicación práctica, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.14.4. Evaluación de una propuesta de personalización

Análisis de pertinencia, aprendizaje, experiencia, equidad, error, privacidad y sostenibilidad. Este componente debe definirse mediante evidencia observable y relacionarse con una decisión pedagógica concreta. En aplicación práctica, la configuración debe mostrar al estudiante qué cambia, por qué cambia y qué alternativa conserva. El docente contrasta la información del LMS con productos, diálogo y contexto, pues ningún registro aislado representa la totalidad del aprendizaje. La calidad se verifica mediante una línea base, indicadores de participación y logro, revisión de errores

y percepción de los usuarios. Si el ajuste reduce autonomía, accesibilidad o expectativas, debe modificarse o retirarse, aun cuando funcione técnicamente.

3.15. Conclusiones del capítulo

La personalización educativa articula objetivos compartidos con variaciones justificadas en recursos, secuencia, apoyo, ritmo o evidencia. Su núcleo no es el perfil algorítmico, sino la participación del estudiante en decisiones informadas. Individualizar, diferenciar, adaptar y personalizar son estrategias relacionadas, pero producen grados distintos de agencia.

Los datos del LMS ofrecen señales parciales. Para utilizarlos responsablemente deben ser pertinentes, actualizados, corregibles y mínimos. Los modelos basados en reglas, perfiles, comportamiento, recomendación o predicción se seleccionan por el problema y se validan en contexto. La complejidad solo se justifica si aporta valor superior a alternativas transparentes.

La IA generativa puede ampliar explicaciones, ejercicios y retroalimentación, pero necesita fuentes, verificación y supervisión. La articulación con el DUA ayuda a diseñar opciones accesibles desde el inicio y evita segmentación. Personalizar no significa aislar ni reducir expectativas; significa eliminar barreras y ofrecer caminos equivalentes hacia aprendizajes valiosos.

Una propuesta madura explica qué datos utiliza, qué modifica, quién decide, cómo se corrige y qué evidencia demostrará su efecto. Privacidad, transparencia, equidad, accesibilidad y autonomía deben evaluarse durante todo el ciclo. La mejor personalización es comprensible, reversible y capaz de transferir progresivamente control al estudiante.

3.16. Referencias bibliográficas

- CAST. (2024). Universal Design for Learning guidelines version 3.0. <https://udlguidelines.cast.org>
- European Commission. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- European Parliament and Council of the European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union.
- European Parliament and Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on artificial intelligence. Official Journal of the European Union.
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- UNESCO. (2024a). AI competency framework for students. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105>
- UNESCO. (2024b). AI competency framework for teachers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>
- Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/S15430421TIP4102_2

CAPÍTULO IV. ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADOS AL APRENDIZAJE AUTÓNOMO

Roxanna Mariela Reyes Rodríguez

Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez»

roxanna.reyes@educacion.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6286-7409>

4.1. Resumen

Este capítulo presenta los fundamentos y aplicaciones de algoritmos de inteligencia artificial para apoyar el aprendizaje autónomo en sistemas de gestión del aprendizaje. Se explican datos, variables, características, entrenamiento, validación y prueba, así como aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo. La preparación de datos aborda fuentes del LMS, selección de variables, limpieza, valores ausentes, codificación, división y representatividad. Se estudian algoritmos de clasificación —regresión logística, árboles, bosques aleatorios, máquinas de vectores de soporte y redes neuronales— y modelos de regresión para estimar desempeño o tiempo. El agrupamiento y los sistemas de recomendación permiten explorar perfiles y sugerir actividades, mientras el procesamiento del lenguaje natural apoya análisis, clasificación y generación de respuestas. Los algoritmos para autorregulación se vinculan con patrones de estudio, horarios, metas y retroalimentación metacognitiva. La evaluación incluye exactitud, precisión, exhaustividad, F1, matriz de confusión, errores de regresión y validación cruzada. Finalmente, se desarrollan explicabilidad, importancia de variables, sesgo, equidad y supervisión. La aplicación práctica diseña una intervención predictiva educativa. Se concluye que un modelo útil no es el más complejo, sino el que generaliza, se explica, se supervisa y mejora una decisión pedagógica.

4.2. Palabras clave

Algoritmos; aprendizaje automático; aprendizaje autónomo; sistemas de recomendación; predicción educativa.

4.3. Introducción

Los LMS generan registros de acceso, actividades, entregas, respuestas y comunicación. Los algoritmos pueden convertirlos en predicciones, agrupamientos o recomendaciones; sin embargo, el dato disponible no representa todo el aprendizaje. Una ausencia de actividad puede corresponder a desconexión, trabajo fuera de línea o abandono. Por ello, el modelado comienza con una pregunta educativa precisa y una definición operacional del resultado.

La UNESCO (2021) recomienda un uso ético, transparente y auditable de datos y algoritmos educativos. El NIST (2023) añade validez, seguridad, transparencia, explicabilidad, privacidad y equidad como características de confianza. Este capítulo adopta una perspectiva aplicada: explica métodos sin convertir el LMS en laboratorio puramente técnico y relaciona cada métrica con una consecuencia pedagógica.

4.3.1. Algoritmos y toma de decisiones educativas

Un algoritmo es una secuencia de instrucciones o un modelo que transforma entradas en resultados. En educación puede estimar riesgo, recomendar recursos o clasificar consultas. La salida no constituye por sí sola una decisión. Debe combinarse con criterios, contexto y responsabilidad. Separar predicción de decisión evita que una probabilidad se convierta automáticamente en etiqueta, sanción o exclusión.

4.3.2. Aplicaciones en el aprendizaje autónomo

Los algoritmos pueden apoyar planificación, monitoreo y reflexión. Una recomendación de horario puede ayudar a distribuir esfuerzo; una alerta puede invitar a revisar una meta; una explicación adaptada puede facilitar comprensión. El apoyo debe ser opcional, comprensible y progresivamente retirable. Si decide cada paso, puede aumentar cumplimiento y disminuir autonomía. El diseño valora calidad de decisiones, no solo frecuencia de actividad.

4.3.3. Alcance pedagógico de los modelos de IA

El alcance se delimita por datos, población, tarea y periodo. Un modelo entrenado en un curso puede no generalizar a otro. La precisión técnica tampoco garantiza utilidad: una alerta correcta pero tardía o sin intervención disponible no mejora el aprendizaje. El modelo debe insertarse en un proceso que establezca destinatario, acción, tiempo de respuesta y evaluación del efecto.

4.3.4. Propósito y organización del capítulo

El capítulo proporciona una ruta desde el problema educativo hasta la intervención. Se revisan fundamentos, preparación, familias de algoritmos, recomendación, lenguaje y autorregulación; luego se presentan métricas, explicabilidad y equidad. La aplicación práctica integra selección de datos, modelo, interpretación y acción. El objetivo es que docentes y equipos técnicos puedan dialogar utilizando conceptos, límites y evidencias comunes.

4.4. Fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial

Un proyecto algorítmico conecta problema, datos, modelo, evaluación y uso. Cada componente introduce supuestos. El objetivo educativo se convierte en una variable observable; los datos se transforman en características; el algoritmo aprende relaciones; y la evaluación estima generalización. Documentar estas transformaciones permite juzgar validez y evita presentar el modelo como caja autónoma.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y

resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.4.1. Concepto de algoritmo

Procedimiento finito para transformar entradas en salidas mediante reglas explícitas o parámetros aprendidos. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.4.2. Datos, variables y características

Distinción entre registros brutos, variables interpretables y representaciones utilizadas por el modelo. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.4.3. Entrenamiento, validación y prueba

Separación de datos para ajustar, seleccionar y estimar desempeño en observaciones no vistas. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.4.4. Aprendizaje supervisado

Aprendizaje de una relación entre características y resultado conocido para clasificar o predecir. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los

algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.4.5. Aprendizaje no supervisado

Exploración de estructura sin etiquetas mediante agrupamiento o reducción de dimensionalidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.4.6. Aprendizaje por refuerzo

Selección secuencial de acciones a partir de recompensas, estados y políticas. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.4.7. Diferencia entre predicción y decisión

Separación entre estimar un resultado y actuar considerando costos, derechos y contexto. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En fundamentos de los algoritmos de inteligencia artificial, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5. Preparación de datos educativos

La preparación suele determinar más la calidad que la elección del algoritmo. Se construye un diccionario de datos con origen, significado, unidad, rango, periodo y responsable. Las transformaciones se aprenden únicamente con el conjunto de entrenamiento para evitar fuga de información. También se revisan cobertura y representación de grupos, cursos y periodos.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

Tabla 1. Control de calidad de datos educativos.

Control	Pregunta	Acción
Exactitud	¿Refleja el evento?	Contrastar fuente
Compleitud	¿Qué falta y por qué?	Analizar ausencia
Vigencia	¿Corresponde al periodo?	Definir corte
Representación	¿Incluye grupos relevantes?	Comparar cobertura

Fuente: elaboración propia.

4.5.1. Fuentes de datos de un LMS

Registros de eventos, calificaciones, finalización, entregas, foros, perfiles y recursos con significado contextual. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5.2. Selección de variables

Elección basada en relación con el objetivo, disponibilidad, oportunidad, legitimidad y posibilidad de explicación. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5.3. Limpieza de datos

Detección de duplicados, inconsistencias, rangos imposibles, formatos y eventos técnicos. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5.4. Tratamiento de valores ausentes

Análisis de por qué falta el dato antes de eliminar, imputar o representar la ausencia. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5.5. Codificación y transformación

Conversión de categorías, escalado de magnitudes y construcción de características sin perder trazabilidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5.6. División del conjunto de datos

Separación temporal, por estudiante o por curso para evitar que la misma unidad aparezca en entrenamiento y prueba. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.5.7. Calidad y representatividad de la información

Evaluación de exactitud, completitud, vigencia, cobertura y diferencias sistemáticas. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En preparación de datos educativos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6. Algoritmos de clasificación

La clasificación asigna observaciones a categorías como entrega probable, necesidad de apoyo o tipo de consulta. La etiqueta debe ser educativa y operacionalmente válida. Cuando las clases están desbalanceadas, la exactitud puede ocultar fallos. Se comparan métricas y errores, se calibran probabilidades y se establece un umbral según el costo de falsos positivos y negativos.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

Tabla 2. Comparación inicial de clasificadores.

