

# INNOVACIÓN DISRUPTIVA PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Implementación en América Latina



**Editoras:**

Emma Barrios Ipenza · Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo  
Manuela Kadar · Elsa Marcelino-Jesús

**Innovación disruptiva para la educación superior.**  
Implementación en América Latina

# **INNOVACIÓN DISRUPTIVA**

## PARA LA

# **EDUCACIÓN SUPERIOR**

Implementación en América Latina

Editoras

- Emma Barrios Ipenza • Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo
- Manuella Kadar • Elsa Marcelino-Jesús

**BARRIOS IPENZA, Emma**

*Innovación disruptiva para la educación superior. Implementación en América Latina*  
/ Emma Barrios Ipenza, Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo, Manuella Kadar, Elsa Marcelino-Jesús (editoras). 1.ª ed. Huancayo: Universidad Continental. Fondo Editorial, 2019.

ISBN impreso: 978-612-4443-07-7

ISBN electrónico: 978-612-4443-08-4

1. Educación superior 2. América Latina 3. Estudios de caso  
378.8 (SCDD)

Datos de catalogación Universidad Continental

Es una publicación de Universidad Continental

*Innovación disruptiva para la educación superior. Implementación en América Latina*  
Emma Barrios Ipenza, Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo,  
Manuella Kadar, Elsa Marcelino-Jesús (editoras)

Primera edición versión e-book

Huancayo, diciembre de 2019

Texto completo disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/>

© De los autores

© Universidad Continental SAC

Av. San Carlos 1980, Huancayo, Perú

Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7863

Correo electrónico: [fondoeditorial@continental.edu.pe](mailto:fondoeditorial@continental.edu.pe)

[www.universidad.continental.edu.pe](http://www.universidad.continental.edu.pe)

ISBN 978-612-4443-07-7

ISBN electrónico: 978-612-4443-08-4

DOI: <http://dx.doi.org/10.18259/978-612-4443-08-4>

Corrección de textos: Denis Arias Chávez

Diseño de cubierta: Luiggi Menendez Sánchez

Diagramación: Edson Quilca Romero, Lorena Díaz López

Cuidado de edición: Jullisa del Pilar Falla Aguirre

El contenido de esta obra es responsabilidad exclusiva de los autores. No refleja necesariamente la opinión de la Universidad Continental.



*Innovación disruptiva para la educación superior. Implementación en América Latina* se publica bajo la licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú. Compartir bajo la misma licencia. Se autoriza su reproducción, siempre que se cite la fuente y sin ánimo de lucro.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión Europea por su apoyo y financiamiento parcial, así como a los miembros del Consorcio del Proyecto de Investigación Acacia (561754-EPP-1-2015-1-CO-EPKA2-CBHE-JP) del programa Erasmus+, en su llamada: Higher Education – International Capacity Building. <http://acacia.digital>.

Esta publicación es el resultado del proyecto ACACIA (561754-EPP-1-2015-1-CO-EPPKA2-CBHE-JP), cofinanciado por el programa Erasmus+ ACACIA: Centros de Cooperación para el Fomento, Fortalecimiento y Transferencia de Buenas Prácticas que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen a la comunidad universitaria. El contenido de la obra es responsabilidad exclusiva de los autores. No refleja necesariamente la opinión de la Universidad Continental.

# Índice

<b>Introducción</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 1. Problemática de la educación superior en América Latina: La deserción estudiantil</b>	<b>21</b>
1. Redefiniendo el concepto de calidad	24
1.1. La inclusión como nuevo componente de calidad	25
1.2. Los nuevos temas que aparecen en la educación superior	27
2. El fenómeno de la deserción	28
3. Casos de países participantes en el proyecto Acacia	30
3.1. Caso Colombia	31
3.2. Caso Chile	31
3.3. Caso Nicaragua	37
3.4. Caso Perú	37
3.5. Caso Brasil	40
4. Conclusiones sobre la deserción estudiantil universitaria	42
5. Causas de la deserción según el estado del arte sobre el fenómeno de la deserción de Acacia	43
<b>Capítulo 2. El proyecto Acacia</b>	<b>51</b>
1. Cooperación frente a la deserción	57
2. El Centro Acacia o Cadep Acacia	62
3. La estrategia Acacia	66

4. Los módulos de los Cadep Acacia	68
4.1. Módulo Empodera	70
4.2. Módulo Innova	73
4.3. Módulo Cultiva	74
4.4. Módulo Apoya	78
4.5. Módulo Convoca	80
5. Articulación de los módulos	82
<b>Capítulo 3. Estados fisiológicos y emocionales para analizar el comportamiento de los estudiantes</b>	<b>83</b>
1. Estados emocionales	87
2. Enfoques de detección de emociones	90
3. Aula inteligente	94
<b>Capítulo 4. Frameworks tecnológicos para apoyar la diversidad en la educación</b>	<b>97</b>
1. Framework SETT: Estudiante - Medio Ambiente - Tarea - Herramientas	100
2. Framework Conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK)	102
3. Framework del conocimiento tecnopedagógico de contenido inteligente (i-TPACK)	103
4. Framework para unir el estado afectivo del estudiante con el fin de mejorar su rendimiento académico	105
4.1. El reconocimiento de emociones	105
4.2. BROMP	106
4.3. Emoción Markup Language	106
4.4. Registro visual	106
4.5. Reconocimiento facial	106
4.6. Las tecnologías existentes	107
4.7. Escenario de aplicación y arquitectura	107

4.8. El <i>framework</i>	110
4.9. La ontología	111
5. Mejora de la atención del estudiante apoyada por mediciones fisiológicas	112
5.1. Sistemas inteligentes y e-Learning	114
5.2. Música de fondo	116
5.3. Estado emocional y detección de atención usando electrocardiograma	116
5.4. Experimento	118
5.5. Los resultados de los experimentos	120
5.6. Conclusiones y trabajo futuro	123

**Capítulo 5. Nuevos enfoques en la promoción de la transferencia de conocimiento** **125**

1. Soluciones innovadoras y analítica Acacia	125
1.1. Introducción	126
1.2. Relación de sistemas resilientes	127
1.3. Metodología para la detección de la atención	128
1.4. Experimento	134
1.5. Resultados	136
1.6. Conclusiones y trabajo futuro	136
2. Soluciones afectivas para prevenir / reducir el abandono en la educación superior a través de un centro de cooperación	137
2.1. Prototipo prueba de concepto	139
2.2. Extensiones de experiencia sensorial en entornos de aprendizaje	140
2.3. Arquitectura de inteligencia ambiental	142
2.4. El <i>framework</i> propuesto	150
2.5. Uso de expresiones faciales para ayudar a evaluar el proceso de aprendizaje	157
3. Artemisa: una chatbot contra el acoso sexual en la universidad	170

4. Metodología para promover la transferencia de conocimientos	174
4.1. El E2M metodología de diseño en el proyecto Acacia	175
4.2. Los pasos de la metodología E2M	176
4.3. La aplicación de la herramienta E2M	182
4.4. Conclusiones	184
<b>Capítulo 6. Estudios de caso</b>	<b>187</b>
1. Estudio de caso de un soporte multisensorial en AutoCAD para usuarios con discapacidad	187
1.1. Estado de la técnica y requisitos	189
1.2. Metodología	191
1.3. Implementación	192
1.4. Sistema de perfil mejorado para AutoCAD	198
1.5. Opciones de programación para diferentes usuarios	199
1.6. Conclusión	200
2. Estudio de caso. Hacia un entorno digital para la promoción del aprendizaje accesible en la educación superior en la Amazonía	201
2.1. Motivaciones y fundamento	203
2.2. UFOPA y el contexto brasileño	205
2.3. El escenario de Acacia en UFOPA	207
2.4. Discusión, conclusiones y retos futuros	210
3. Estudio de caso de simulación multiagente de universidades como un ecosistema de innovación basado en flujos de conocimiento	211
3.1. Introducción	212
3.2. El modelo Acacia	212
3.3. Los ecosistemas de innovación	213
3.4. Un modelo de ecosistema de innovación basada en flujos de conocimiento	215
3.5. Modelización de la universidad como un ecosistema de innovación	222
3.6. Modelado basado en agentes de sistemas adaptativos complejos	223

3.7. Instanciación del modelo	225
3.8. Discusión	231
<b>Capítulo 7. Cuestiones éticas en sistemas de investigación colaborativos</b>	<b>233</b>
1. Preliminares	233
2. Ética	234
2.1. Los códigos éticos internacionales y la práctica profesional	234
2.2. Privacidad en las TIC	238
3. Bioética	239
4. Neuroética	240
5. Ética en el escenario de aplicación Acacia	241
5.1. Las cuestiones éticas se manejan en el escenario	245
5.2. Resolución de ética de escenarios de aplicaciones tecnológicas en el proyecto ACACIA	245
6. Consideraciones finales	252
<b>Capítulo 8. Impacto ético del modelo de Centros Acacia en el desarrollo de inteligencias artificiales y de software en general</b>	<b>255</b>
1. Empatía humana y sesgos en inteligencias artificiales	255
2. Educación superior sensible y responsable para revertir la situación	259
3. Directrices éticas para una inteligencia artificial confiable	263
4. Factores clave para una sana inteligencia artificial	265
<b>A modo de conclusión y visión de futuro</b>	<b>269</b>
<b>Anexo A: Diagrama del modelo de ontología</b>	<b>274</b>
<b>Referencias</b>	<b>276</b>
<b>De las editoras y los autores</b>	<b>311</b>

## Índice de tablas

### Capítulo 1

Tabla 1.1. Deserción y reingreso a educación superior por tipo de institución (Cohorte 2008)	33
Tabla 1.2. Evolución de retención de primer año por tipo de institución	33
Tabla 1.3. Evolución de retención de primer año por tipo de carrera	33
Tabla 1.4. Evolución de la retención 1° año por tipo de dependencia del establecimiento de origen	35
Tabla 1.5. Resumen de indicadores de docencia 2011-2015	36
Tabla 1.6. Retención académica de grado, año 2015	36
Tabla 1.7. Indicadores de acceso y culminación de educación superior en el Perú al 2015 (extraído de Escala-Minedu)	38
Tabla 1.8. Indicadores de riesgo desde la perspectiva Cultiva por dimensiones	49

### Capítulo 2

Tabla 2.1. Universidades socias del proyecto	52
--	----

### Capítulo 3

Tabla 4.1. Curso de Formación 1 sin música para P1	121
Tabla 4.2. Curso de Capacitación 2 con música para P1	121

### Capítulo 5

Tabla 5.1. Características de dominio de tiempo	133
Tabla 5.2. Características de frecuencia de dominio	133
Tabla 5.3. Medición de emociones	141
Tabla 5.4. Funcionalidades de CADAP	164

## Índice de figuras

### Capítulo 1

Figura 1.1. Número de estudiantes matriculados en educación superior (CINE 5A, 5B y 6) por cada 100,000 habitantes 2000-2013 (25 países incluidos)	22
Figura 1.2. Estado del arte de los determinantes de la deserción estudiantil	39
Figura 1.3. Síntesis de deserción en el sector privado en Brasil	40
Figura 1.4. Síntesis de la deserción universitaria en Brasil	42

### Capítulo 2

Figura 2.1. Representación metafórica de los Módulos de un centro Acacia como engranajes que son flores del jarrón CADEP Acacia	63
Figura 2.2. Estructura de funcionamiento de un Cadep	63
Figura 2.3. <i>Framework</i> de Servicios de un Cadep	65
Figura 2.4. Funciones de la capa de integración	66
Figura 2.5. Resultados esperados de ACACIA y el <i>framework</i> técnico WAI	72
Figura 2.6. Arquitectura Técnica Empodera (ver preliminar)	72
Figura 2.8. Estructura del Cadep-Acacia	80

### Capítulo 3

Figura 3.1. Modelo de rueda de emociones de Plutchik	89
Figura 3.2. La excitación y valencia en el Modelo Circunflejo de la Afección	89
Figura 3.3. Flujo y evaluación de los recursos emocionales de estado	95

### Capítulo 4

Figura 4.1. Technology, Pedagogy and Content Knowledge (TPACK)	102
Figura 4.2. Arquitectura de i-TPACK	104
Figura 4.3. Escenario para la evaluación emocional de los estudiantes en cuatro casos de estudio	109
Figura 4.4. Diagrama del <i>framework</i>	110
Figura 4.5. Detalle de la ontología de clases primarias	113