Modelo	Ventaja	Limitación
Logística	Probabilidad interpretable	Relación funcional simple
Árbol	Reglas visibles	Sobreajuste
Bosque	Estabilidad	Menor transparencia
SVM	Buen margen	Calibración
Red neuronal	Complejidad	Datos y explicación

Fuente: elaboración propia.

4.6.1. Regresión logística

Modelo lineal probabilístico que relaciona características con logaritmo de posibilidades y facilita interpretación. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6.2. Árboles de decisión

Reglas jerárquicas que dividen datos mediante condiciones comprensibles, aunque pueden sobreajustarse. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6.3. Bosques aleatorios

Conjunto de árboles entrenados con muestras y variables aleatorias para mejorar estabilidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6.4. Máquinas de vectores de soporte

Separación de clases mediante un margen máximo y núcleos para fronteras no lineales. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6.5. Redes neuronales artificiales

Capas de transformaciones capaces de modelar relaciones complejas con mayor demanda de datos y explicación. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6.6. Clasificación del riesgo académico

Estimación de una categoría de riesgo para priorizar revisión y apoyo, nunca para sancionar. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.6.7. Comparación de modelos

Contraste bajo las mismas particiones, métricas, costos, grupos y condiciones de uso. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de clasificación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.7. Algoritmos de regresión

La regresión estima valores continuos como calificación esperada, tiempo o número de intentos. La relación puede ser lineal o no lineal. Las predicciones deben acompañarse de error e incertidumbre, y no extrapolarse fuera del rango observado. Un promedio de error aceptable puede ocultar grandes fallos individuales, por lo que se inspeccionan residuos y subgrupos.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.7.1. Conceptualización de la regresión

Modelado de una variable continua a partir de una o más características. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de regresión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto

con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.7.2. Regresión lineal

Estimación mediante combinación ponderada, intercepto y error, bajo supuestos revisables. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de regresión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.7.3. Regresión múltiple

Incorporación de varias características considerando colinealidad, interacción y riesgo de sobreajuste. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de regresión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.7.4. Predicción del desempeño académico

Estimación orientativa que debe evitar determinismo y considerar intervenciones posteriores. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de regresión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.7.5. Estimación del tiempo de finalización

Predicción para planificar apoyo, sensible a actividad fuera de línea y diferencias de tarea. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de regresión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto

con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.7.6. Evaluación del error predictivo

Comparación entre valores reales y estimados mediante mae, mse, rmse y análisis de residuos. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de regresión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.8. Algoritmos de agrupamiento

El agrupamiento explora similitudes sin resultados etiquetados. Los grupos dependen de variables, escalas, distancia y número de conglomerados; no existen como identidades naturales. Deben describirse mediante patrones observables y validarse por utilidad. No se asignan nombres deficitarios ni se utilizan para restringir oportunidades. El mismo estudiante puede cambiar de grupo según periodo y variables.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.8.1. Conceptualización del agrupamiento

Organización exploratoria de observaciones para maximizar similitud interna y diferencia externa. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de agrupamiento, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.8.2. Algoritmo de k-medias

Asignación iterativa al centroide más cercano con sensibilidad a escala, inicialización y valores atípicos. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de agrupamiento, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.8.3. Agrupamiento jerárquico

Construcción de una estructura de fusiones o divisiones que permite examinar distintos niveles. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de agrupamiento, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.8.4. Segmentación de estudiantes

Descripción temporal de patrones para diseñar apoyos, no clasificación permanente. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de agrupamiento, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.8.5. Identificación de patrones de aprendizaje

Exploración de secuencias, ritmos y combinaciones de estrategias en registros. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de agrupamiento, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.8.6. Interpretación pedagógica de los grupos

Triangulación con productos y diálogo para convertir patrones en hipótesis de acción. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos de agrupamiento, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9. Sistemas de recomendación educativa

Un recomendador ordena opciones según pertinencia estimada. El objetivo educativo difiere del comercial: no busca maximizar permanencia o clics, sino aprendizaje, diversidad y agencia. La recomendación debe explicar su relación con la meta, ofrecer alternativas y permitir rechazo. Su evaluación combina precisión, novedad, cobertura, equidad y efecto posterior.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.9.1. Recomendación basada en contenido

Comparación entre características del recurso y necesidades o historial del estudiante. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9.2. Filtrado colaborativo

Uso de patrones de usuarios semejantes, afectado por escasez inicial y popularidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el

modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9.3. Sistemas híbridos

Combinación de contenido, colaboración, reglas y contexto para compensar limitaciones. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9.4. Recomendación de actividades

Selección de práctica, recuperación o profundización alineada con el objetivo. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9.5. Recomendación de recursos

Ordenamiento de lecturas, videos, ejemplos o simulaciones con formatos accesibles. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9.6. Priorización de contenidos

Presentación del siguiente recurso sin ocultar la estructura general ni bloquear revisión. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación

educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.9.7. Diversidad y pertinencia de las recomendaciones

Equilibrio entre utilidad inmediata, variedad, novedad, cobertura y representación. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En sistemas de recomendación educativa, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10. Procesamiento del lenguaje natural

El PLN analiza y genera lenguaje para clasificar consultas, extraer temas, resumir o responder. El texto educativo contiene ambigüedad, ironía, errores y contexto disciplinar. Los modelos pueden producir resultados plausibles pero incorrectos. Se usan fuentes autorizadas, umbrales, revisión y derivación humana; no se infieren emociones o diagnósticos a partir de mensajes aislados.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.10.1. Análisis de respuestas escritas

Identificación de conceptos, argumentos o patrones para apoyar revisión sin reemplazar evaluación contextual. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el

propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10.2. Clasificación de consultas estudiantiles

Enrutamiento de preguntas técnicas, administrativas o académicas mediante categorías revisables. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10.3. Identificación de temas frecuentes

Extracción de términos o agrupamientos para mejorar recursos y preguntas frecuentes. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10.4. Análisis de sentimientos y participación

Estimación incierta de polaridad que no debe utilizarse como lectura psicológica. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10.5. Generación automática de respuestas

Producción de borradores con fuente, límites y escalamiento ante baja confianza. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto

con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10.6. Resumen de contenidos

Condensación que preserva ideas, relaciones y advertencias, validada frente al original. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.10.7. Limitaciones del procesamiento automático

Errores de contexto, sesgo lingüístico, alucinación, variación y opacidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En procesamiento del lenguaje natural, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11. Algoritmos para apoyar la autorregulación

La autorregulación incluye anticipación, ejecución y reflexión. Los algoritmos pueden hacer visibles patrones, sugerir horarios o formular preguntas metacognitivas. El apoyo debe promover decisiones y retirarse gradualmente. Una recomendación no sustituye el compromiso del estudiante ni la mediación docente. El sistema evalúa si mejora planificación y reflexión, no solo cumplimiento.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.11.1. Detección de patrones de estudio

Análisis de distribución temporal, secuencia y regularidad sin equiparar conexión con esfuerzo. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La

implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11.2. Recomendación de horarios

Sugerencia de bloques realistas según calendario, carga y preferencia, modificable por el estudiante. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11.3. Recordatorios personalizados

Avisos oportunos y configurables que evitan saturación y explican la acción esperada. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11.4. Establecimiento de metas

Apoyo para formular resultados específicos, alcanzables, relevantes y revisables. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11.5. Seguimiento del cumplimiento

Comparación entre plan y evidencia para aprender del desvío, no solo sancionarlo. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11.6. Retroalimentación metacognitiva

Preguntas sobre estrategia, comprensión, confianza y próximo ajuste. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.11.7. Promoción de la autonomía progresiva

Transferencia gradual de control y reducción de apoyos a medida que mejoran decisiones. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En algoritmos para apoyar la autorregulación, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12. Evaluación del desempeño de los algoritmos

La evaluación responde si el modelo generaliza y si sus errores son aceptables para el uso. Scikit-learn (2026) distingue métricas de clasificación, regresión y agrupamiento, y permite evaluación múltiple. Las métricas se interpretan junto con prevalencia, umbral y costo. La validación cruzada estima variabilidad y evita depender de una sola partición.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para

evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

Tabla 3. Métricas fundamentales.

Métrica	Expresión	Interpretación
Exactitud	$(VP+VN)/N$	Aciertos totales
Precisión	$VP/(VP+FP)$	Confiabilidad del positivo
Exhaustividad	$VP/(VP+FN)$	Cobertura del positivo
F1	$2PR/(P+R)$	Equilibrio P-R
MAE	$\sum y - \hat{y} /n$	Error absoluto medio

Fuente: elaboración propia.

4.12.1. Exactitud

Proporción total de predicciones correctas, potencialmente engañosa ante clases desbalanceadas. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12.2. Precisión y exhaustividad

Precisión como proporción de positivos predichos correctos y exhaustividad como positivos reales detectados. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12.3. Puntuación F1

Media armónica de precisión y exhaustividad para equilibrar ambas dimensiones. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y

dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12.4. Matriz de confusión

Tabla de verdaderos y falsos positivos y negativos que hace visibles tipos de error. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12.5. Error absoluto y error cuadrático

Mae como promedio de magnitudes y mse/rmse con mayor penalización de errores grandes. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12.6. Validación cruzada

Rotación de particiones para estimar desempeño y dispersión sin utilizar el conjunto final de prueba. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.12.7. Utilidad pedagógica del modelo

Efecto del sistema sobre oportunidad, decisión, apoyo, aprendizaje y equidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En evaluación del desempeño de los algoritmos, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la

salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13. Explicabilidad, sesgo y supervisión

La explicabilidad conecta salida con razones comprensibles para desarrolladores, docentes y estudiantes. No basta mostrar una variable; se debe aclarar alcance e incertidumbre. El NIST (2023) advierte que interacción humano-IA también puede amplificar sesgos. La supervisión significativa requiere autoridad, información, tiempo y posibilidad de anular o reparar.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

4.13.1. Interpretabilidad de los resultados

Capacidad de comprender relación entre entradas, salida y limitaciones según el usuario. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13.2. Importancia de las variables

Estimación global o local de contribuciones, sin confundir asociación con causalidad. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13.3. Sesgos en los datos

Errores sistemáticos por muestreo, medición, etiquetas históricas o ausencia de grupos. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se

compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13.4. Equidad algorítmica

Comparación de desempeño y consecuencias entre grupos bajo una definición contextual de justicia. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13.5. Revisión de recomendaciones

Contraste con evidencia, contexto y alternativas antes de actuar. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13.6. Supervisión humana significativa

Participación informada con autoridad para cuestionar, detener y corregir. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.13.7. Documentación del modelo

Registro de propósito, datos, versión, métricas, límites, responsables y cambios. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En explicabilidad, sesgo y supervisión, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con

una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.14. Aplicación práctica

La aplicación diseña un modelo para priorizar apoyo ante riesgo de no completar una actividad. Se trabaja con datos ficticios o anonimizados, se define la etiqueta y se seleccionan variables disponibles antes de la intervención. Se comparan una regla transparente y dos modelos, se analizan errores y se diseña una acción de apoyo. La propuesta termina con una ficha de supervisión.

La aplicación requiere una línea base, un protocolo reproducible y una separación estricta entre ajuste y evaluación. Las transformaciones y decisiones se documentan en una canalización para evitar fuga de información. Además del promedio, se inspeccionan dispersión, errores individuales y resultados por grupos. La prueba debe simular el uso real y medir la intervención posterior. La complejidad solo se conserva si produce una mejora estable, interpretable y pedagógicamente relevante frente a una regla o modelo más simple.

Tabla 4. Diseño del caso predictivo.

Etapas	Decisión	Evidencia
Problema	No finalización próxima	Definición temporal
Datos	Actividad previa	Diccionario
Modelo	Regla y clasificadores	Validación cruzada
Acción	Apoyo, no sanción	Registro de intervención
Revisión	Errores y equidad	Resultados desagregados

Fuente: elaboración propia.

4.14.1. Definición de un problema educativo

Formulación de población, resultado, horizonte, intervención y costo de errores. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En aplicación práctica, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.14.2. Selección de datos del LMS

Elección de variables previas y legítimas, con diccionario, calidad y protección. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En aplicación práctica, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación

y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.14.3. Elección del algoritmo

Comparación entre línea base, modelo interpretable y alternativa compleja bajo las mismas particiones. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En aplicación práctica, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.14.4. Interpretación de los resultados

Lectura de métricas, matriz de confusión, grupos, incertidumbre y casos discrepantes. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En aplicación práctica, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.14.5. Diseño de una intervención pedagógica

Conversión de la predicción en invitación, conversación, recurso o ajuste evaluable. Para aplicarlo se especifican entradas, salida, supuestos y límites. En aplicación práctica, el análisis debe conservar separación entre registro, inferencia y decisión. La implementación se compara con una línea base y se prueba en datos no utilizados para ajustar el modelo. Se reportan desempeño promedio, variación y errores relevantes para la intervención. El docente interpreta la salida junto con productos y contexto; el estudiante conoce el propósito y dispone de revisión. Si el método no mejora la acción o perjudica a un grupo, se recalibra, sustituye o retira.

4.15. Conclusiones del capítulo

Los algoritmos educativos transforman datos en predicciones, agrupamientos, recomendaciones o contenidos. Su utilidad comienza en una pregunta pedagógica y termina en una intervención evaluable. La salida matemática no reemplaza la decisión: requiere contexto, responsabilidad y posibilidad de corrección.

La preparación de datos, la separación entre entrenamiento y prueba y la validación cruzada son esenciales para estimar generalización. Clasificación, regresión y agrupamiento responden preguntas distintas; por ello, sus métricas no son intercambiables. Exactitud, precisión, exhaustividad, F1 y errores de regresión deben interpretarse según prevalencia y costo.

Los recomendadores y el PLN pueden apoyar recursos, consultas y autorregulación, pero deben preservar diversidad, privacidad y autonomía. Explicabilidad y equidad se examinan durante todo el ciclo. Una explicación no demuestra causalidad, y un buen promedio no descarta daño sistemático para un grupo.

La adopción responsable favorece modelos simples cuando resultan suficientes, documentación completa, supervisión significativa y monitoreo posterior. El criterio final es pedagógico: si el modelo no mejora oportunidad, calidad del apoyo, aprendizaje o agencia, su complejidad no está justificada.

4.16. Referencias bibliográficas

- Bishop, C. M., & Bishop, H. (2024). *Deep learning: Foundations and concepts*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-45468-4>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0)*. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- National Institute of Standards and Technology. (2024). *Artificial intelligence risk management framework: Generative artificial intelligence profile (NIST AI 600-1)*.
<https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD digital education outlook 2023*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., et al. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- scikit-learn developers. (2026a). *Cross-validation: Evaluating estimator performance*. https://scikit-learn.org/stable/modules/cross_validation.html
- scikit-learn developers. (2026b). *Metrics and scoring: Quantifying the quality of predictions*.
https://scikit-learn.org/stable/modules/model_evaluation.html
- UNESCO. (2021a). *AI and education: Guidance for policy-makers*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- UNESCO. (2021b). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455>
- UNESCO. (2024). *AI competency framework for teachers*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/S15430421TIP4102_2

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN, ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE Y MEJORA CONTINUA EN LOS LMS

Verónica Mireya Neira Loor

Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez»

`veronica.neira@docentes.educacion.edu.ec`

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3348-9222>

5.1. Resumen

Este capítulo examina la evaluación, la analítica del aprendizaje y la mejora continua en los sistemas de gestión del aprendizaje. Explica las diferencias entre analítica descriptiva, diagnóstica, predictiva y prescriptiva; identifica los datos que genera un LMS; y propone indicadores para observar acceso, regularidad, participación, gestión del tiempo, solicitud de ayuda, autoevaluación, persistencia y finalización. Asimismo, presenta criterios para evaluar la automatización y la personalización, diseñar paneles útiles para estudiantes, docentes y directivos, e identificar tempranamente situaciones de riesgo académico. La interpretación pedagógica, la triangulación de evidencias y la supervisión humana ocupan un lugar central, pues un registro de actividad no equivale por sí solo a aprendizaje. El capítulo aborda privacidad, seguridad, consentimiento, minimización y gobernanza de datos; desarrolla un ciclo institucional de mejora; y ofrece una aplicación práctica compuesta por un panel de indicadores, un caso de riesgo, la evaluación de una estrategia personalizada y un plan de mejora. Se concluye que la analítica adquiere valor cuando genera decisiones oportunas, explicables, equitativas y verificables, preserva la autonomía del estudiante y se somete a revisión continua.

5.2. Palabras clave

Analítica del aprendizaje; evaluación educativa; mejora continua; indicadores académicos; toma de decisiones.

5.3. Introducción

Los LMS producen huellas digitales sobre accesos, recursos consultados, entregas, resultados, comunicación y finalización. Estas evidencias pueden hacer visibles patrones y orientar apoyos, pero son representaciones parciales. El tiempo conectado no demuestra comprensión; una baja frecuencia de acceso puede coexistir con trabajo fuera de línea; y una calificación no explica por sí sola el proceso seguido. La analítica educativa responsable convierte datos en preguntas contrastables y evita presentar correlaciones como causas.

La finalidad no consiste en vigilar ni clasificar de forma permanente al estudiante. Consiste en mejorar la oportunidad y pertinencia de decisiones que puedan revisarse. La UNESCO (2021, 2023) subraya la centralidad de los derechos, la inclusión y la agencia humana en el uso educativo de la inteligencia artificial; el NIST (2023) propone gestionar validez, transparencia, privacidad, seguridad y equidad durante todo el ciclo de vida. Sobre esa base, el capítulo articula evaluación del aprendizaje, evaluación del sistema y mejora institucional.

5.3.1. Datos educativos y mejora de los aprendizajes

Los datos adquieren sentido cuando se vinculan con un propósito educativo, una definición operacional y una acción posible. Antes de construir un indicador se pregunta qué fenómeno representa, qué omite, con qué frecuencia se actualiza y quién puede actuar. La mejora exige comparar una línea base con resultados posteriores, integrar evidencia cuantitativa y cualitativa y documentar los cambios. De este modo, el tablero deja de ser un inventario de cifras y se convierte en un instrumento para formular y revisar decisiones.

5.3.2. Evaluación de los sistemas automatizados

Un proceso automatizado se evalúa por exactitud, oportunidad, utilidad y consecuencias, no solo por ahorro de tiempo. Una notificación técnicamente correcta puede ser irrelevante si llega tarde; una recomendación pertinente en promedio puede excluir a un grupo; y una regla eficiente puede saturar a sus destinatarios. Por ello, se registran incidencias, excepciones, anulaciones humanas y efectos sobre la interacción educativa.

5.3.3. Analítica para la toma de decisiones

La analítica puede informar al estudiante sobre su planificación, al docente sobre necesidades de apoyo y a la institución sobre calidad y equidad. Cada nivel requiere datos, permisos y grados de agregación diferentes. Las visualizaciones deben mostrar periodo, unidad, denominador, fuente y límites. Ningún color de riesgo debe sustituir la lectura del caso ni activar automáticamente una consecuencia adversa.