<b>Figura 4.6.</b> Muestra del grupo	119
<b>Figura 4.7.</b> A la izquierda: Promedio de relación LF/HF para el Curso 1 sin música presentada de forma automática e interactiva; a la derecha: Promedio de LF/HF para el Curso 2 con música, presentada también en ambos sentidos	121
<b>Figura 4.8.</b> A la izquierda: Promedio LF (ms2) y HF (ms2) para el Curso 1 sin música; a la derecha: Promedio LF (ms2) y HF (ms2) para el Curso 2 con música	122
<b>Figura 4.9.</b> A la izquierda: LF promedio (ms2) y HF promedio (ms2), para los cursos presentados en forma automática; a la derecha: Promedio HF (ms2) y promedio LF (ms2) para cursos presentados en forma interactiva	123
 <b>Capítulo 5</b>	
<b>Figura 5.1.</b> Metodología para la variabilidad del ritmo cardíaco (HRV)	131
<b>Figura 5.2.</b> Diseño experimental	135
<b>Figura 5.3.</b> Parámetros del jugador 1 LF y HF durante las tareas de juego y descanso	135
<b>Figura 5.4.</b> Parámetros LF y HF del jugador 2 durante juegos y tareas de descanso	136
<b>Figura 5.5.</b> Marco propuesto	150
<b>Figura 5.6.</b> Modelo STL de una maqueta 3D visualizada con vista previa	153
<b>Figura 5.7.</b> Sistema de posicionamiento de los LMS	154
<b>Figura 5.8.</b> Instalación con LMC en la geometría superior y 3D impreso	155
<b>Figura 5.9.</b> Diagrama del marco	159
<b>Figura 5.10.</b> Detalle de la ontología clases primarias	161
<b>Figura 5.11.</b> Flujo de trabajo de CADAP	163
<b>Figura 5.13.</b> Las emociones de los estudiantes. Variación gráfica	165
<b>Figura 5.14.</b> Extracto de los datos recogidos por CADAP	166
<b>Figura 5.15.</b> Clase de química en la PUC - Valparaíso Chile	167
<b>Figura 5.16.</b> Experimento de la herramienta - SENAI - Jaraguá do Sul - Brasil	168
<b>Figura 5.17.</b> Herramienta de formación. Profesores de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Bogotá - Colombia	168
<b>Figura 5.18.</b> Herramienta de formación. Profesores de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima - Perú	168
<b>Figura 5.19.</b> Inicio de conversación con Artemisa y las tres primeras opciones que ofrece	171
<b>Figura 5.20.</b> Opciones al solicitar hacerse voluntario	172

Figura 5.21. Cuatro opciones al solicitar más información	173
---	-----

## Capítulo 6

Figura 6.1. Configuración del ratón de la cámara	193
Figura 6.2. Cámara, ratón, velocidad del cursor	193
Figura 6.5. Construcción de un cuadro de diálogo para comandos seleccionados	195
Figura 6.6. Cuadro de diálogo en el entorno AutoCAD	195
Figura 6.7. Código para la ejecución de comandos	197
Figura 6.8. Barra del Dragon Naturally Speaking	197
Figura 6.9. Diferentes perfiles para diferentes necesidades de los usuarios	200
Figura 6.10. Visión general del Repositorio de Conocimiento de Artefactos de Aprendizaje para los indios	208
Figura 6.11. Ecosistema de innovación basado en flujos de conocimiento	215
Figura 6.12. Un agente y su entorno	223
Figura 6.13. Ejemplos de diseño para la interfaz del modelo	227

## Capítulo 7

Figura 7.1. Arquitectura del escenario	244
Figura 7.2. Promedios LF (ms <sup>2</sup> ) y HF (ms <sup>2</sup> ) para un curso sin música	245
Figura 7.3. Arquitectura EEG	247

## Capítulo 8

Figura 8.1. Resultados de la búsqueda de los términos « <i>woman</i> » y «mujer» en el buscador Google el 18 de abril de 2019	257
Figura 8.2. Personas para la formación en accesibilidad	261
Figura 8.3. Personas que representan cada uno de los problemas tratados en las Guías de Apoya	261

# Introducción

Es quizá la percepción de cada generación de educadores que en su tiempo se viven los cambios que darán forma a la educación del futuro; sin embargo, estando en estas primeras décadas del siglo XXI, es inevitable tener esa sensación al ser testigos de la expansión de la educación superior, especialmente en América Latina, de las revoluciones tecnológicas en la educación, así como de los fenómenos de la llamada cuarta revolución industrial.

En la educación del siglo XXI vemos cómo el uso de tecnología para la educación en alguna medida es ubicuo e ineludible al plantearnos cualquier proyecto educativo, que los paradigmas tradicionales de estudiante-docente vienen siendo relegados por modelos más horizontales e interactivos. Se puede observar también que la educación misma, en conjunto con las carreras y trabajos del futuro, cambian tan rápido que generan espacios educacionales no tradicionales e informales a un ritmo difícil de mantener para la educación formal.

El presente libro es fruto del proyecto Acacia (cuyo nombre deriva de las palabras Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen), cofinanciado por el programa Erasmus+ de la Unión Europea, el cual nace de la preocupación por empoderar y proveer de recursos a las instituciones educativas para enfrentar la problemática de la deserción universitaria, la cual afecta todos los esfuerzos de los países por incrementar el acceso a la educación y refleja la capacidad de nuestras instituciones de apoyar a nuestros estudiantes y proveer de las condiciones necesarias para el éxito estudiantil.

Se presenta en primer lugar la problemática de la educación superior en América Latina, seguido por una ilustración del proyecto Acacia, su enfoque y estructura multidimensional para lidiar con estos retos a todo nivel de una

organización educativa. Los siguientes capítulos están plenamente dedicados a las innovaciones tecnológicas desarrolladas en el proyecto, así como estudios de caso de su uso. Estas son tecnologías para el reconocimiento automático del estado emocional del estudiante con el objetivo de mejorar el rendimiento y aumentar la retención estudiantil, así como marcos de referencia para apoyar la diversidad y promover la transferencia de conocimiento. Finalmente, se discute la dimensión ética de estas tecnologías, su uso e impacto.

Es el deseo de este equipo multidisciplinario que conforma el proyecto y que ha desarrollado estas iniciativas en estos últimos años pueda ser aprovechado por profesionales de cualquier rama en la educación superior y que puedan usar nuestros esfuerzos y recursos para seguir innovando en una educación para el futuro.

# Capítulo 1

## Problemática de la educación superior en América Latina: La deserción estudiantil

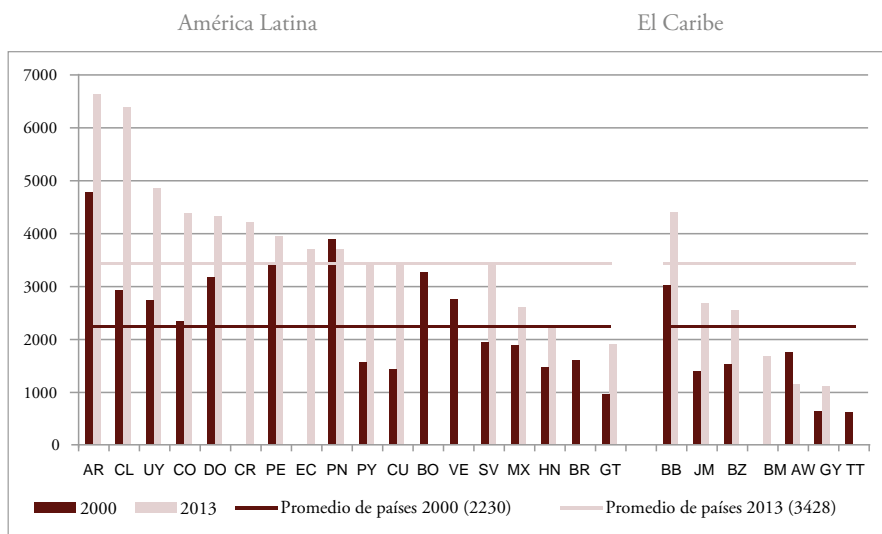
*Emma Barrios Ipenza  
Miguel Ángel Córdova Solís*

Según el *Reporte Regional de Revisión de la Educación para Todos al 2015*, elaborado por la OREALC-Unesco (Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (Unesco, 2014), el acceso a la educación terciaria o superior creció en la década pasada a un ritmo comparativamente fuerte, ya que pasó en promedio de 2230 estudiantes por cada 100 mil habitantes en el año 2000 a 3428 en el año 2013, lo que representa un incremento en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe (AlyC); si bien el avance es muy heterogéneo, es cierto que «en varios países comienza a abandonar su tradicional carácter socialmente restringido» (Unesco, 2014, p. 21), aunque aún muy distante de los países más desarrollados, donde el acceso a la educación superior es mayor al 64 % de la población.

Igualmente, entre los desafíos para el Post-2015, el documento es muy enfático al señalar que, a pesar del avance, nuestros países presentan un «rezago

notorio», dado que, según estimaciones de la Cepal, la matrícula terciaria estaba en torno al tercio de la cohorte 18-24 años, la misma que en los países desarrollados corresponde al doble (Unesco, 2014, p. 85).

**Figura 1.1. Número de estudiantes matriculados en educación superior (CINE 5A, 5B y 6) por cada 100,000 habitantes 2000-2013 (25 países incluidos)**



Fuente: Base de datos Unesco-UIS, febrero 2015.

Analizando los factores que han contribuido a este crecimiento, se afirma que se han desarrollado cambios profundos en el modelo histórico de la universidad, dado que el siglo pasado la educación superior creció de la mano del Estado, la Iglesia Católica y algunas iniciativas filantrópicas. En estos años se evidencian una gran variedad de financiamiento y la iniciativa privada, lo cual genera un cambio sustantivo en un modelo que fue factor de movilidad selectiva, básicamente para los sectores medios, altamente excluyente por su carácter elitista (salvo excepciones como Argentina o México).

De otro lado, la Educación Intercultural Bilingüe (EIB) ha tenido una mejora sustancial, aunque aún insuficiente, planteándose el desafío de la «Interculturización» de la educación superior sobre la base de la sistematización de conocimientos ancestrales y formación profesional, así como la formación docente continua frente a las emergentes demandas de la enseñanza de lenguas e interculturalidad.

El documento de discusión de políticas del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC) *Educación de calidad para todos, unos asuntos de derechos humanos*, del año 2017, se propone garantizar el derecho de las personas a aprender a lo largo de la vida, para lo cual se enfatiza en las políticas de inclusión, no importando la edad ni condición previa. El documento es muy enfático al señalar que el problema que enfrenta la región no es tanto el acceso como la permanencia en el sistema educativo.

Asociada al problema de permanencia está la repitencia, la misma que no mejora los aprendizajes, sino más bien contribuye a la deserción. Un giro importante en estos análisis es que deja de concebirse el problema sobre causas particulares de los estudiantes, para tomar en cuenta también las características del sistema, que no responde a las exigencias de un modelo de universidad de élite a la cual las mayorías no tendrían acceso, sino más bien se orienta a un enfoque educativo en el cual los aprendices son diferentes, por lo que requieren respuestas y modos de atención diversos, enfatizando que tanto la deserción como la repitencia son «la consecuencia de no atender debidamente las necesidades individuales de aprendizaje, que terminan convirtiéndose en dificultades a causa de una enseñanza inadecuada» (Unesco, 2014, p. 95). Si este diagnóstico es aplicable a la educación básica, con mayor razón a la educación superior, de tal manera que se reconoce que a pesar de muchas políticas, documentos y conferencias que se han propuesto para superar este problema, es evidente que «los esfuerzos preventivos y remediales desplegados han resultado insuficientes para reducir significativamente la magnitud del problema».