5.3.4. Propósito y organización del capítulo

El propósito es ofrecer una ruta práctica para pasar de registros dispersos a un sistema de mejora responsable. Primero se revisan fundamentos, datos e indicadores; luego se evalúan automatización, personalización, paneles y alertas; finalmente se desarrollan decisiones basadas en evidencias, gobernanza, mejora continua y evaluación institucional. La aplicación reúne estos componentes en productos utilizables por una comunidad educativa.

5.4. Fundamentos de la analítica del aprendizaje

La analítica del aprendizaje comprende la medición, recopilación, análisis y comunicación de datos sobre estudiantes y contextos para comprender y optimizar el aprendizaje. Su unidad de análisis puede ser una actividad, una persona, un grupo, un curso o una institución. La analítica académica amplía la mirada hacia operación, planificación y desempeño institucional. En ambos casos, la pregunta pedagógica precede al método.

Tabla 1. Niveles de analítica del aprendizaje.

Nivel	Pregunta	Producto	Precaución
-------	----------	----------	------------

Descriptiva	¿Qué ocurrió?	Resumen o tendencia	No explica causas
Diagnóstica	¿Qué se asocia?	Hipótesis contrastable	Correlación no es causalidad
Predictiva	¿Qué podría ocurrir?	Probabilidad o alerta	Expresar incertidumbre
Prescriptiva	¿Qué se podría hacer?	Alternativas de acción	Decisión humana

Fuente: elaboración propia.

5.4.1. Conceptualización de la analítica del aprendizaje

Proceso que transforma datos educativos en información interpretable y acciones evaluables. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.4.2. Analítica académica y analítica institucional

Uso agregado de evidencias para planificación, calidad, recursos y resultados organizacionales. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.4.3. Minería de datos educativos

Descubrimiento de patrones mediante clasificación, regresión, agrupamiento y análisis de secuencias. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.4.4. Analítica descriptiva

Respuesta a qué ocurrió mediante resúmenes, distribuciones, tendencias y comparaciones. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo,

responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.4.5. Analítica diagnóstica

Exploración de factores asociados y explicaciones plausibles que requieren contraste. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.4.6. Analítica predictiva

Estimación probabilística de resultados futuros bajo condiciones y límites explícitos. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.4.7. Analítica prescriptiva

Propuesta de alternativas de actuación sin transferir la decisión final al algoritmo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En fundamentos de la analítica del aprendizaje, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5. Datos generados por un LMS

Los eventos del LMS se organizan en un diccionario con nombre, definición, fuente, formato, periodo, responsable, calidad y finalidad. La trazabilidad permite distinguir un clic técnico, una acción intencional y una inferencia. Se minimiza la recopilación, se fijan periodos de conservación y se excluyen variables sin necesidad pedagógica. Los estándares de interoperabilidad, como Caliper Analytics de 1EdTech, pueden facilitar una descripción coherente de eventos entre sistemas.

5.5.1. Accesos y tiempo de conexión

Inicio de sesión, sesiones, duración estimada y límites de interpretar conexión como dedicación. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5.2. Navegación por los contenidos

Secuencia, profundidad y retorno a recursos, considerando descargas y trabajo fuera de línea. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5.3. Participación en actividades

Inicio, intentos, entregas, revisiones y finalización con significado según la tarea. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con

productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5.4. Interacción en foros y espacios colaborativos

Lectura, publicación, respuesta y calidad de contribuciones sin premiar cantidad aislada. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5.5. Resultados de evaluación

Puntajes, criterios, intentos y retroalimentación vinculados con validez y dificultad. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5.6. Finalización de recursos y cursos

Cumplimiento de condiciones explícitas, diferenciando finalización técnica y logro. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.5.7. Datos de retroalimentación

Comentarios, encuestas, solicitudes y respuestas que aportan contexto cualitativo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En datos generados por un lms, se separa el dato observado de la inferencia y se

registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6. Indicadores de aprendizaje autónomo

La autonomía se observa en decisiones de planificación, ejecución, monitoreo y reflexión. Un indicador debe tener nombre, propósito, fórmula, población, periodo, fuente, frecuencia, umbral orientativo, responsable y respuesta prevista. Ninguna señal aislada describe la autorregulación. Se construye una lectura combinada y se invita al estudiante a explicar condiciones, estrategias y necesidades.

Tabla 2. Ficha sintética de indicadores de autonomía.

Indicador	Evidencia	Lectura complementaria
Regularidad	Días activos por semana	Calendario y conectividad
Cumplimiento	Actividades completas/previstas	Calidad de productos
Gestión del tiempo	Anticipación de inicio	Plan declarado
Solicitud de ayuda	Uso oportuno de canales	Necesidad y respuesta
Persistencia	Retorno tras dificultad	Estrategias utilizadas

Fuente: elaboración propia.

5.6.1. Frecuencia de acceso

Número de sesiones significativas por periodo interpretado según diseño y disponibilidad. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6.2. Regularidad del estudio

Distribución temporal del trabajo frente a concentración de actividad antes del plazo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6.3. Cumplimiento de actividades

Proporción y secuencia de tareas completadas con atención a calidad y condiciones. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6.4. Gestión del tiempo

Relación entre planificación, inicio, ritmo, revisiones y entrega sin confundir duración con esfuerzo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6.5. Solicitud de ayuda

Uso oportuno de canales de apoyo como estrategia autónoma y no como déficit. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6.6. Autoevaluación del aprendizaje

Comparación entre juicio propio, criterios, evidencia y ajustes posteriores. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula

resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.6.7. Persistencia y finalización

Continuidad ante dificultades, retorno a tareas y cierre de metas con apoyos pertinentes. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En indicadores de aprendizaje autónomo, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7. Evaluación de la automatización

La evaluación comienza con una línea base del proceso manual: tiempo, errores, carga, satisfacción y resultados. Después se compara el flujo automatizado bajo condiciones equivalentes. Se analizan excepciones y costos transferidos, pues una reducción de trabajo administrativo puede aumentar consultas o correcciones. La automatización debe liberar tiempo para la mediación pedagógica y mantener un canal humano accesible.

5.7.1. Eficiencia de los procesos

Relación entre recursos empleados, volumen gestionado, calidad y resultado educativo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7.2. Reducción de tareas repetitivas

Horas evitadas en acciones rutinarias y tiempo realmente reasignado a funciones valiosas. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula

resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7.3. Precisión de las acciones automáticas

Proporción de ejecuciones correctas y análisis de falsos disparos, omisiones y excepciones. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7.4. Pertinencia de las notificaciones

Relevancia, claridad, momento, canal y posibilidad de configurar o silenciar avisos. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7.5. Tiempo de respuesta

Intervalo entre evento, detección, comunicación y atención efectiva. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7.6. Satisfacción de docentes y estudiantes

Percepción de utilidad, carga, control, comprensión y confianza, triangulada con conducta. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado

de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.7.7. Errores e incidencias

Registro de severidad, causa, población afectada, resolución y prevención de recurrencia. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la automatización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8. Evaluación de la personalización

Personalizar supone ajustar opciones, secuencias, formatos o apoyos a evidencias relevantes sin reducir oportunidades. Se compara la estrategia con una condición de referencia y se observan aprendizaje, participación, autonomía y equidad. Las recomendaciones se evalúan por precisión y también por diversidad, cobertura, explicación y capacidad de rechazo. El perfil del estudiante se actualiza y nunca se trata como identidad fija.

5.8.1. Pertinencia de las recomendaciones

Alineación entre sugerencia, objetivo, evidencia reciente, contexto y necesidad declarada. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8.2. Adecuación del nivel de dificultad

Equilibrio entre desafío y apoyo medido por desempeño, esfuerzo, errores y percepción. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la

inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8.3. Utilidad de las rutas de aprendizaje

Contribución de la secuencia al avance, recuperación, profundización y comprensión global. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8.4. Calidad de la retroalimentación

Especificidad, oportunidad, comprensibilidad, orientación a la acción y fundamento. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8.5. Participación y motivación

Cambios en implicación y persistencia sin utilizar tiempo en pantalla como sustituto. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8.6. Resultados académicos

Progreso en objetivos y transferencia, controlando diferencias iniciales y contexto. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.8.7. Percepción del estudiante

Voz sobre utilidad, justicia, control, privacidad y efectos no previstos. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación de la personalización, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9. Paneles de analítica educativa

Un panel efectivo responde pocas preguntas relevantes y permite pasar del resumen a la evidencia. Presenta fecha de actualización, periodo, denominador, comparación pertinente y explicación de colores o umbrales. Respeta accesibilidad: contraste suficiente, texto alternativo, etiquetas, navegación por teclado y alternativas tabulares. También diferencia hechos observados, cálculos e inferencias.

Tabla 3. Paneles según destinatario.

Usuario	Pregunta prioritaria	Indicadores	Acción
Estudiante	¿Cómo avanzo?	Metas, plazos, progreso	Planificar o pedir apoyo
Docente	¿Quién necesita revisión?	Logro, participación, alertas	Contrastar e intervenir
Directivo	¿Dónde hay brechas?	Acceso, equidad, calidad,	Asignar soporte y recursos

Fuente: elaboración propia.

5.9.1. Características de un panel de seguimiento

Claridad, actualidad, trazabilidad, jerarquía, filtros limitados y vínculo con acciones. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia

y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9.2. Indicadores para estudiantes

Metas, progreso, próximos plazos, regularidad y opciones de apoyo bajo control personal. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9.3. Indicadores para docentes

Participación, logro por objetivo, retroalimentación pendiente, alertas y casos para revisión. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9.4. Indicadores para directivos

Acceso, equidad, calidad, soporte, adopción y resultados en forma agregada. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9.5. Visualización de tendencias

Series temporales, variación y comparación con línea base evitando escalas engañosas. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9.6. Alertas y niveles de riesgo

Categorías orientativas con definición, confianza, fecha, razón y acción sugerida. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.9.7. Accesibilidad de la información

Percepción, operación y comprensión para usuarios diversos y tecnologías de asistencia. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En paneles de analítica educativa, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10. Identificación temprana del riesgo académico

El riesgo es una condición probabilística y modificable, no una cualidad personal. Se define resultado, horizonte, población y momento de intervención. Las variables se limitan a información disponible antes del resultado y vinculada con una respuesta legítima. La alerta abre una verificación respetuosa; no bloquea contenidos, reduce expectativas ni comunica una etiqueta al grupo.

5.10.1. Definición del riesgo

Resultado educativo observable, periodo, población y umbral coherentes con la intervención. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10.2. Variables predictoras

Señales previas, pertinentes y revisables, excluyendo atributos sensibles sin justificación. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10.3. Patrones de inactividad

Ausencia o descenso de actividad contrastados con calendario, conectividad y trabajo externo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10.4. Disminución del rendimiento

Cambio respecto de la propia línea base y de objetivos, no solo del promedio grupal. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula

resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10.5. Alertas tempranas

Aviso explicable y oportuno que contiene razones, nivel de incertidumbre y ruta de revisión. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10.6. Intervenciones personalizadas

Contacto, diagnóstico, ajuste, tutoría o recurso acordado según barrera identificada. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.10.7. Evaluación de la intervención

Comparación de alcance, aceptación, respuesta y resultados, incluidos efectos adversos. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En identificación temprana del riesgo académico, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11. Toma de decisiones basada en evidencias

La decisión basada en evidencias integra datos del LMS, productos del estudiante, observación, diálogo y conocimiento profesional. La triangulación busca convergencias y discrepancias. Cuando las fuentes no coinciden, se investiga antes de actuar. Toda decisión

documenta pregunta, evidencia, interpretación, alternativa, responsable, plazo y criterio para mantenerla, modificarla o retirarla.

5.11.1. Interpretación pedagógica de los datos

Traducción de patrones en hipótesis situadas y contrastables sobre enseñanza y aprendizaje. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11.2. Decisiones del estudiante

Elección informada de metas, ritmo, recursos, ayuda y revisión a partir de información comprensible. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11.3. Decisiones del docente

Ajuste de mediación, actividades, evaluación y retroalimentación con juicio profesional. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11.4. Decisiones institucionales

Priorización de soporte, formación, infraestructura y política con datos agregados. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la

inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11.5. Triangulación de evidencias

Contraste de registros, productos, percepciones y contexto para fortalecer o cuestionar inferencias. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11.6. Límites de la predicción

Incertidumbre, cambio de contexto, deriva de datos y ausencia de causalidad. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.11.7. Prevención del determinismo algorítmico

Prohibición de convertir probabilidades en destinos y garantía de revisión humana. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En toma de decisiones basada en evidencias, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12. Privacidad, seguridad y gobernanza de datos

La gobernanza asigna principios, roles, autorizaciones y controles desde la recopilación hasta la eliminación. Se mantiene un inventario de tratamientos con finalidad, base legítima, campos, destinatarios, conservación y medidas de seguridad. El acceso se concede por función y necesidad. Los incidentes tienen canal, responsable, contención, comunicación y aprendizaje institucional.

5.12.1. Protección de datos personales

Medidas jurídicas, organizativas y técnicas proporcionales a sensibilidad, escala y riesgo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12.2. Consentimiento informado

Información clara y opción real cuando corresponda, sin presentar aceptación como trámite vacío. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12.3. Minimización de datos

Recopilación de los campos estrictamente necesarios para una finalidad definida. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12.4. Control de accesos

Permisos por rol, autenticación, registro de consultas y revisión periódica de privilegios. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12.5. Conservación y eliminación de registros

Plazos justificados, archivo seguro y eliminación verificable al concluir la necesidad. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12.6. Transparencia institucional

Comunicación de datos, finalidades, modelos, destinatarios, derechos y vías de reclamación. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.12.7. Responsabilidad en el uso de datos

Asignación de propietarios, custodios, usuarios autorizados y órganos de supervisión. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En privacidad, seguridad y gobernanza de datos, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula

resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13. Ciclo de mejora continua

La mejora continua puede organizarse como diagnóstico, planificación, implementación, estudio y ajuste. Se selecciona un problema acotado, una línea base y pocos indicadores equilibrados. La implementación comienza con un piloto y registra fidelidad, adaptaciones y condiciones. La evaluación distingue resultado de proceso y analiza sostenibilidad. Lo que funciona se estandariza sin dejar de revisarse.

5.13.1. Diagnóstico inicial

Descripción de situación, población, proceso, brecha, causas plausibles y línea base. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13.2. Identificación de necesidades

Priorización según impacto, urgencia, equidad, factibilidad y voz de usuarios. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13.3. Planificación de acciones

Definición de objetivo, actividades, responsables, recursos, plazo, riesgos e indicadores. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con

productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13.4. Implementación de mejoras

Ejecución gradual con formación, comunicación, soporte y registro de adaptaciones. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13.5. Seguimiento de indicadores

Observación periódica de proceso, resultado, equilibrio y diferencias entre grupos. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13.6. Evaluación de resultados

Comparación con línea base y meta, explicación de variación y análisis de consecuencias. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.13.7. Ajuste y consolidación de las acciones

Decisión de mantener, modificar, ampliar o retirar con documentación de aprendizajes. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En ciclo de mejora continua, se separa el dato observado de la inferencia y se

registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14. Evaluación institucional del LMS

La evaluación institucional considera el LMS como sistema sociotécnico. Incluye diseño pedagógico, experiencia, infraestructura, integración, gobierno, soporte, competencias y resultados. Se combinan pruebas técnicas, revisión experta, analítica, encuestas, entrevistas y tareas de usabilidad. La comparación entre periodos y grupos evita basarse en impresiones generales.

5.14.1. Calidad pedagógica

Coherencia entre objetivos, actividades, interacción, evaluación, retroalimentación y accesibilidad. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14.2. Usabilidad y accesibilidad

Eficacia, eficiencia, satisfacción y acceso de personas con diversas capacidades. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14.3. Rendimiento técnico

Disponibilidad, velocidad, capacidad, estabilidad, seguridad y recuperación. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se

registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14.4. Integración e interoperabilidad

Intercambio confiable de usuarios, contenidos, calificaciones y eventos mediante estándares. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14.5. Satisfacción de los usuarios

Percepción segmentada de utilidad, facilidad, soporte, carga y confianza. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14.6. Impacto en el aprendizaje autónomo

Cambio en planificación, monitoreo, reflexión, agencia y logro atribuible con cautela. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.14.7. Sostenibilidad de la innovación

Gobernanza, costos, competencias, mantenimiento, escalabilidad y capacidad de mejora. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En evaluación institucional del lms, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.15. Aplicación práctica

La aplicación propone un ejercicio institucional en cuatro productos. El equipo utiliza datos ficticios o anonimizados y define previamente propósito, población y responsables. Cada indicador se vincula con una pregunta y una acción; cada alerta exige verificación; y cada recomendación se somete a evaluación. El resultado es un plan pequeño, medible y reversible, no una plataforma paralela.

Tabla 4. Plan breve de mejora continua.

Elemento	Definición	Ejemplo
Problema	Brecha observable	Alertas tardías
Objetivo	Cambio medible	Reducir tiempo de atención
Acción	Intervención concreta	Protocolo de contacto
Indicador	Medida y periodo	Mediana de horas
Criterio	Mantener o ajustar	Mejora sin brechas

Fuente: elaboración propia.

5.15.1. Construcción de un panel de indicadores

Selección de seis métricas con ficha técnica, visualización accesible, filtros y acciones asociadas. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En aplicación práctica, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.15.2. Análisis de un caso de riesgo académico

Lectura de señales contradictorias, conversación con el estudiante y elección de apoyo no punitivo. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En aplicación práctica, se separa el dato observado de la

inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.15.3. Evaluación de una estrategia personalizada

Comparación de pertinencia, diversidad, aceptación, aprendizaje y equidad frente a línea base. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En aplicación práctica, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.15.4. Elaboración de un plan de mejora continua

Formulación de objetivo, acciones, responsables, recursos, indicadores, plazos y criterios de ajuste. Este componente se define con propósito, población, fuente, periodo, cálculo, responsable y acción asociada. En aplicación práctica, se separa el dato observado de la inferencia y se registra la incertidumbre. La lectura se compara con la trayectoria, los objetivos y las condiciones de acceso; ningún umbral opera como sentencia automática. La implementación parte de una línea base, revisa calidad y diferencias entre grupos, y triangula resultados con productos, observación y voz de los usuarios. Si la medida no conduce a una respuesta útil o produce inequidad o errores, se rediseña o retira.

5.16. Conclusiones del capítulo

La analítica del aprendizaje permite describir actividad, explorar explicaciones, estimar posibilidades y proponer alternativas, pero su valor depende de una pregunta pedagógica y de una intervención evaluable. Los datos del LMS son evidencias parciales: requieren definiciones, contexto, calidad y triangulación antes de convertirse en decisiones.

Los indicadores de autonomía deben hacer visibles planificación, regularidad, ayuda, autoevaluación, persistencia y logro sin equiparar conexión con aprendizaje. La automatización se juzga por eficiencia y también por precisión, oportunidad, experiencia y consecuencias. La personalización se evalúa por pertinencia, diversidad, accesibilidad, agencia, aprendizaje y equidad.

Los paneles deben ser claros, accesibles y específicos para cada usuario. Las alertas tempranas expresan probabilidades revisables y activan conversaciones o apoyos, nunca sanciones automáticas. La interpretación pedagógica y la supervisión humana previenen el determinismo algorítmico y permiten corregir errores.

La privacidad, la seguridad y la gobernanza no son anexos técnicos, sino condiciones de legitimidad. Minimización, permisos por rol, conservación limitada, transparencia, documentación e intervención ante incidentes deben acompañar todo el ciclo. La institución es responsable incluso cuando utiliza proveedores externos.