La educación superior también se encuentra entre los *Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030* (Cepal, 2018), que se proponen las Naciones Unidas, acogiendo desde la Cepal como una «oportunidad para América Latina y el Caribe», reconociendo su prioridad como meta global (número 4), «Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos» o, como la explican en otros documentos del sector educación, promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, enfatizando en el valor del aprendizaje de jóvenes y adultos a lo largo de la vida, según los planteamientos de que para 2030 poseerán los conocimientos y las competencias necesarios para tener un trabajo y una vida dignos gracias a la enseñanza y la formación técnica y profesional, lo que comprende el segundo ciclo de secundaria y la educación superior; etapas en

que se prestará especial atención a la igualdad de género y a los más marginados. Con mayor precisión el ítem 4.3 para 2030, plantea «asegurar el acceso en condiciones de igualdad para todos los hombres y las mujeres a formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria». Para conseguirlo, propone aumentar para la educación superior el porcentaje de becas a nivel mundial:

...se expandirá el número de becas para países en desarrollo, en particular los menos desarrollados y los pequeños estados insulares, para aumentar la matrícula en programas de educación superior, incluyendo la educación vocacional, de tecnologías de la comunicación y la información TIC, de tecnología, ingeniería y ciencias.

Como meta se propone, de aquí al 2030, eliminar las disparidades de género en la educación y asegurar el acceso igualitario a todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional para las personas vulnerables, incluidas las que tienen discapacidad, los pueblos indígenas y los niños en situación de vulnerabilidad.

Es por ello que entre las recomendaciones de la *Agenda Educativa post-2015*, planteadas por los ministros de estado de América Latina y el Caribe en 2013, promovida por la Unesco, en su artículo 16 plantea «consolidar la expansión de la educación terciaria y superior con programas de calidad y de fortalecimiento de las instituciones de manera que acompaña en la producción científica y tecnológica directamente ligada al desarrollo local y nacional».

De otro lado, entre los temas emergentes, el mencionado documento recomienda también «avanzar en la expansión de las TIC en la enseñanza, en el aprendizaje y en la gestión educativa, para mejorar los logros de aprendizaje, reducir la brecha digital y facilitar la inserción laboral de los jóvenes» (Cepal, 2018, p. 2).

## 1. Redefiniendo el concepto de calidad

La meta de desarrollo propuesta de garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad (Unesco, 2016) plantea la exigencia de un enfoque diferente en la posición de la inclusión y equidad, interpretada por algunos como una disyuntiva respecto al incremento del acceso a la educación superior y la calidad, manifestada en términos peyorativos como «masificación de la edu-

cación», que se había estado configurando en América Latina en estos años de tránsito y ampliación del acceso a la educación superior, particularmente universitaria.

### 1.1. La inclusión como nuevo componente de calidad

La revista *Educación Superior y Sociedad* (ESS) (IESALC, 2017), dedicada al Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior en América Latina y el Caribe, cita a Vicente López Portillo, director general del Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAEs) de México, quien redefine la calidad de la educación superior en términos de pertinencia, idoneidad, eficacia, eficiencia, equidad e inclusión y su potencial de trascendencia, es decir, de permanecer en el tiempo y contribuir al desarrollo de las personas (López, 2017). Indica, además, que:

El atributo de la equidad e inclusión de un programa educativo trata de las políticas, normas y condiciones que promueven flexibilidad, diversidad de opciones y modalidades, y compensación de desventajas, entre otras [...]. Es con referencias como estas que el concepto de calidad educativa puede concretizarse, y a partir de ello convertirse en elemento estratégico de políticas públicas específicas. (López, 2017, p. 70)

Bajo estas consideraciones, nos presenta la estrategia mexicana para mejorar la calidad, para conseguir mayor equidad y «la más amplia y comprensiva inclusión social, considerando la gran complejidad y diversidad de la sociedad mexicana» (López, 2017, p. 71). Dicho documento de política sostiene de manera muy clara que plantearse equidad conlleva plantearse prácticas y normas que favorezcan la flexibilidad de la oferta educativa, así como la ampliación y consolidación de modalidades de estudio, alternativas que son bastante frecuentes en los documentos de política de nuestros países, pero que en el caso mexicano va más allá, planteando medidas de «la atenuación y compensación de las desventajas», y reforzando el principio de equidad exigiendo «tratar a los desiguales considerando sus diferencias, para asegurar igualdad de oportunidades» (López, 2017, p. 71).

En cualquier caso, lo cierto es que la ampliación del acceso a la educación superior significa afrontar las condiciones que restringen a los sectores de

menores ingresos socioeconómicos o poblaciones vulnerables y marginadas. Si bien pocos países han profundizado en el análisis de las causas de la exclusión reflejadas en el acceso —pero también en la alta repitencia y deserción estudiantil—, el caso podría inspirar estudios regionales por el nivel de detalles y variables que incluye en sus análisis. En la misma *Revista ESS* (IESALC, 2017), el trabajo sobre Chile explica que, a pesar del incremento de la matrícula, la educación superior aún mantiene el reto de llegar a todos los sectores socioeconómicos, describiendo textualmente que:

[...] el crecimiento de matrícula y cobertura en los tres quintiles de menores ingresos ha sido mayor que el crecimiento de los otros dos quintiles; y así la tasa neta de cobertura alcanzó un 27,4 % en el quintil de menores ingresos y un 35,5 % en el quintil intermedio. Estos datos reflejan que aún existen brechas significativas con el quintil de mayores ingresos (57,5 %), pero también un alza significativa y el acortamiento de dicha brecha respecto al año 2000 cuando el quintil de menores ingresos mostraba un 7 % de cobertura y el intermedio un 22,2% (IESALC, 2017).

Entre las estrategias que se desplegaron para ampliar el acceso a la educación superior se encuentra la diversificación de modalidades de estudios; es así que, en el caso chileno, la denominada jornada vespertina, así como otras jornadas o modalidades distintas de la diurna, han contribuido al acceso de los sectores intermedios y bajos de la población, contribuyendo a las metas de equidad de los países. Así, por ejemplo, la jornada vespertina es la que ostenta un crecimiento superior al del sistema, pasando de una participación relativa del 21 % a un 27 %, en 2007 y 2015, respectivamente. La matrícula de este tipo de programas se ha duplicado en el período. Por otra parte, las otras jornadas o modalidades, aunque siguen siendo en 2015 un 2,4 % de la matrícula de pregrado, han crecido en forma acelerada entre 2007 y 2015 (285 % entre 2007 y 2011, y 106 % entre 2011 y 2015).

Por ello podemos afirmar que en la región, el aumento de la cobertura de la educación superior está marcado por el acceso de la población de los quintiles de menores ingreso, el que si bien dista mucho aún de la cobertura alcanzada por los niveles socioeconómicos más altos, es cierto que empieza a darse un cambio sustantivo de acceso de los sectores socioeconómicos más bajos a la educación superior, y con ello la opción de la equidad que se han propuesto nuestros países de cara a alcanzar las metas de la agenda de 2030. En tal senti-

do se puede afirmar que el crecimiento de formas educacionales y modalidades distintas de la tradicional de tiempo completo está relacionado con el mayor acceso de los estudiantes de menores ingresos a la educación superior, así como los programas educativos vespertinos para adultos o para personas que trabajan o los llamados «segunda oportunidad», que finalmente no son más que oportunidades de formación a lo largo de la vida.

Todos los países aspiran a la equidad, que ha ido en aumento, pero es frecuente la preocupación por la ampliación de la cobertura ligada a un determinado nivel de calidad; no obstante, no es posible entender la calidad sin el componente de pertinencia, entendida como la capacidad de responder a las necesidades de los estudiantes y el entorno, de tal manera que sin equidad y pertinencia no hay calidad, por lo que los sistemas de aseguramiento de la calidad deben responder a la diversificación de modalidades educativas, pues, en todo caso, el valor de los sistemas de aseguramiento de la calidad radica en que son un medio y no un fin.

Resulta curioso que el otro país que establece una nota diferente en su planteamiento de aseguramiento de la calidad es Cuba, que incorpora la perspectiva de los estudiantes en su comprensión de la calidad, planteando un tema central de la exclusión o permanencia, una vez que los estudiantes han logrado ingresar a la educación. En tal sentido, el país propone valorar «la eficiencia por la que transitan por la vida universitaria», uno de cuyos elementos es la deserción, por lo que hace un llamado a que los programas académicos visibilicen más las causas y soluciones de la deserción, así como su impacto en la retención estudiantil.

## 1.2. Los nuevos temas que aparecen en la educación superior

Estudios como el *Panorama de la Educación de 2017*, elaborado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2018) publicado por la misma OECD y el Banco Mundial, han incorporado nuevos elementos en el perfil de los estudiantes y las características de la educación superior universitaria. El primero es la presencia de la mujer: a diferencia de las tendencias anteriores, actualmente se evidencia el incremento en la matrícula de las mujeres en las diversas carreras; por ejemplo, en los países de la OCDE el 57 % de las mujeres concluye los estudios, pero este dato no solamente

es importante por la matrícula femenina, sino porque un análisis al finalizar los estudios, es decir, los estudios del índice de graduados, muestran que se gradúan más mujeres que hombres; y el análisis posterior, que tiene que ver con el empleo, parece que aún muestra la tendencia inversa, por la cual las mujeres consiguen menos trabajo que los varones y, obviamente, los ingresos económicos son menores, pero ese es otro asunto a tratar que no nos ocupará en este trabajo.

La segunda novedad en el estudio de las tendencias y perfiles de los estudiantes es su edad. Si bien no conocemos los estudios específicos en los países de América Latina, los informes del Banco Mundial nos indican que han aparecido nuevos estudiantes, una de cuyas principales características es la edad, y así con la creación de la flexibilidad de la oferta educativa permite acoger a personas que no son recientemente egresadas de la educación secundaria a la educación superior. Las opciones de los estudiantes de grado se han vuelto más diversas: a través de diversos programas de estudio los países están brindando acceso a personas que trabajan, con lo cual no solo responden a las nuevas condiciones laborales del conjunto de los miembros de la familia para completar la canasta familiar, sino que además permiten un acceso mucho más diverso a la educación superior.

Otra característica importante que surge en el perfil de los nuevos estudiantes es que muchos de ellos son el primer miembro de su familia que accede a la educación superior. El impacto de ser el primer miembro tiene muchas consecuencias; los datos muestran que la probabilidad de abandonar y no concluir la educación está más presente en aquellos estudiantes cuyo padre o madre no han accedido a la educación superior. Los estudiantes también muestran una cierta tendencia a tardar más en sus estudios y prolongarlos por más tiempo, lo cual muestra que no están dedicados a estudiar a tiempo completo. Es así que los datos del Banco Mundial muestran que los estudiantes empiezan tarde los estudios de educación terciaria e igualmente los terminan más tarde, y enfrentan también mayor riesgo de deserción.

## 2. El fenómeno de la deserción

Según la información más actualizada del proyecto Acacia sobre este tema, ya desde el año 2005 los informes de IESALC-Unesco evidenciaban que menos

del 20 % de los adultos mayores de 25 años alcanzaban a acceder a la Universidad y menos del 10 % había completado sus estudios universitarios. Si bien los países de América Latina han hecho esfuerzos significativos para mejorar sus índices de acceso a la educación superior e incluso considerarlo como un derecho igual que la educación básica, particularmente en países como Argentina, México y Brasil, el nuevo problema con el cual se enfrentan los países es el de la deserción de los estudios: haciendo un análisis de las cohortes de ingresantes en un determinado año, se observa que sólo ingresan a la Universidad un 43 %.

En conclusión, en aquella época se indicaba que la deserción sería del orden del 57 %. Esta forma de calcular el fenómeno nos llama la atención, fundamentalmente sobre la eficiencia del sistema entendida como el logro del objetivo en el tiempo previsto que dure la carrera; y no es incluir otras variables como la repitencia, es decir, las dificultades de aprobar y continuar a un ritmo constante la carrera Universitaria sin desaprobado o retirarse de los estudios en alguna etapa, situación que aún parece mantenerse. Textualmente, el informe indica como las causas de deserción las siguientes:

[...] el incremento de la matrícula, particularmente en los quintiles de menores ingresos que requieren de mayor apoyo debido a su deficiente preparación previa; la carencia de mecanismos adecuados de financiamiento del sistema, en especial para el otorgamiento de ayudas estudiantiles, créditos y becas; las políticas de administración académica (ingreso irrestricto, selectivo sin cupo fijo o selectivo con cupo); el desconocimiento de la profesión y de la metodología de las carreras; el ambiente educativo e institucional y la carencia de lazos afectivos con la universidad (IESALC, 2005).