La mejora continua integra diagnóstico, planificación, pilotaje, seguimiento, evaluación y ajuste. Un LMS sostenible no es el que acumula más métricas, sino el que produce información comprensible, reduce barreras y fortalece decisiones autónomas. Toda innovación debe mantenerse solo mientras demuestre utilidad educativa y ausencia de daño desproporcionado.

5.17. Referencias bibliográficas

CAST. (2024). Universal Design for Learning guidelines version 3.0. <https://udlguidelines.cast.org>

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), 304–317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>

Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1961–1990. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z>

1EdTech Consortium. (2025). Caliper Analytics. <https://www.1edtech.org/standards/caliper>

Moodle. (2025a). Analytics. MoodleDocs. <https://docs.moodle.org/en/Analytics>

Moodle. (2025b). Learning analytics indicators. MoodleDocs. https://docs.moodle.org/en/Learning_analytics_indicators

Moodle. (2025c). Students at risk of dropping out. MoodleDocs. https://docs.moodle.org/en/Students_at_risk_of_dropping_out

National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>

Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. American Behavioral Scientist, 57(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>

Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning analytics: Ethical issues and dilemmas. American Behavioral Scientist, 57(10), 1510–1529. <https://doi.org/10.1177/0002764213479366>

UNESCO. (2021a). AI and education: Guidance for policy-makers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>

UNESCO. (2021b). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455>

UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>

Wise, A. F., & Shaffer, D. W. (2015). Why theory matters more than ever in the age of big data. Journal of Learning Analytics, 2(2), 5–13. <https://doi.org/10.18608/jla.2015.22.2>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. Theory Into Practice, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/S15430421TIP4102_2

ELEMENTOS FINALES DEL LIBRO

Automatización y personalización de un LMS en el aprendizaje autónomo por medio de algoritmos de IA

Editorial Internacional RUNAIKI

1. Conclusiones generales

- La integración entre los sistemas de gestión del aprendizaje, la inteligencia artificial y el aprendizaje autónomo constituye un proceso pedagógico y organizacional, no únicamente tecnológico. El LMS aporta estructura, comunicación, evidencias y continuidad; la IA amplía las posibilidades de automatización, personalización y análisis; y la autonomía orienta estas capacidades hacia la planificación, el monitoreo y la reflexión del estudiante.
- La automatización resulta valiosa cuando reduce tareas repetitivas y libera tiempo para la mediación docente. Su calidad debe evaluarse mediante precisión, oportunidad, tratamiento de excepciones, experiencia de los usuarios y efectos educativos. Automatizar una práctica ineficiente no la mejora: primero es necesario revisar el proceso, eliminar pasos innecesarios y establecer supervisión humana.
- La personalización debe ampliar opciones sin encerrar al estudiante en un perfil permanente. Los datos, reglas y modelos pueden recomendar recursos, ajustar dificultad o proponer rutas; sin embargo, el estudiante necesita conocer la lógica general, conservar alternativas y solicitar revisión. La personalización inclusiva se articula con el Diseño Universal para el Aprendizaje y evita reducir la diversidad a una clasificación algorítmica.

- Los algoritmos de clasificación, regresión, agrupamiento, recomendación y procesamiento del lenguaje natural responden preguntas diferentes. Su selección exige correspondencia entre problema, datos, métrica y decisión. El desempeño técnico debe complementarse con explicabilidad, utilidad pedagógica, equidad entre grupos y evaluación del impacto de la intervención.
- La analítica del aprendizaje convierte registros en información para actuar, pero los eventos del LMS son evidencias parciales. Accesos, tiempo, clics y finalización no equivalen automáticamente a dedicación, comprensión o autonomía. La triangulación con productos, observación, autoevaluación y diálogo evita inferencias simplistas.
- La identificación temprana del riesgo académico debe activar apoyo, no sanción. Una alerta expresa una probabilidad condicionada por datos y supuestos; por tanto, debe verificarse, explicarse y revisarse. La responsabilidad institucional permanece incluso cuando el sistema o modelo proviene de un proveedor externo.
- La privacidad, la seguridad, la transparencia y la gobernanza son condiciones de legitimidad. La recopilación debe limitarse a datos necesarios, con finalidades definidas, permisos por rol, conservación temporal, trazabilidad y mecanismos de reclamación. La innovación pierde valor cuando vulnera derechos o amplía brechas.
- La mejora continua requiere diagnóstico, línea base, objetivos medibles, implementación gradual, indicadores equilibrados y decisiones de mantenimiento, ajuste o retiro. Un ecosistema LMS con IA es sostenible cuando desarrolla capacidades humanas, documenta aprendizajes y demuestra beneficios educativos proporcionales a sus costos y riesgos.

2. Recomendaciones para docentes

Tabla EF-1. Recomendaciones operativas para docentes.

Recomendación	Aplicación
Definir primero el propósito pedagógico	Vincular cada automatización, recomendación o indicador con un objetivo de aprendizaje y una acción docente posible.
Mantener una línea base	Comparar la innovación con el proceso anterior para identificar mejoras reales y efectos no previstos.
Combinar evidencias	Contrastar datos del LMS con productos, diálogo, observación, autoevaluación y condiciones de acceso.
Diseñar alternativas	Ofrecer formatos, rutas y formas de expresión diversas; permitir que el estudiante rechace o cuestione una recomendación.
Supervisar resultados automáticos	Revisar calificaciones, alertas y retroalimentaciones antes de que produzcan consecuencias relevantes.
Explicar el uso de la IA	Comunicar qué herramienta se utiliza, con qué finalidad, qué datos intervienen y cuáles son sus límites.
Proteger la interacción humana	Reservar la comunicación automatizada para asuntos rutinarios y garantizar acompañamiento docente accesible.
Evaluar por grupos	Comprobar si errores, beneficios o cargas se distribuyen de manera desigual.
Promover autorregulación	Utilizar paneles y recordatorios para enseñar planificación, monitoreo y reflexión, retirando apoyos progresivamente.
Documentar y mejorar	Registrar decisiones, incidencias, adaptaciones y evidencias para sostener o modificar la práctica.

3. Recomendaciones para directivos e instituciones educativas

La transformación digital requiere una gobernanza que conecte liderazgo, currículo, infraestructura, desarrollo profesional, soporte y protección de derechos. La institución debe evitar adquisiciones basadas únicamente en promesas de eficiencia y exigir evidencia, interoperabilidad, accesibilidad y condiciones claras de tratamiento de datos.

Tabla EF-2. Agenda institucional para una adopción responsable.

Ámbito	Acción prioritaria
Gobernanza	Conformar un equipo responsable con representación directiva, pedagógica, técnica, jurídica y estudiantil.
Política institucional	Definir usos permitidos, prohibidos y condicionados; responsables; mecanismos de revisión; y régimen de incidencias.
Evaluación previa	Realizar una valoración pedagógica, técnica, de accesibilidad, privacidad, seguridad, sesgo y sostenibilidad.
Contratación	Exigir propiedad y portabilidad de datos, niveles de servicio, notificación de incidentes, eliminación verificable y auditoría.
Infraestructura	Asegurar disponibilidad, conectividad, respaldo, recuperación, actualización y alternativas ante fallos.
Formación	Desarrollar competencias docentes, estudiantiles y directivas mediante práctica acompañada y evaluación.
Participación	Incorporar la voz de estudiantes, familias cuando corresponda y personal de apoyo en diseño y revisión.
Monitoreo	Utilizar indicadores de proceso, resultado, equidad y equilibrio; publicar informes agregados comprensibles.

Escalamiento	Comenzar con pilotos, documentar condiciones y ampliar únicamente cuando se demuestre utilidad.
Continuidad	Asignar presupuesto, soporte, responsables y calendario de revisión para evitar innovaciones abandonadas.

4. Orientaciones para estudiantes

Tabla EF-3. Orientaciones para el aprendizaje autónomo.

Acción	Orientación
Comprender el entorno	Revisar objetivos, calendario, criterios, canales de ayuda y reglas de uso antes de iniciar.
Planificar	Convertir metas amplias en tareas semanales, estimar tiempo y reservar espacios de recuperación.
Monitorear	Consultar el panel como una fuente parcial, comparar progreso con metas y registrar dificultades.
Solicitar ayuda	Pedir apoyo oportunamente; la búsqueda de ayuda es una estrategia autónoma y no una señal de incapacidad.
Usar la IA como apoyo	Solicitar explicaciones, ejemplos o retroalimentación, pero verificar fuentes y resolver activamente.
Conservar autoría	Distinguir aportes propios y asistencia automatizada; declarar el uso cuando lo exijan las normas.
Proteger datos	No introducir información personal, confidencial o de terceros en herramientas no autorizadas.
Cuestionar recomendaciones	Solicitar razones, alternativas y revisión humana cuando una sugerencia no represente la situación.
Autoevaluarse	Comparar el producto con criterios, explicar la estrategia utilizada y decidir el siguiente ajuste.
Cuidar el bienestar	Configurar notificaciones, realizar pausas y evitar que el seguimiento digital se convierta en presión permanente.

5. Lineamientos para el uso ético de la inteligencia artificial

Estos lineamientos se apoyan en un enfoque centrado en derechos y en la gestión de riesgos durante el ciclo de vida (UNESCO, 2021, 2023; NIST, 2023). Se aplican desde la identificación de la necesidad hasta el retiro del sistema y no se limitan a una declaración de principios.

Tabla EF-4. Principios y requisitos éticos.

Principio	Requisito verificable
Finalidad educativa	Usar IA solo cuando exista un beneficio pedagógico definido y evaluable.
Agencia humana	Mantener capacidad real para aceptar, modificar, impugnar o anular resultados.
Transparencia	Informar propósito, alcance, datos, limitaciones y responsable del sistema.
Privacidad	Minimizar datos, limitar accesos y conservar registros solo durante el tiempo justificado.
Equidad	Evaluar desempeño y consecuencias entre grupos; corregir barreras y sesgos.
Seguridad	Prevenir accesos indebidos, manipulación, fuga de información y dependencia de un único proveedor.
Validez	Comprobar exactitud, estabilidad y utilidad en la población y contexto de uso.
Explicabilidad	Ofrecer razones comprensibles y evidencia suficiente para revisar decisiones.
Integridad académica	Definir usos autorizados, formas de declaración, verificación y responsabilidad del autor.
Accesibilidad	Garantizar que interfaces, contenidos y procedimientos puedan ser utilizados por personas diversas.
Proporcionalidad	Ajustar el grado de automatización y control al nivel de riesgo de la decisión.
Rendición de cuentas	Asignar responsables, registrar incidentes, reparar afectaciones y revisar periódicamente.

5.1. Procedimiento ético mínimo

- Definir la necesidad educativa y justificar por qué la IA aporta valor.
- Clasificar el nivel de impacto sobre aprendizaje, derechos y oportunidades.
- Examinar datos, proveedor, seguridad, accesibilidad, sesgos y explicabilidad.
- Realizar un piloto con participación informada y supervisión humana.
- Medir beneficio, errores, carga y diferencias entre grupos.
- Documentar la decisión de aprobar, modificar, limitar o retirar.
- Mantener monitoreo, canal de reclamación y respuesta a incidentes.

6. Glosario de términos

Tabla EF-5. Glosario básico.

Término	Definición
Algoritmo	Secuencia de reglas o modelo que transforma entradas en resultados.
Analítica descriptiva	Síntesis de lo ocurrido mediante frecuencias, distribuciones y tendencias.
Analítica diagnóstica	Exploración de factores asociados para formular explicaciones contrastables.
Analítica del aprendizaje	Medición y análisis de datos sobre aprendices y contextos para comprender y optimizar el aprendizaje.
Analítica predictiva	Estimación probabilística de un resultado futuro.
Analítica prescriptiva	Propuesta de alternativas de actuación a partir de datos y criterios.
Aprendizaje adaptativo	Ajuste dinámico de secuencia, apoyo o dificultad según evidencias.
Aprendizaje autónomo	Capacidad para planificar, ejecutar, monitorear y evaluar el propio aprendizaje.
Aprendizaje automático	Métodos que ajustan patrones o parámetros a partir de datos.
Automatización	Ejecución de acciones mediante reglas o modelos con intervención humana variable.
Calibración	Correspondencia entre probabilidades predichas y frecuencia observada.
Dato educativo	Representación registrada de un evento, resultado o característica en un contexto educativo.
Deriva	Cambio en datos, relaciones o contexto que reduce el desempeño de un modelo.
Diseño Universal para el Aprendizaje	Marco para ofrecer múltiples formas de implicación, representación y acción y expresión.
Explicabilidad	Capacidad de ofrecer razones comprensibles sobre una salida o recomendación.
Interoperabilidad	Capacidad de sistemas diferentes para intercambiar y utilizar información.
LMS	Sistema de gestión del aprendizaje que organiza usuarios, contenidos, actividades, comunicación y seguimiento.
Metacognición	Conocimiento y regulación de los propios procesos de pensamiento y aprendizaje.
Minería de datos educativos	Aplicación de métodos computacionales para descubrir patrones en datos educativos.
Modelo predictivo	Representación matemática que estima un resultado a partir de variables.
Panel de analítica	Interfaz que organiza indicadores para apoyar comprensión y acción.
Personalización	Adaptación de experiencias, recursos o rutas a características y decisiones del estudiante.
Procesamiento del lenguaje natural	Métodos computacionales para analizar o generar lenguaje humano.
Retroalimentación adaptativa	Información de mejora ajustada al desempeño, necesidad o contexto.
Sesgo algorítmico	Error o diferencia sistemática que puede producir resultados injustos.
Sistema de recomendación	Modelo que ordena o sugiere opciones según pertinencia estimada.
Trazabilidad	Capacidad de reconstruir origen, transformaciones, decisiones y responsables.
Variable	Característica medible o representada que puede cambiar entre observaciones.

7. Índice de tablas

Índice consolidado de tablas del manuscrito.

Ubicación	Título
Capítulo I	Tabla 1. Funciones de un LMS y criterios de calidad.
Capítulo I	Tabla 2. Responsabilidades en un entorno LMS con IA.
Capítulo I	Tabla 3. Matriz para diseñar una intervención.
Capítulo II	Tabla 1. Criterios de priorización de procesos.
Capítulo II	Tabla 2. Niveles de automatización evaluativa.
Capítulo II	Tabla 3. Elementos de un flujo automatizado.
Capítulo II	Tabla 4. Protocolo de automatización y supervisión.
Capítulo III	Tabla 1. Dimensiones de un perfil dinámico.
Capítulo III	Tabla 2. Comparación de modelos de personalización.
Capítulo III	Tabla 3. Articulación entre DUA e IA.
Capítulo III	Tabla 4. Matriz para evaluar la personalización.
Capítulo IV	Tabla 1. Control de calidad de datos educativos.
Capítulo IV	Tabla 2. Comparación inicial de clasificadores.
Capítulo IV	Tabla 3. Métricas fundamentales.
Capítulo IV	Tabla 4. Diseño del caso predictivo.
Capítulo V	Tabla 1. Niveles de analítica del aprendizaje.
Capítulo V	Tabla 2. Ficha sintética de indicadores de autonomía.
Capítulo V	Tabla 3. Paneles según destinatario.
Capítulo V	Tabla 4. Plan breve de mejora continua.
Elementos finales	Tablas EF-1 a EF-5 y matrices de los anexos A-O.

Nota editorial: los números de página deberán actualizarse automáticamente después de integrar todos los capítulos en el archivo maestro.

8. Índice de figuras

En la versión actual de los cinco capítulos no se incorporaron figuras con leyenda formal. Si durante la edición se añaden diagramas, capturas, gráficos o esquemas, deberán numerarse por capítulo, incorporar título, fuente y texto alternativo, y registrarse aquí después de actualizar la paginación del archivo maestro.

9. Índice temático

Índice temático por localización principal.

Término	Localización
Accesibilidad	Capítulos I, III y V; anexos A, I, M y N
Algoritmos	Capítulos I, IV y V; anexos G, H, I y J

Analítica del aprendizaje	Capítulos I y V; anexos K, L y O
Aprendizaje autónomo	Capítulos I-V; anexos B, E, F y K
Automatización	Capítulos I, II y V; anexos C, D y N
Datos educativos	Capítulos II-V; anexos H, J, K, L y M
Diseño Universal para el Aprendizaje	Capítulos III y V
Equidad	Capítulos I, III, IV y V; anexos I, J, M y N
Ética de la IA	Capítulos I, III, IV y V; anexos I, J y M
Evaluación	Capítulos II-V; anexos I, K, N y O
Inteligencia artificial generativa	Capítulos I y III
Interoperabilidad	Capítulos I, II y V; anexos A y C
LMS	Capítulos I-V; anexos A-D, H, K, N y O
Personalización	Capítulos I, III y V; anexos E, F y N
Privacidad y seguridad	Capítulos I-V; anexos H, J, M y N
Retroalimentación	Capítulos I-III y V; anexos F, K y N
Riesgo académico	Capítulos II, IV y V; anexos I, J, K y L
Sesgo algorítmico	Capítulos I, III, IV y V; anexos I y J
Sistemas de recomendación	Capítulos I, III y IV; anexos F, G, I y J

10. Información profesional de las autoras y los autores

Las siguientes reseñas se limitan a los datos proporcionados para el manuscrito y a la contribución autorial identificada. Antes de la publicación, cada autor deberá revisar su correo, ORCID, filiación y aportar una reseña curricular breve si la editorial la solicita.

Willie Javier Salinas Muñoz

Willie Javier Salinas Muñoz participa como responsable de «Capítulo I. Fundamentos de los LMS, la inteligencia artificial y el aprendizaje autónomo». Su contribución aborda los fundamentos, procedimientos y criterios de evaluación correspondientes a ese ámbito dentro de la relación entre LMS, inteligencia artificial y aprendizaje autónomo.

Filiación: Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez».

Correo electrónico: willie.salinas@educacion.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7039-783X>

Irving José Neira Ormeño

Irving José Neira Ormeño participa como responsable de «Capítulo II. Automatización de procesos en un LMS». Su contribución aborda los fundamentos, procedimientos y criterios de evaluación correspondientes a ese ámbito dentro de la relación entre LMS, inteligencia artificial y aprendizaje autónomo.

Filiación: Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez».

Correo electrónico: irving.neira@docentes.educacion.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6094-431X>

Ana María Rodríguez Malavé

Ana María Rodríguez Malavé participa como responsable de «Capítulo III. Personalización del aprendizaje mediante inteligencia artificial». Su contribución aborda los fundamentos, procedimientos y criterios de evaluación correspondientes a ese ámbito dentro de la relación entre LMS, inteligencia artificial y aprendizaje autónomo.

Filiación: Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez».

Correo electrónico: anam.rodriguez@educacion.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7441-9255>

Roxanna Mariela Reyes Rodríguez

Roxanna Mariela Reyes Rodríguez participa como responsable de «Capítulo IV. Algoritmos de inteligencia artificial aplicados al aprendizaje autónomo». Su contribución aborda los fundamentos, procedimientos y criterios de evaluación correspondientes a ese ámbito dentro de la relación entre LMS, inteligencia artificial y aprendizaje autónomo.

Filiación: Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez».

Correo electrónico: roxanna.reyes@educacion.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6286-7409>

Verónica Mireya Neira Loor

Verónica Mireya Neira Loor participa como responsable de «Capítulo V. Evaluación, analítica del aprendizaje y mejora continua en los LMS». Su contribución aborda los fundamentos, procedimientos y criterios de evaluación correspondientes a ese ámbito dentro de la relación entre LMS, inteligencia artificial y aprendizaje autónomo.

Filiación: Unidad Educativa «Dr. Otto Arosemena Gómez».