Entre las causas de orden académico, se pueden considerar las siguientes:

La formación académica previa, los exámenes de ingreso, el nivel de aprendizaje adquirido, la excesiva orientación teórica y la escasa vinculación de los estudios con el mercado laboral, la falta de apoyo y orientación recibida por los profesores, la falta de información al elegir la carrera; la carencia de preparación para el aprendizaje y reflexión autónoma, los requisitos de los exámenes de grado en

la selección de la carrera; la excesiva duración de los estudios, la heterogeneidad del estudiantado y su insuficiente preparación (IESALC, 2005, p. 169).

Según los informes de la IESALC, en el año 2014 se mantuvo la misma tendencia, para cuya comprensión surgen nuevas perspectivas que dan nuevas luces para afrontarlas, como, por ejemplo, la necesidad de reconocer a los nuevos estudiantes, quienes se toman más años de estudios por ser personas cuya dedicación exclusiva no son los estudios, y por tanto se toman más años para culminar las carreras, en cuya situación claramente se mantiene latente el riesgo del abandono.

El dato que también permite comprender mejor el problema es que la deserción se produce en los primeros años de estudios, aspecto que brinda más luces para focalizar la intervención, la misma que claramente tiene que ver con la adaptación al sistema universitario, que tiene sus propias exigencias y requiere condiciones personales distintas a la educación básica.

El impacto de la deserción es tan importante en los sistemas educativos, que organizaciones como la OCDE están profundizando en su comprensión. En el último informe de indicadores educativos de abril de 2019 (OECD, 2019), respecto de los estudiantes de la educación terciaria, la principal conclusión de este estudio es enfática al afirmar que las inequidades de ingreso a la educación superior reflejan la inequidad acumulada en etapas anteriores, de manera que las diferencias en el nivel socioeconómico de los estudiantes se reflejan en el acceso y la permanencia en cada nivel educativo. Es así que los estudiantes cuyos padres no tuvieron acceso a la educación secundaria tienen mayor dificultad para acceder y enfrentan riesgo de no culminar la misma; igualmente respecto a la educación superior, los estudiantes que son los primeros de la familia que acceden a este hito educativo tienen mayor probabilidad de abandono.

### **3. Casos de países participantes en el proyecto Acacia**

Para ilustrar la problemática, tomaremos como casos la situación de los países de las universidades que participan en el consorcio Acacia Erasmus+, las cuales han sido consignados en el documento sobre el estado del arte (información actualizada) del fenómeno de la deserción (Acacia, 2016).

### 3.1. Caso Colombia

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia, ya desde el año 2015, tomando en consideración la problemática de la deserción, crea el Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior (SPADIES). Según este sistema, que mide la deserción por cohorte (deserción acumulada en cada semestre para un grupo de estudiantes que ingresan a primer curso en un mismo período académico y que se registra en el semestre décimo o último de nivel universidad), se evidenciaría que el 46,1 % de los estudiantes colombianos que ingresan en un período abandonan los estudios. Esta situación condujo al desarrollo de iniciativas como el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, orientado a generar modelos de gestión de la permanencia y graduación de las instituciones educativas destinadas a desarrollar programas de permanencia de estudiantes en riesgo, como el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) que plantea lineamientos para calidad educativa proponiendo elementos para evaluar la deserción estudiantil considerando que se trata de un fenómeno multisectorial que involucra al estudiante, su familia, su entorno y la sociedad, por lo que la intervención tendrá que suponer aspectos individuales académicos institucionales y socioeconómicos.

El análisis de la información permite comprender que el 67 % del total de la deserción universitaria se presenta en los tres primeros semestres de estudios, lo cual brinda pistas importantes de intervención. Otro aspecto relevante es la dirección por corte según el sexo, lo cual muestra que el 54,39 % de varones lo hace; los ingresos socioeconómicos de la familia del estudiante también parecen afectar, considerando que los estudiantes desertores provienen de familias con ingresos menores que dos salarios mínimos.

Desde la perspectiva del área de conocimiento, los programas de ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines son los más afectados (55,86 %), mientras que los programas de ciencias de la salud son los menos afectados (39,9 %). En todo caso, el documento *Visión Colombia II Centenario 2019* (Departamento de Planeación Nacional, 2005) plantea como meta disminuir la deserción universitaria al 25 % al 2019.

### 3.2. Caso Chile

Se propone enfrentar el desafío de aumentar la permanencia de los estudiantes, considerando que en Chile cerca del 30 % de los estudiantes no continúa lue-

go del primer año de estudios, cifra que aumenta al 43 % el segundo año, según el Servicio de Información de Educación Superior (SIES, 2019). A diferencia de otros países, introduce en su análisis evidencias de que, si bien los estudiantes abandonan en un momento determinado, el seguimiento a los mismos permite identificar que un número importante de ellos regresa al sistema en los siguientes años, matriculados en otras carreras o instituciones. Para comprender el problema es necesario mirar la reincorporación al sistema en los años sucesivos.

Tomando el informe de retención (SIES, 2019), recogemos como ejemplo el caso de la cohorte de 2008, pues resulta muy didáctica para la dinámica de abandono y reincorporación. En cifras globales, al analizar la cohorte 2008 —considerando la matrícula del primer año en su conjunto—, se observa que, del 30,6 % que deserta en el primer año, existe un porcentaje significativo (44 %) que reingresa a la Educación Superior en los tres años siguientes. Por tanto, del total de estudiantes de 1.er año de la cohorte 2008, solo hay un 17,2 % que deserta de modo definitivo y no vuelve al sistema en el corto plazo (al menos en los 3 años siguientes).

Es claro que desertar de una carrera de Educación Superior en un determinado año no implica necesariamente una deserción definitiva. De hecho, puede ser que el estudiante que deserta solo haya suspendido sus estudios en forma temporal debido a diversos motivos (salud, vocación, familiares o económicos) o haya reingresado a un programa de otra institución. En términos globales, como se aprecia en la Tabla 1.1., la tasa de retorno de los desertores en el corto plazo de la cohorte 2008 es de casi un 44 %.

Según el informe de retención del 2016 (SIES, 2019), el informe de retención de primer año de pregrado demuestra que desde el año 2011 al 2015 la tasa de retención de las instituciones de educación superior a nivel nacional ha mantenido una tendencia a un alza moderada, como se muestra en las Tablas 1.2. y 1.3.

Pese a que las universidades tienen mayores tasas de retención que los Institutos Profesionales (IP) y los Centros de Formación Técnica (CFT), si comparamos su crecimiento encontramos que los CFT han aumentado 4 puntos porcentuales, los IP, 3,5 puntos y las universidades sólo 2,2 puntos. Es decir, desde el 2011, los CFT han aumentado su tasa de retención casi el doble comparados con las universidades.

**Tabla 1.1**

Deserción y reingreso a educación superior por tipo de institución (Cohorte 2008)

Tipo de institución	% de retención 1.º año	% que reingresa a los 3 años siguientes respecto del total	% de estudiantes desertores que no reingresan a los 3 años siguientes	% de estudiantes desertores de 1.º año que vuelven
Centros de formación técnica	64,0	11,5	24,5	31,9
Institutos profesionales	63,0	14,4	22,6	38,9
Universidades	74,6	13,7	11,8	53,7
<b>Total</b>	<b>69,4</b>	<b>13,4</b>	<b>17,2</b>	<b>43,9</b>

*Nota:* Servicio de Información Educación Superior. Recuperado de <http://www.mifuturo.cl/index.php/estudios/estudios-recientes>

**Tabla 1.2**

Evolución de retención de primer año por tipo de institución

Tipo de institución	2011	2012	2013	2014	2015
CFT	61,6 %	63,4 %	63,9 %	64,5 %	65,7 %
IP	64,1 %	64,6 %	66,1 %	67,2 %	67,6 %
Universidades	75,0 %	74,9 %	75,2 %	76,6 %	77,2 %
<b>Total</b>	<b>68,6 %</b>	<b>69,1 %</b>	<b>69,5 %</b>	<b>70,6 %</b>	<b>71,3 %</b>

*Nota:* Servicio de Información de la Educación Superior (SIES, 2019)

**Tabla 1.3**

Evolución de retención de primer año por tipo de carrera

Tipo de carrera	2011	2012	2013	2014	2015
Carreras profesionales	73,0 %	73,6 %	73,9 %	75,2 %	76,1 %
Carreras técnicas	62,7 %	63,4 %	64,6 %	65,5 %	66,1 %
<b>Total general</b>	<b>68,6 %</b>	<b>69,1 %</b>	<b>69,5 %</b>	<b>70,6 %</b>	<b>71,3 %</b>

*Nota:* Servicio de Información de la Educación Superior (SIES, 2019)

Podemos observar que, al comparar las tasas según tipo de carrera, son las carreras profesionales las que poseen un mayor porcentaje de retención (76,1 % en el 2015), mientras que las carreras técnicas tienen solo un 66,1 % en el mismo año. En lo que atañe a crecimiento, las carreras profesionales han aumentado en 3,1 puntos desde 2011 y las carreras técnicas, 3,4 puntos.

En el mismo reporte de retención del 2016 (SIES, 2019), en cuanto al tipo de jornada, encontramos que la jornada diurna tiene un 76,5 % de retención, mientras que la vespertina muestra un 61,4 % de retención. Las carreras profesionales en jornada diurna tienen un 79,2 % de retención y en jornada vespertina un 61,9 %.

Las áreas de estudio de carreras profesionales con mayor y menor retención son: Salud (81,8 %), Agropecuaria (79,8 %), Humanidades y Arte / Arquitectura (72,8 %) y Tecnología (73 %). Según el mismo reporte (SIES, 2019) las áreas de estudio de carreras técnicas con mayor y menor retención son Salud (70,9 %), Agropecuaria (69,6 %), Educación (69,5 %), Humanidades (59,4 %) y Tecnología (62 %). Respecto a la tecnología, cabe destacar que representa casi el 40 % de la matrícula de carreras técnicas. El porcentaje de retención según acreditación es 72,7 % en instituciones acreditadas y un 57,2 % en instituciones sin acreditar.

Según sexo, la tasa de retención en el año 2015 fue de un 74,3 % para mujeres y un 68,1 % para hombres. Es decir, son los hombres quienes tienen una mayor probabilidad de desertar en el primer año de ingreso.

La Tabla 1.4. muestra la evolución de la retención por tipo de dependencia del establecimiento de origen y la evolución de la retención por tipo de enseñanza y establecimiento de origen. Es importante destacar que en Chile normalmente la asistencia a un tipo de establecimiento (particular, particular subvencionado o municipal) es un indicador del nivel socioeconómico; es decir, aquellos que pertenecen a los particulares poseen mayores ingresos que quienes provienen de los municipales. Como se puede ver en la tabla, los alumnos provenientes de un establecimiento municipal al año 2015 tienen mayores probabilidades de abandonar que quienes provienen de uno particular (en carreras profesionales). Pese a lo anterior, la brecha es mucho menor en las carreras técnicas, con un porcentaje de retención de 65,7 % para municipales, 67,5 % para particulares subvencionados y un 63,6 % para particulares pagados.

**Tabla 1.4.**

 Evolución de la retención 1<sup>er</sup> año por tipo de dependencia del establecimiento de origen

Tipo de establecimiento y carrera	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Municipal</b>	67,6 %	67,8 %	68,0 %	68,8 %	69,4 %
Carreras profesionales	72,1 %	72,3 %	72,3 %	73,5 %	74,3 %
Carreras técnicas	63,0 %	63,7 %	64,5 %	65,1 %	65,7 %
<b>Particular subvencionado</b>	70,4 %	70,8 %	71,2 %	72,4 %	73,1 %
Carreras profesionales	74,6 %	75,0 %	75,3 %	76,7 %	77,8 %
Carreras técnicas	63,6 %	64,5 %	65,7 %	67,0 %	67,5 %
<b>Particular pagado</b>	78,2 %	78,8 %	78,2 %	79,1 %	78,0 %
Carreras profesionales	79,9 %	80,7 %	80,2 %	81,1 %	80,2 %
Carreras técnicas	61,1 %	61,3 %	63,7 %	65,5 %	63,6 %
<b>Retención 1er año total</b>	<b>68,6 %</b>	<b>69,1 %</b>	<b>69,5 %</b>	<b>70,6 %</b>	<b>71,3 %</b>

*Nota:* Elaboración propia (PUCV, Chile)

En la Tabla 1.4., además, si se compara el tipo de enseñanza con el tipo de carrera, se observa que quienes proceden de una educación técnico-profesional e ingresan a una carrera técnica tienen mayores índices de retención que quienes provienen de una educación científico-humanista: 68,8 % y 65,1 % respectivamente. Mientras, en las carreras profesionales se produce un fenómeno inverso: los científicos humanistas tienen un porcentaje de retención de 78,6 % y los técnicos profesionales un 71,9 %. De acuerdo a lo anterior, podríamos concluir que existe una correlación entre el tipo de enseñanza durante la educación media y el tipo de carrera a la cual se accede.

**Tabla 1.5.**  
Resumen de indicadores de docencia 2011-2015

Año	Retención %	Deserción %
2015	84,72	15,28
2014	87,48	12,51
2013	87,07	12,93
2012	88,86	11,14
2011	88,95	11,05

*Nota:* Informe Rendición Social de Cuenta 2015 CNU

**Tabla 1.6.**  
Retención académica de grado, año 2015

Retención académica de grado, año académico 2015			
Universidad	Matrícula inicial	Matrícula final	% de retención
UNAN-León	21,370	18,082	84,61
UNAN-Managua	36,497	33,453	91,66
UCA (*)	8,981	7,312	81,42
UPOLI	10,444	8,091	77,47
UNI	13,329	11,470	86,05
UNA	4,740	3,834	80,89
UNIAG-Rivas	1,202	998	83,03
UCATSE-Estelí	1,828	1,497	81,89
URACCAN	4,805	3,833	79,77
BICU	8,011	6,376	79,59
<b>Total general</b>	<b>111,207</b>	<b>94,946</b>	<b>84,72</b>
Año 2014	109,352	94,322	85,68
Año 2013	104,319	90,826	87,07
Año 2012	103,206	91,705	88,86
Año 2011	99,063	88,113	88,95
Promedio 2011-2015	105,429	91,982	87,25

*Nota:* Informe Rendición Social de Cuenta 2015 CNU

### 3.3. Caso Nicaragua

Según la información aportada a través del estado del arte (Ruiz L., 2009), el porcentaje de desertores oscila entre un 30 % y 40 %, cifras que para algunos investigadores nicaragüenses no es alarmante. El Consejo Nacional de Universidades (CNU) anualmente redacta un informe de rendición social de cuentas en base al presupuesto que el Estado de Nicaragua designa para las universidades (CNU, 2019); y en la rendición de cuenta del año 2015, realizada en marzo de 2016, no se especifica el porcentaje de deserción a nivel de la educación superior, solamente se destaca la retención global. Es notable el incremento que se ha dado en la deserción de forma consecutiva en el periodo 2011-2015, tal como se aprecia en la Tabla 1.5.

En la Tabla 1.6., se muestra la retención académica del año académico 2015 de las principales universidades de Nicaragua y una comparativa desde el 2011.

### 3.4. Caso Perú

En el caso de la educación superior, si bien en los últimos años se ha incrementado el acceso a este nivel educativo, las tasas de conclusión de los estudios son bajas y se encuentran entre el 18,2 % y 25,8 %, dependiendo del grupo de edad. Estas cifras mantienen importantes disparidades entre población de zonas urbanas o rurales, personas que hablan el castellano o idiomas indígenas y situación de pobreza (Tabla 1.7.) (Escale-Minedu, 2017).

Como en el caso chileno, en el Perú también se encuentra una movilidad importante de estudiantes, que ingresan, abandonan y se reincorporan, según las condiciones personales y, fundamentalmente, socioeconómicas que afronten de manera simultánea al tiempo de sus estudios universitarios.

La Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) de Perú identifica cuatro grandes áreas de causas relacionadas con la deserción, representadas en la Figura 1.2.

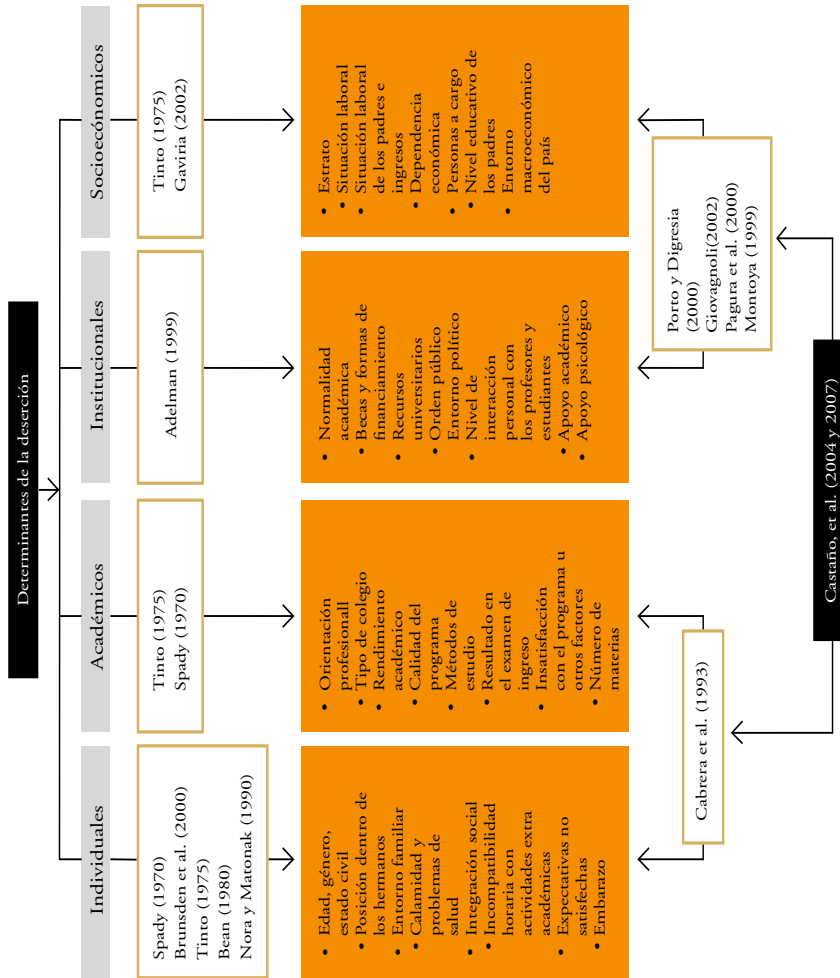
**Tabla 1.7.**

Indicadores de acceso y culminación de educación superior en el Perú al 2015

	% Tasa bruta de asistencia 17-21 (acceso)	% Tasa conclusión 22-24	% Tasa conclusión 25-34	Años promedio de escolaridad (25-34)	Años promedio de escolaridad (25-64)
Perú	66,7	18,2	25,8	11,1	10,0
Femenino	70,8	21,4	27,2	10,9	9,5
Masculino	62,9	15,0	24,4	11,3	10,4
Urbana	77,2	20,4	30,2	11,9	10,9
Rural	30,7	8,0	6,8	7,9	6,4
Castellano	69,3	19,4	28,2	11,5	7,2
Indígena	45,0	7,8	11,5	9,1	10,6
No pobre	77,6	20,2	30,3	11,8	10,6
Pobre no extremo	24,3	8,1	7,5	8,5	7,2
Pobre extremo	6,3	3,3	2,4	6,4	5,2

*Nota:* Elaborado a partir de Escale-Minedu (2017) Tendencias. Recuperado de <http://escale.minedu.gob.pe/tendencias>

Figura 1.2. Estado del arte de los determinantes de la deserción estudiantil.

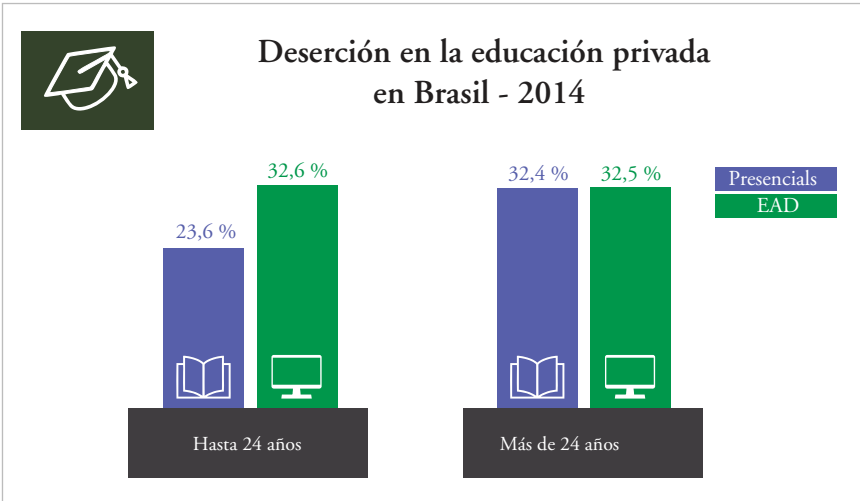


Nota: Datos recopilados por la UNMSM. Fuente: Acacia (2016)

### 3.5. Caso Brasil

«El 40 % de los alumnos que ingresan a una universidad pública brasileña abandona la carrera antes de concluirla», esta es una de las conclusiones de los estudios más recientes del Ministerio de Educación del Brasil (MEC, 2019). Calderón, Blanco & Laguna (2016) consideran deserción «cuando un estudiante abandona la carrera antes de concluirla, aunque ingrese a otra de educación superior. A pesar de estar dentro del promedio internacional —Estados Unidos y Francia tienen tasas de deserción comparables a la brasileña—, es considerada excesivamente alta y perjudicial para los sistemas federal y estatal». Por ello, es necesario comprender la estructura y el funcionamiento de las instituciones de educación superior en Brasil tras la Ley 9394 sobre Directrices y Bases de Educación Nacional (LDBEN, 1996), que clasifica a las instituciones en dos grandes grupos: privados y públicos. Entre los públicos, quedan las instituciones de nivel federal y estatal. Aunque sea una responsabilidad prioritaria del gobierno federal, el ingreso en las instituciones privadas en Brasil es algo muy diferente y presenta rasgos peculiares y distintos modos de comprensión del proceso de enseñanza y aprendizaje y, por ende, de la propia deserción. En la Figura 1.3. se presentan datos de deserción en el sector privado.

Figura 1.3. Síntesis de deserción en el sector privado en Brasil



Fuente: Sindata/ Semesp | Base: Censo INEP

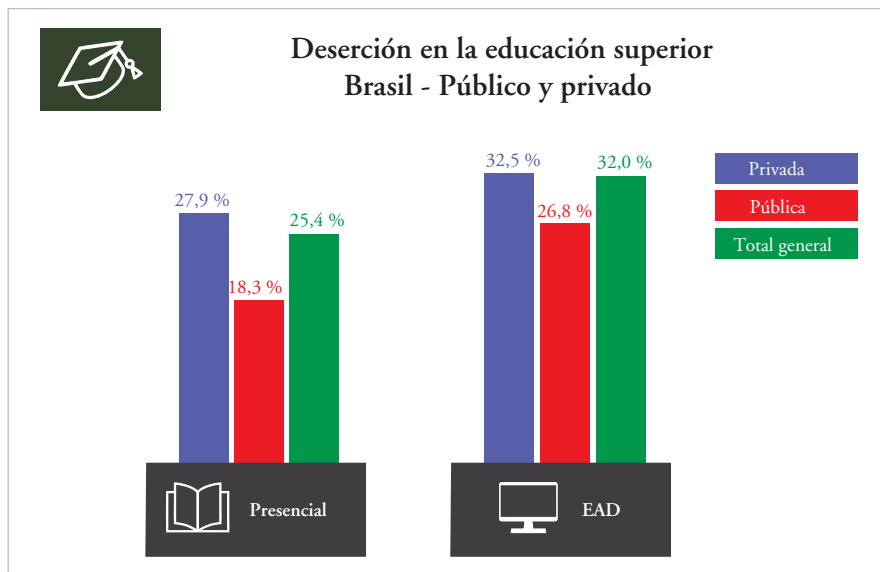
En el área de salud —la que tiene menor promedio de deserción a nivel nacional, el 22,56 %—, el perfil del alumno es considerado un factor que favorece la permanencia en el curso. «De modo general, es un alumno que tiene un perfil profesional más bien definido, que sabe lo que quiere», dice José Nagib Cotrim, profesor de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) y citado por Calderón, Blanco & Laguna (1996), agregan que «... el problema de la deserción es agravado por la retención, cuando los alumnos se quedan en la universidad más tiempo que lo establecido. Así, la deserción en la educación superior en el caso de Brasil está relacionada con la gran diversidad del sistema y la especificidad de cada institución».

Esto es un fenómeno grave que ocurre tanto en las instituciones públicas como en las privadas y para combatirlo requiere medidas eficaces, que, al analizar la evolución del número de ingresantes en los últimos años, queda evidente que la matrícula ha aumentado significativamente, tomando los informes del MEC (2019), en 2015, el número de estudiantes matriculados en la educación superior en Brasil llegó a 8.033.574, este total representa un crecimiento del 2,5 % con respecto a 2014.

Los datos del Censo de Educación Superior 2015, divulgados por el Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas Anísio Teixeira (INEP, 2019) muestran que, de las 8.033.574 matrículas, 8.027.297 están en la graduación y 6.277 en curso secuencial de formación específica. A pesar del aumento del 2,5 % entre 2014 y 2015, hubo desaceleración en la tendencia de crecimiento del número de matrículas. De 2013 a 2014, el crecimiento fue del 6,8 %. En los censos anteriores a 2014 también publicadas en (INEP, 2019), los datos habían mostrado trayectoria de desaceleración. Un detalle fundamental para la comprensión de la deserción en la educación superior de Brasil es que los estudiantes están principalmente en las instituciones privadas, se concentran 6.075.152 matrículas en la graduación y 5.837 en cursos secuenciales (2 años como promedio) y son mayoría en el país (87,5 %). Las instituciones públicas son el 12,5 % y tienen 1.952.145 estudiantes matriculados en graduaciones y 440 en cursos secuenciales.

En la Figura 1.4. se presenta una síntesis de la deserción universitaria pública y privada en Brasil.

Figura 1.4. Síntesis de la deserción universitaria en Brasil



Fuente: Sindata/ Semesp | Base: Censo INEP

Por sus múltiples factores de causalidad, la deserción en Brasil sigue siendo un importante reto. Las soluciones que la literatura analiza van por el camino de las prácticas institucionales y, además de esas, llegan a las políticas de educación superior a nivel macrosociológico.

#### 4. Conclusiones sobre la deserción estudiantil universitaria

Tinto (2012) afirma que el éxito estudiantil tiene relación con que los aprendices tengan por un lado expectativas altas y claras sobre su éxito, así como del soporte académico y social que disponga y el *feedback* sobre su desempeño que la institución le ofrezca. Esto no implica que las características de los individuos no tengan nada que ver, pues es verdad que muchos tienen éxito debido a la voluntad, motivación, habilidades o perseverancia, así como hay otros con los que ocurre exactamente lo contrario, ya que contando con las mejores condiciones personales fracasan. El autor plantea, asimismo, que la institución sí tiene un importante rol que cumplir para crear condiciones que promuevan el éxito y la retención estudiantil.

Según Tinto (2012), son cuatro elementos que favorecen la retención: el primero está relacionado con el nivel de las expectativas que tiene el estudiante; el segundo es el apoyo que necesita el estudiante para lograr sus metas, tales como académico, social e incluso financiero, que son necesarios, particularmente durante el primer año de estudios, en el cual los estudiantes se están adaptando a la institución, por lo que necesitan mayor orientación. En tal sentido, el tercer elemento es la evaluación y el feedback frecuente al desempeño, ambos son otros aspectos cruciales durante el primer año, de manera que los estudiantes puedan ajustar su comportamiento exigible en el nivel educativo. La cuarta condición de éxito es el compromiso personal para involucrarse con los compañeros y las afiliaciones tanto por el apoyo social y emocional que proporcionan, como por la participación en las actividades educativas que promueven. Obviamente, se trata de que los programas que apoyen institucionalmente estas iniciativas se conjuguen adecuadamente de acuerdo a las peculiaridades de cada quien, y sobre todo, que la institución se comprometa claramente a brindar estructuras y acciones sistemáticas orientadas para este fin involucrando a docentes y administrativos, ya que el éxito estudiantil y la retención no surgen por casualidad; por el contrario, implican intencionalidad y que la institución se organice para tal fin.

## 5. Causas de la deserción según el estado del arte sobre el fenómeno de la deserción de Acacia

En el estado del arte sobre el fenómeno de la deserción (Calderón, Blanco & Laguna, 2016), los miembros del proyecto Acacia hemos considerado algunos criterios que recogemos textualmente a continuación. Teniendo como base el trabajo de Braxton, Sullivan & Johnson (1997), quienes proponen estudiar el fenómeno deserción desde una tipología de acuerdo con el énfasis explicativo que se puede dar al fenómeno desde tres contextos: individual, familiar e institucional; y desde cuatro dimensiones que manifiestan distintos aspectos de la vida del estudiante universitario:

- i. **Dimensión psicológica.** Está centrada en las características de la personalidad del estudiante y rasgos como las actitudes, las creencias, los saberes y los comportamientos inciden en sus acciones y que también inciden en sus decisiones. En esta línea, Nora, Attinasi & Matonak (1990) señalan otro

modelo que analiza cómo la deserción puede ser una consecuencia de las percepciones y el análisis que hacen los estudiantes de su vida universitaria a partir de su ingreso. De esta forma, Ethington (1990) crea un modelo que aborda los anteriores y considera el modelo de Parsons, Adler & Meece (1984), centrado en las conductas del logro con categorías como el desempeño, la perseverancia y la elección. Este modelo enfatiza en la importancia que tiene la visualización del proyecto o desempeño futuro del estudiante en el rendimiento académico, dado que los retos, metas, valores y propósitos planteados ayudan a superar las dificultades y aseguran el éxito formativo.

La opinión o juicio que tienen de sí mismos los estudiantes es esencial, ya que, aunada a esta concepción, la familia es un apoyo, a través del estímulo, para cumplir con las expectativas y permanecer en la Universidad. En este sentido, Barragán & Patiño (2013) refieren la aparición de nuevas dinámicas de relación de los jóvenes estudiantes con sus pares, profesores e instituciones y sus representaciones del mundo dentro de las cuales la Universidad no es el epicentro que suple sus distintos intereses y expectativas personales, sociales y laborales.

Siguiendo con Calderón, Blanco & Laguna (2016), añaden que complementariamente, en la dimensión intelectual, la determinación voluntaria de desertar está relacionada con aspectos propios de los estudiantes tales como sus habilidades y destrezas intelectuales; por esto se plantea la necesidad de identificar y desarrollar diversos procesos del aprendizaje en los estudiantes. Tal como lo refiere el modelo teórico de Schmeck & Geisler-Brenstein (1989), las universidades tendrían que desarrollar tres grandes procesos: el procesamiento profundo referente a los procesos de pensamiento asociados al concepto de aprender: la clasificación, contrastación, comparación, análisis y síntesis; el procesamiento elaborativo, referido a la expresión del concepto empleando las palabras del estudiante; y el procesamiento superficial, entendido como la comprensión del concepto desde una perspectiva básica.

- ii. **Dimensión sociológica.** Enfatiza en las incidencias que tienen los factores externos en el estudiante, especialmente sobre los términos que menciona Spady (1970), quien aborda esta dimensión en la deserción universitaria y precisa que la baja afiliación social del estudiante puede

conllevar bajos niveles de integración social en educación superior; esto, además, puede estar mediado por el ámbito familiar, las aspiraciones y las influencias, aspectos que afectan el rendimiento académico y entre los cuales vale la pena contemplar la edad de ingreso de los jóvenes a la Universidad, en ese sentido Calderón, Blanco & Laguna (2016) resaltan que la edad de ingreso es más temprana y que genera una gran diferencia entre las relaciones, las lógicas y las dinámicas; se evidencia también un desfase entre la vida escolar y la universitaria y, por ende, en la relación con los compañeros.

En cuanto a las interacciones, Tinto (2012) contempla la integración y adaptación del estudiante a la institución de educación superior, ampliando los postulados de Spady W. (1970) y de Nye (1979). Refiere el hecho de que los seres humanos evitan conductas que les impliquen mayor esfuerzo y dedicación y prefieren las satisfacciones de las interacciones sociales y las relaciones, pues causan estados emocionales placenteros, sin compromisos institucionales o finalidades que generen afanes mayores en términos académicos, en este sentido Tinto (2012) destaca que el transitar a la vida universitaria del estudiante está influido por los antecedentes familiares, la cultura, el nivel socioeconómico y los valores, factores relevantes para la integración académica, el desarrollo intelectual y el rendimiento académico. En este sentido, enfatiza Tinto (2012) que el estudiante al desarrollar una integración académica posee buenas relaciones con sus pares y docentes, participa en actividades institucionales de orden curricular y extracurricular y, por tanto, prevalece la meta académica, ya que la social sustenta la proyección y alcance de metas de graduación.

**iii. Dimensión económica.** Está direccionada a visualizar la relación de la inversión frente a los beneficios futuros o réditos que se obtendrán a nivel social y económico a causa de los estudios realizados a nivel de educación superior. De esta forma, Calderón, Blanco & Laguna (2016) precisan que la capacidad de pago de los estudios incide considerablemente en la continuidad formativa; y los subsidios educativos como becas, créditos o reducciones en la matrícula, entre otros, se convierten en una posibilidad de apoyo y permanencia en la universidad, minimizando la deserción.

**iv. Dimensión institucional.** Direcciona el fenómeno de la deserción a partir de las particularidades organizacionales de las instituciones de educación superior (Calderón, Blanco & Laguna, 2016), específicamente en los servicios ofrecidos, en términos de la calidad de la docencia, los ambientes de aprendizaje y las vivencias del estudiante en el aula (Braxton, Sullivan & Johnson, 1997). Asimismo, inciden las actividades complementarias ofrecidas por cada institución en cuanto a bienestar universitario, salud, recreación, deporte, cultura, soportes académicos institucionales, recursos bibliográficos, relación numérica de docentes y estudiantes, laboratorios, entre otros (Tillman, 2002).

Otro autor consultado sobre deserción es Bean (1986), quien toma en cuenta la perspectiva de integración de Tinto (2012) y la visión de productividad de Price (1977) para referirse a este fenómeno y señala que la deserción está relacionada con las intenciones conductuales de los estudiantes, dado que las creencias forjan actitudes que pueden ser influidas por la calidad educativa de los programas ofrecidos en las instituciones de educación superior. El perfil docente y los pares académicos, así como los factores externos, pueden afectar y redundar en el abandono. Este es un hecho que está vinculado a la dimensión organizacional y que incide en la decisión de permanecer o de abandonar los estudios: si el estudiante se siente a gusto con su proceso formativo, estará dispuesto a terminar sus estudios y graduarse (Calderón, Blanco & Laguna, 2016).

Desde la perspectiva institucional, González, Uribe & Gonzáles (2005) identificaron las características de los currículos que tienen menos deserción: requieren una vocación bien definida y bastante identificadora; inician una práctica temprana; tienen asignaturas que aproximan al ejercicio profesional desde los primeros años; los contenidos y las formas de estudiar en varias asignaturas se aproximan a las de los ramos de enseñanza media (secundaria); y evidencian una tradición y una preocupación de los profesores frente a resultados negativos. Después las expectativas de encontrar trabajo estable son mejores que en otras áreas, aunque las remuneraciones puedan ser menores que las esperadas y la titulación es requisito para ejercer la profesión.

En síntesis, desde la perspectiva organizacional de las IES, la deserción puede estar condicionada de forma considerable por las acciones u omisiones de las instituciones de educación superior, como lo refieren Canales & De los Ríos

(2007), quienes citan a Spady W. (1970) y Tinto (2012), al precisar que «[...] la falta de integración del estudiante a las instituciones educativas como un aspecto de gran relevancia» (p. 178). Esto sugiere que los estudiantes abandonan las instituciones cuando no se sienten integrados al sistema académico y social de las universidades y enfatiza en la importancia de que las instituciones de educación superior desarrollen procesos de inclusión y adaptación para mitigar la deserción.

Calderón, Blanco & Laguna (2006) describen, a manera de síntesis de las características del fenómeno Deserción, que es posible situar relaciones entre los aspectos que devienen de las distintas dimensiones analizadas anteriormente. Así, desde un enfoque social centrado en el estudiante, el componente antropológico de la deserción se puede describir como el encuentro entre las representaciones sociales que tienen los estudiantes sobre «su propia situación académica» (conocimientos, creencias, opiniones y experiencias) frente a las representaciones sociales que los profesores universitarios les proponen en las interacciones formales o no formales.

Según algunos analistas, se pueden identificar tres períodos críticos para la deserción en la trayectoria de los estudiantes (Cinda, 2006):

- La transición entre el nivel medio superior y la licenciatura o la obtención del título profesional, que se caracteriza por el paso de un ambiente conocido a un mundo en apariencia impersonal, lo que implica serios problemas de ajuste para los estudiantes.
- El proceso de admisión, cuando el estudiante se forma expectativas equivocadas sobre las instituciones y las condiciones de la vida estudiantil que, al no serle satisfactorias, pueden conducir a decepciones tempranas y, por consiguiente, a la deserción.
- Cuando el estudiante no logra un adecuado rendimiento académico en las asignaturas del plan de estudios y la institución no le proporciona las herramientas necesarias para superar las deficiencias académicas.

En conclusión, el fenómeno de la deserción tiene importantes implicaciones personales, institucionales, sociales y económicas que valen la pena estudiar y anticipar, de tal manera que los sistemas educativos se tornen más efectivos para la formación profesional.

En lo personal, la deserción implica una condición de fracaso que afecta emocionalmente al estudiante, por la disonancia con las aspiraciones profesionales que pudieron llevarle a matricularse en una carrera universitaria, e incide en la trayectoria ocupacional de los individuos (Magendzo & González, 1988).

En lo institucional, conlleva distintas implicaciones: por una parte, desde el punto de vista académico, una disminución del rendimiento de los estudiantes afecta directamente el reporte de rendimiento académico de la universidad y, por ende, sus réditos en acreditación institucional, su prestigio y su reconocimiento en los campos en los que forma profesionales; por otra, económicamente para una IES la deserción estudiantil representa pérdidas onerosas de recursos económicos (costo de matrícula en el caso de la educación pública, que ha sido subsidiada por el estado), recurso humano (docencia) y recursos en infraestructura física y material (laboratorios, espacios, materiales, etc.).

En lo social, la deserción contribuye a generar inequidad y desequilibrios sociales y desvirtúa los objetivos que la sociedad le ha entregado a la educación superior. En definitiva, la deserción es un fenómeno que reporta pérdidas significativas a un sistema social, tanto en las condiciones de formación profesional y desarrollo social como en lo económico, pues el costo que esto implica para los sistemas es enorme.

En el proyecto Acacia (2016), particularmente desde la visión del paquete Cultiva, en la Tabla 1.8 se han sintetizado los indicadores de riesgo por dimensiones.

**Tabla 1.8.**

Indicadores de riesgo desde la perspectiva Cultiva por dimensiones

Indicadores de riesgo desde la perspectiva Cultiva por dimensiones			
Dimensiones	Actor	Perspectiva	Indicadores
Dimensión psicológica	Estudiante	Punto de vista intelectual, afectivo, conductual y comportamental social que pueden incidir en el éxito formativo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmotivación por los procesos de aprendizaje.</li> <li>• Deficiente nivel de comprensión, argumentación y reflexión crítica.</li> <li>• Desmotivación por la carrera</li> <li>• Actitud depresiva</li> </ul>
	Profesor	Actitud del profesor frente a situaciones del estudiante en su proceso formativo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actitud indiferente ante situaciones vulnerables del estudiante.</li> <li>• Falta de reconocimiento y/o desconocimiento de manifestaciones depresivas, apáticas o negativas del estudiante.</li> <li>• Indiferencia hacia las tensiones entre estudiantes por situaciones socioculturales distintas.</li> </ul>
Dimensión sociológica	Estudiante	Características y tipo de relaciones del estudiante con sus pares académicos, profesores y actitud frente a sus espacios formativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de relaciones conflictivas entre compañeros o pares académicos.</li> <li>• Escasa participación en las actividades educativas y culturales.</li> <li>• Actitud inadecuada (agresiva) y de rechazo hacia los pares.</li> </ul>
	Profesor	Comportamiento, relaciones y actitudes del profesor frente a las dinámicas del proceso formativo del estudiante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de incorporación de TIC en los procesos de enseñanza</li> <li>• Falta de Atención e integración de los estudiantes a actividades del aula y la comunidad educativa.</li> <li>• Actitudes de rechazo encubierto y explícito hacia los estudiantes.</li> </ul>
	Institución	Situaciones a nivel institucional que inciden en la formación del estudiante a nivel social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de sistemas apropiados y falta de sistematización de comunicación de estudiantes con profesores.</li> <li>• Inexistencia de adaptación de espacios físicos</li> </ul>

*continúa...*

... viene

Indicadores de riesgo desde la perspectiva Cultiva por dimensiones			
Dimensiones	Actor	Perspectiva	Indicadores
Dimensión Institucional	Estudiante	Acciones y estrategias planteadas a nivel institucional para que el estudiante lleve a cabo su proceso formativo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo porcentaje de participación de los estudiantes en la vida universitaria</li> </ul>
	Profesor	Acciones y estrategias planteadas desde el currículo para que el profesor desarrolle su labor formativa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escasa presencia de planeación curricular y gestión de propuestas didácticas innovadoras</li> <li>• Deficiente nivel de formación profesoral.</li> <li>• Poca presencia de materiales diseñados por el profesor</li> <li>• Poco interés por la gestión de espacios, materiales y condiciones para desarrollar propuestas didácticas innovadoras.</li> </ul>
	Currículo	Aspectos que desde el currículo inciden en el desarrollo formativo del estudiante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistencia de caracterización de habilidades comunicativas de estudiantes.</li> <li>• Inexistencia de caracterización de dificultades de aprendizaje en los estudiantes.</li> <li>• Poca presencia de factores curriculares relacionados con la formación para convivir en diversidad.</li> <li>• Ausencia de criterios curriculares vinculados al cumplimiento de las expectativas de formación profesional.</li> <li>• Poca o nula presencia de espacios académicos y extracurriculares que posibiliten el autorreconocimiento de los estudiantes</li> </ul>
	Institucional	Acciones a nivel organizacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de registro de acceso</li> <li>• Falta de políticas institucionales de seguimiento académico</li> </ul>

Fuente: Calderón, Blanco &amp; Laguna (2016)

# Capítulo 2

## El proyecto Acacia

*Igor Almanza Lurita, Gloria Andrea Cavanzo,  
María Isabel Ginocchio, Juan Carlos Guevara,  
Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo  
Olga Lucía León Corredor, Elsa Marcelino-Jesus*

El proyecto Acacia<sup>1</sup> es un proyecto cofinanciado por el programa Erasmus<sup>2</sup> desde la llamada Key Action 2 - Capacity building in the field of higher education (Erasmus+, 2015), y tiene como número de referencia de proyecto: 561754-PPE-1-2015-1-CO-EPKA2-CBHE-JP.

El proyecto Acacia está constituido por 14 universidades socias, tres universidades europeas y 11 de América Latina y el Caribe, y tres instituciones cooperantes: el Instituto Nacional de Ciegos de Colombia (INCI), el Instituto Nacional de Sordos de Colombia (INSOR) y la Fundación Sidar - Acceso Universal (Fundación Sidar), que es de ámbito iberoamericano. En la Tabla 2.1. (página siguiente), se presenta completo el listado de universidades (Marcelino-Jesus et al., 2016).

---

1 Centros de Cooperación para el Fomento, Fortalecimiento y Transferencia de Buenas Prácticas que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen a la Comunidad Universitaria)

2 Siglas de European Community Action Scheme for the Mobility of University Students, en español Plan de Acción de la Comunidad Europea para la Movilidad de Estudiantes Universitarios.

**Tabla 2.1.**  
Universidades socias del proyecto

Logo	Nombre de la organización	Tipo de institución	Ciudad	País	Sitio web
	Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC)	Universidad pública	Bogotá	Colombia	<a href="https://www.udistrital.edu.co/">https://www.udistrital.edu.co/</a>
	Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)	Universidad pública	Madrid	España	<a href="http://portal.uned.es/">http://portal.uned.es/</a>
	Universidade Nova de Lisboa (UNL)	Universidad pública	Lisboa	Portugal	<a href="http://www.fct.unl.pt">http://www.fct.unl.pt</a>
	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV)	Universidad privada	Valparaíso	Chile	<a href="http://www.pucv.cl">http://www.pucv.cl</a>
	Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)	Universidad pública	Santarém	Brasil	<a href="http://www.ufopa.edu.br/">http://www.ufopa.edu.br/</a>
	Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)	Universidad pública	Lima	Perú	<a href="http://www.unmsm.edu.pe/">http://www.unmsm.edu.pe/</a>
	Universidad de Antofagasta (UA)	Universidad pública	Antofagasta	Chile	<a href="http://www.uantof.cl/">http://www.uantof.cl/</a>

Logo	Nombre de la organización	Tipo de institución	Ciudad	País	Sitio web
	Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN)	Universidad pública	Nueva Guinea	Nicaragua	<a href="http://www.uraccan.edu.ni/">http://www.uraccan.edu.ni/</a>
	Universidad Pedagógica Nacional (UPN)	Universidad pública	Bogotá	Colombia	<a href="http://www.pedagogica.edu.co">http://www.pedagogica.edu.co</a>
	Universidad Estatal Paulista (UNESP)	Universidad pública	Bauru	Brasil	<a href="http://www.unesp.br/">http://www.unesp.br/</a>
	Universitatea «1 Decembrie 1918» Alba Iulia (UAB)	Universidad pública	Alba Iulia	Rumania	<a href="http://www.uab.ro/">http://www.uab.ro/</a>
	Corporación Universitaria Iberoamericana (CUI)	Universidad privada	Bogotá	Colombia	<a href="http://www.iberoinamericana.edu.co/">http://www.iberoinamericana.edu.co/</a>
	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN León)	Universidad pública	León	Nicaragua	<a href="http://www.unanleon.edu.ni/">http://www.unanleon.edu.ni/</a>
	Universidad Continental (UC)	Universidad privada	Huancayo	Perú	<a href="https://ucontinental.edu.pe/">https://ucontinental.edu.pe/</a>

La *Agenda Educativa post-2015* de la Unesco evidencia problemáticas que afectan a la educación superior en América Latina y del Caribe (ALyC), de las que se derivan las siguientes situaciones críticas (Unesco, 2014):

- Deserción estudiantil por factores emocionales, académicos, de marginación cultural, económica o social, o por discapacidad;
- Falta de recursos didácticos en profesores universitarios para responder a exigencias de estudiantes en situación de vulnerabilidad;
- Existencia de brechas de comunicación y cooperación entre profesores, investigadores, administrativos y directivos, que impiden gestar acciones colectivas para enfrentar problemas transversales vinculados al acceso y la permanencia exitosa en la universidad.

El objetivo principal del proyecto Acacia es ofrecer solución a dichas situaciones críticas mediante la creación de Centros de Apoyo y Desarrollo Educativo y Profesional (Cadep), que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen (Acacia) las experiencias, recursos, equipos, problemas y soluciones que requieren las instituciones de educación superior (IES). Estas soluciones están pensadas para el fomento profesional de todos los miembros de las comunidades universitarias, la disminución de la deserción estudiantil, para la modernización de sus estructuras organizativas y el desarrollo de una conciencia del respeto por el otro y sus diferencias (Gutiérrez y Restrepo E. et al., 2016).

El proyecto ha recibido financiación de la Comisión Europea durante tres años, inició en 2015 y terminó en 2019. Tiene, por tanto, la intención de definir un modelo para la organización institucional regional de América Latina y el Caribe, para el fortalecimiento de las mejores prácticas y el intercambio entre América y Europa, en relación con la formación de profesores, así como para promover el uso de tecnologías desde un enfoque de diversidad en la formación didáctica de los docentes. Potencia la investigación y el desarrollo de tecnologías para la formación de profesores, además de brindar recursos de capacitación para apoyar la creación de estrategias psicopedagógicas para la atención de poblaciones vulnerables, como una acción ético-política de fortalecimiento del personal universitario para garantizar el acceso y la retención de toda la comunidad educativa (Marcelino-Jesus et al., 2016).

Los principales objetivos específicos del proyecto son la detección, prevención y erradicación de diversos problemas educativos en las instituciones de edu-

cación superior en Latinoamérica, tales como la deserción (debida a factores emocionales), discriminación y marginación (por la disparidad o desigualdad), bajo rendimiento, problemas de aprendizaje o la falta de comunicación entre los miembros implicados.

Para el logro de estos objetivos, se hace necesaria la cooperación intra e interinstitucional en el desarrollo y producción de recursos educativos y tecnológicos, utilizando tecnologías innovadoras para complementar los procesos educativos y el desarrollo de estrategias sociales y emocionales de atención a la población en riesgo de exclusión académica; y para ello se requiere de nuevas organizaciones institucionales como los Cadep o Centros Acacia (Centros de Apoyo y Desarrollo Educativo Profesional) (Marcelino-Jesus et al., 2016). El modelo seguido para cumplir tal objetivo comprende profesores y estudiantes del área de la formación del profesorado, los planes de estudio de formación docente, las estructuras pedagógicas y tecnológicas de las universidades participantes. Todos estos elementos funcionan como un sistema en la creación del Cadep, que tiene el objetivo de fortalecer el bienestar de los estudiantes y de los programas curriculares del profesorado con las nuevas tecnologías y los elementos curriculares existentes, como los desarrollados en el proyecto ALTER-NATIVA (DCI-ALA / 2010/88).

Cada centro Cadep cuenta con un sistema integrado de módulos llamados Empodera, Innova, Cultiva, Apoya y Convoca, que cumplen funciones de: seguimiento de los estudiantes en situación de riesgo; formación y apoyo tanto para el personal académico como para el personal técnico y administrativo de la institución; exploración, con sus sistemas de laboratorios, de nuevas estrategias para la docencia universitaria y para el uso innovador de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las prácticas didácticas, estimulando el emprendimiento entre alumnos y profesores. Este sistema articula la comunidad educativa para un apoyo integral con un enfoque diferencial del estudiante (Gutiérrez y Restrepo E. et al., 2016). Dichos módulos se conforman con las siguientes funciones:

- **Empodera.** Ofrece capacitación en áreas de estándares de e-Learning, accesibilidad y usabilidad; mantiene el Kit Alter-Nativa, el tesoro y la base de conocimientos definidos en el proyecto ALTER-NATIVA. También apoya la creación de contenidos educativos accesibles, por ejemplo, la interpretación del lenguaje de señas.

- **Innova.** Genera innovación en la creación de aplicaciones y programas para satisfacer las necesidades educativas especiales y la diversidad; también motiva a los estudiantes en el desarrollo de sus propias tecnologías innovadoras en el ámbito de la inclusión.
- **Cultiva.** Apoya el entrenamiento de profesores de programas de formación docente con elementos curriculares de ALTER-NATIVA y objetos virtuales de aprendizaje (VLOS) para promover el desarrollo educativo de las poblaciones vulnerables desde una perspectiva del bienestar de la comunidad.
- **Apoya.** Tiene la función de detectar, seguir y apoyar emociones de los estudiantes con discapacidades y situaciones personales o familiares críticas a través de técnicas regulares y avanzadas (por ejemplo, sistemas automáticos de detección de emociones) para mejorar el rendimiento académico y evitar el abandono.
- **Convoca.** Organiza y controla las actividades en el establecimiento de los diferentes centros (por ejemplo, espacios, recursos físicos y reglas institucionales) que abordan el desarrollo y la evaluación continua de la creación de capacidades en los distintos Cadep.

El proyecto Acacia se basa en el principio de la educación para todos. Aunque han habido muchos avances registrados en la Educación Superior en Latinoamérica, todavía se enfrenta a varios problemas (Erasmus+, 2015), entre ellos la deserción estudiantil causada por factores emocionales, la marginación académica, económica o social y las brechas de comunicación entre los miembros implicados que inhiben la gestión de acciones colectivas para hacer frente a los problemas transversales referidos al acceso y permanencia exitosa en la universidad. El objetivo principal del proyecto Acacia es contribuir a la disipación de esa exclusión, la discriminación y la marginación por la disparidad o desigualdad. En este contexto, los objetivos de Acacia (Kadar, Ferreira, Calado, Artífice, Sarraipa & Jardim-Gonçalves, 2016) son:

- Reconocer las instituciones de educación superior como medios sociales y políticos para el desarrollo de programas educativos inter, multiculturales y multilinguas que coinciden con varias necesidades educativas reales;
- Fortalecer la enseñanza de la cualificación del personal y su capacitación;

- Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como herramienta para complementar los procesos de enseñanza y aprendizaje;
- Proponer nuevas formas de organización institucional para promover la integración de grupos que combinan esfuerzos y recursos para la solución de los problemas anteriormente descritos.

El proyecto Acacia define un sistema para hacer frente a las cuestiones antes mencionadas, cubriendo así las necesidades organizativas y tecnológicas de la retención de los estudiantes frente a la construcción de la infraestructura tecnológica requerida (Marcelino-Jesus et al., 2016).

## 1. Cooperación frente a la deserción

Existen varios tipos de cooperación y es posible establecer cualquiera de acuerdo con aquella en que la organización o empresa tenga la intención de participar. Sin embargo, Marcelino-Jesus et al. (2016) organizan este estudio en tres tipos principales de cooperación: la cooperación internacional, nacional y regional. La cooperación internacional es la interacción de personas o grupos que representan a varias naciones en la búsqueda de un objetivo o interés común (Reference.MD, 2016). En el ámbito de la cooperación internacional es posible encontrar cooperaciones como la bilateral, multilateral, no gubernamental, etc. (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2016). La cooperación multilateral se define como aquella que se debate y se canaliza a través de organizaciones internacionales, regionales y subregionales, en la que participan varios países con intereses políticos específicos, regionales o del sector. Implementar la cooperación con sus propios recursos o con fondos proporcionados por los países de la región por sus temas específicos (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2016). Cooperación no gubernamental es la establecida entre actores no gubernamentales. Un agente no gubernamental es uno cuyas acciones no están relacionadas con el Estado, tales como las organizaciones no gubernamentales, universidades y fundaciones privadas, que surge de un grupo de personas de la sociedad civil y que generalmente tiene un carácter privado y sin fines de lucro. La ayuda se lleva a cabo y es gestionada, en la mayoría de los casos, desde actores no gubernamentales en los países de altos ingresos a organizaciones de la misma naturaleza en los países en desarrollo. La cooperación nacional tiene por objetivo promover la cooperación entre las ins-

tituciones nacionales, fortalecer la realización personal, la cohesión social y el espíritu de la ciudadanía, promoviendo la creatividad, la competitividad y, por tanto, el empleo. La cooperación regional puede ser inter e intrarregional. En ese sentido, la cooperación interregional tiene por objeto mejorar el desarrollo regional de un país a través de la transferencia de conocimientos técnicos y el intercambio de experiencias entre las regiones, es decir, de una región a otra región dentro del mismo país (Comisión Europea, 2016); si bien la cooperación intrarregional tiene el mismo contexto que la interregional, la primera está dentro de la misma región (PIHE Network project, 2016).

En este contexto y con el fin de hacer frente a problemas específicos, tales como las formas de exclusión, discriminación y marginación debido a la disparidad y/o desigualdad que afectan a la universidades en Latinoamérica y para hacer frente a estos desafíos, se constituyeron tres centros piloto en las siguientes instituciones de educación superior: Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense, de Nicaragua; Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Colombia; y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en Perú. En el transcurso del proyecto se desarrolló un piloto más en la Universidad de Antofagasta y con estos cuatro centros piloto, más las entidades miembro del Consorcio Acacia, se crea la Red Acacia (<http://acacia.red>), que permite:

- A la región de Latinoamérica y el Caribe (ALyC) y a cada uno de estos países contar con un observatorio de la deserción estudiantil que proporciona estadísticas y las relaciones entre los estados afectivos de los estudiantes, las estrategias didáctico-tecnológicas y la deserción. Es decir, es una herramienta precisa para hacer frente al fenómeno de la deserción.
- A las universidades de la región contar con un modelo en ejecución para la creación de centros similares con sus sistemas de laboratorios, que fortalecen la formación y la creación de soluciones innovadoras en tecnología educativa, en didácticas accesibles, en el uso de los sistemas de detección de emociones y recursos innovadores. En otras palabras, es un espacio propicio para la interacción de los grupos interinstitucionales que combinan esfuerzos en soluciones comunes a problemas educativos. Los profesores, estudiantes y personal administrativo de estas cuatro universidades y asociadas tienen un espacio institucional que ofrece recursos para su actualización profesional en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las po-

blaciones vulnerables y el desarrollo de un perfil profesional innovador y único en la región. Es decir, son profesionales empoderados en educación accesible y afectiva.

La existencia de un diseño de Cadep Acacia con los diseños correspondientes de cada módulo que ofrece el proyecto permite a las universidades de la región tener un modelo replicable que, además de ofrecer una estructura fiable, acelera los procesos institucionales de creación de centros Acacia (Proyecto Acacia, 2016). Los Cadep piloto nos llevan a la formulación de algunas preguntas que es necesario contestar. Una de las preguntas más importantes por responder es «¿Qué estudiantes son más propensos a la deserción universitaria?», la cual permitirá identificar el fenómeno de estudiantes que abandonan los estudios universitarios, que es un fenómeno mundial y tiene múltiples impactos negativos no sólo para los estudiantes sino también para las universidades, la región, la sociedad y la economía local y nacional (Peña & Pérez, 2013). Sin embargo, es difícil predecir qué estudiantes abandonarán los estudios, ya que no hay evaluaciones rigurosas y programas de recuperación al respecto. Además, tampoco existen evidencias hasta ahora sobre los puntos de algún programa «muy eficaz» y prácticas que reduzcan la tasa de deserción (Moodie, 2016).

Sin embargo, los estudios sugieren diferentes niveles de deserción que se ven afectados por los modelos de formación, costes financieros, el tipo de programa, condiciones biográficas como el entorno social del estudiante, junto con el valor de la educación y las credenciales educativas (Patiño & Cardona 2013). Las universidades como instituciones tratan de responder a este fenómeno, pero esto excede el rol institucional para convertirse en un problema para el sistema de educación, que exige llevar a cabo políticas articuladas mediante estrategias sistemáticas para afrontar este tipo de problemas de abandono de los estudios. Por ejemplo, la mayoría de los trabajos de investigación recientes publicados en 2015 indican que las tasas de finalización fueron más bajas para los estudiantes indígenas, estudiantes a tiempo parcial, estudiantes externos, mayores de 25 años, estudiantes remotos y estudiantes de origen socioeconómico bajo (Moodie, 2016). Además, se identificaron varios factores externos y relacionados con la educación por motivos de abandono universitario (National Centre for Student Equity in Higher Education, 2016), motivos tales como:

- El sexo del estudiante: se demuestra que los estudiantes varones desertan más fácilmente que las mujeres;
- La edad: estudiantes de 25 o más son dos veces más proclives a abandonar que los estudiantes de 19 años o menos;
- El estatus socioeconómico (SES): estudiantes con bajo estatus son 17,1 % de todas las inscripciones y tienen una tasa de abandono del 31,1 %;
- La distancia del lugar donde se vive: los estudiantes que viven en zonas remotas tienen una tasa de abandono significativamente más alta que los otros;
- Los estudiantes indígenas: más de uno de cada cinco estudiantes indígenas en una cohorte particular habían abandonado la universidad antes de cumplir dos años y otra cuarta parte habían abandonado en alguna otra etapa en el período de nueve años;
- El tiempo en el campus: los estudiantes que sólo estudian tiempo parcial son el doble de proclives a desertar que los estudiantes a tiempo completo.

Más allá de las características mencionadas hay también otros motivos de abandono universitario, tales como los relacionados con factores psicológicos y sociológicos (Thunborg, Edström & Bron, 2011), que describen seis motivos que son interesantes para entender el comportamiento de los estudiantes y las razones por las cuales algunos de ellos abandonarán la educación superior. Este comportamiento está relacionado con el