Correo electrónico: veronica.neira@docentes.educacion.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3348-9222>

Referencias de los elementos finales

- CAST. (2024). Universal Design for Learning guidelines version 3.0. <https://udlguidelines.cast.org>
- 1EdTech Consortium. (2025). Caliper Analytics. <https://www.1edtech.org/standards/caliper>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). OECD digital education outlook 2023. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- UNESCO. (2021). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455>
- UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64-70. https://doi.org/10.1207/S15430421TIP4102_2

11. Anexos

Los instrumentos siguientes son modelos adaptables. Deben aplicarse con finalidad definida, responsables identificados y resguardo de la información. Los campos que no resulten pertinentes se marcarán como “No aplica”; no se completarán mediante inferencias no verificadas.

Anexo A. Ficha para diagnosticar las características de un LMS

Institución: _____ LMS y versión: _____ Fecha: _____

Evaluador/a: _____

Propósito _____ del _____ diagnóstico: _____

A-1. Diagnóstico del LMS.

Dimensión	Criterio	Valoración	Evidencia
Pedagógica	Objetivos, actividades, evaluación y retroalimentación coherentes		
Gestión	Usuarios, roles, cursos, grupos y reportes		
Comunicación	Mensajería, foros, avisos y acompañamiento		
Accesibilidad	Navegación, contraste, teclado, textos alternativos y formatos		
Usabilidad	Eficacia, eficiencia y satisfacción en tareas frecuentes		
Interoperabilidad	Integración y exportación mediante formatos o estándares		
Analítica	Eventos, indicadores, paneles y trazabilidad		
Privacidad	Finalidad, permisos, conservación, derechos y proveedores		
Seguridad	Autenticación, respaldo, actualización e incidentes		
Sostenibilidad	Costos, soporte, capacidades, mantenimiento y escalabilidad		

Fortalezas:

Brechas _____ prioritarias: _____

Decisión _____ y _____ responsables: _____

Anexo B. Matriz de relación entre LMS, IA y aprendizaje autónomo

B-1. Matriz de articulación.

d	Necesida LMS	Función	Aporte de IA	Competencia autónoma	a	Evidenci rol	Riesgo/cont
---	-----------------	---------	--------------	-------------------------	---	-----------------	-------------

--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--

Pregunta de cierre: ¿la integración amplía la capacidad de decisión del estudiante o sustituye innecesariamente su actuación?

--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo C. Inventario de procesos susceptibles de automatización

C-1. Inventario y priorización.

Proceso	Frecuencia	Tiempo/carga	Regla estable	Impacto	Excepciones	Prioridad

Escala sugerida: 1 = bajo; 2 = medio; 3 = alto. No se automatizan decisiones de alto impacto sin revisión humana significativa.

Anexo D. Plantilla para diseñar un flujo automatizado

Nombre del flujo: _____

Responsable: _____

Objetivo: _____

Versión/fecha: _____

D-1. Diseño del flujo.

aso	P	Evento	o	Acción	Excepción	Revisión	Regist
		condición		automática		humana	ro
1							
2							
3							
4							
5							

Prueba realizada: ☐ Sí ☐ No Resultado: _____ Criterio de suspensión: _____

Indicador de eficacia: _____

Fecha de revisión: _____

Anexo E. Formato para elaborar el perfil de aprendizaje del estudiante

Código del estudiante: _____ Curso: _____ Fecha: _____

Finalidad _____ y _____ acceso _____ autorizado: _____

E-1. Perfil dinámico de aprendizaje.

Dimensión	Evidencia disponible	Declaración del estudiante	Apoyo u opción	Fecha de revisión
Conocimientos previos				
Metas e intereses				
Ritmo y disponibilidad				
Preferencias de formato				
Accesibilidad y apoyos				
Estrategias de estudio				
Solicitud de ayuda				
Progreso reciente				

El perfil describe condiciones actuales y no debe utilizarse como etiqueta permanente.

Consentimiento o información proporcionada: ☐ Sí ☐ No ☐ No aplica.

Anexo F. Plantilla para diseñar una ruta personalizada de aprendizaje

Objetivo de aprendizaje:

Nivel inicial y evidencia:

F-1. Ruta personalizada.

Etapa	Actividad/recurso	Criterio de avance	Alternativa accesible	Retroalimentación	Decisión del estudiante
Diagnóstico					
Fundamento					
Práctica guiada					
Práctica autónoma					
Transferencia					
Profundización/recuperación					

Anexo G. Matriz para seleccionar algoritmos de inteligencia artificial

G-1. Selección de familia algorítmica.

Pregunta	Salida esperada	Familia posible	Método	Explicación	Riesgo	Decisión
¿A qué categoría pertenece?	Clase/probabilidad	Clasificación	Clasificación			
¿Qué valor se estima?	Valor continuo	Regresión	Regresión			
¿Qué patrones existen?	Grupos	Agrupamiento	Agrupamiento			
¿Qué recurso conviene?	Lista ordenada	Recomendación	Recomendación			
¿Qué expresa el texto?	Etiqueta/resumen	PLN	PLN			
¿Qué acción secuencial?	Política	Refuerzo	Refuerzo			

Modelo de referencia o línea base: _____ Justificación de complejidad:

Anexo H. Registro de variables educativas

H-1. Diccionario de variables.

e	Variabl	Definición	nte	Fue	unidad	Tipo/ odo	Peri sentes	Au	mación	Transfor	nsable	Respo

Variablesexcluidasy motivo:

Revisiónde representatividad:

Anexo I. Lista de comprobación para evaluar un modelo de IA

I-1. Lista de comprobación del modelo.

Criterio	Estado	Evidencia/acción
☐ Problema, población, resultado y horizonte definidos	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Datos pertinentes, suficientes y representativos	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Separación correcta de entrenamiento, validación y prueba	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Comparación con una línea base	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Métricas coherentes con la decisión	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Errores y umbrales analizados	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Resultados desagregados por grupos relevantes	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Explicación comprensible para usuarios	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Prueba de utilidad pedagógica	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Supervisión humana y canal de impugnación	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Privacidad, seguridad y conservación revisadas	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____
☐ Monitoreo de deriva e incidentes establecido	Parcial	Sí / No / Observaciones: _____

Anexo J. Matriz para identificar y controlar sesgos algorítmicos

J-1. Registro de sesgos y controles.

Etapa	Fuente de sesgo	Grupo de afectados	Evidencia	Impacto	Control	Resultado	Resumen
Definición del problema							
Muestreo							
Medición							
Etiquetado							
Modelado							
Umbral/decisión							
Interacción humana							
Monitoreo							
Criterio	de	equidad	adoptado	y	justificación:		

Anexo K. Panel básico de indicadores de aprendizaje autónomo

Estudiante/Grupo: _____ Periodo: _____ Fecha de actualización: _____

K-1. Panel de seguimiento.

Indicador	Definición/fórmula	Resultado	Referencia	Tendencia	Interpretación	Acción
Regularidad	Regular					
Cumplimiento	Cumplimiento					
Anticipación	Anticipación					
Solicitud de ayuda	Solicitud de ayuda					
Autoevaluación	Autoevaluación					
Persistencia	Persistencia					
Logro	Logro					

La referencia orienta la conversación; no constituye una calificación ni una etiqueta de riesgo.

Anexo L. Registro de alertas e intervenciones educativas

L-1. Trazabilidad de alertas.

Fecha	Alerta/razón	Confianza	Comisión	Verificación	Intervención acordada	Respuesta	Resultado/revisión

¿La alerta fue incorrecta o inoportuna? _____ Corrección aplicada al sistema:

Anexo M. Lista de comprobación de privacidad y protección de datos

M-1. Control de privacidad y seguridad.

Criterio	Estado	Evidencia/acción
☐ Finalidad específica y documentada	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Base legítima o consentimiento cuando corresponda	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Información clara para las personas	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Datos estrictamente necesarios	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Permisos asignados por rol y necesidad	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Proveedor y transferencias revisados	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Cifrado, respaldo y registro de accesos	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Plazo de conservación definido	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Eliminación o anonimización verificable	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Derechos y canal de reclamación disponibles	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Plan de respuesta a incidentes probado	Sí / No / Parcial	Observaciones:
☐ Revisión periódica y responsable asignado	Sí / No / Parcial	Observaciones:

Anexo N. Instrumento para evaluar la automatización y personalización del LMS

Escala: 1 = no cumple; 2 = cumplimiento bajo; 3 = medio; 4 = alto; 5 = cumplimiento consolidado.

N-1. Evaluación integrada.

Dimensión	Indicador	-5	1	Evidencia	Acción de mejora
Eficiencia	Reducción de carga sin desplazarla al usuario				
Precisión	Acciones y recomendaciones correctas				
Oportunidad	Respuesta en el momento útil				
Pertinencia	Alineación con necesidad y objetivo				
Aprendizaje	Mejora demostrable frente a línea base				
Autonomía	Mayor capacidad de planificar y decidir				
Equidad	Beneficios y errores sin brechas injustificadas				
Accesibilidad	Uso por personas y dispositivos diversos				
Transparencia	Finalidad y lógica general comprensibles				
Privacidad	Minimización, control y conservación				
Supervisión	Revisión, excepción e impugnación disponibles				
Satisfacción	Utilidad y confianza de usuarios				

Puntuación y decisión: _____ ☐ Mantener ☐ Ajustar ☐ Suspender ☐ Retirar Fecha de
revisión: _____

Anexo O. Plantilla del plan de mejora continua

Problema

priorizado:

Línea base: _____ Meta: _____ Periodo: _____

O-1. Plan de mejora.

Objetivo	Acción	Resp. ursos	Rec	Indicador	azo	Pl l	Contro	stado	E

O-2. Seguimiento del plan.

Fecha o	Resultad	Evidencia sa	Desviación/cau	Decisión	Próxima revisión

Cierre del ciclo: ☐ Consolidar ☐ Ampliar ☐ Modificar ☐ Retirar

Aprendizajes

institucionales: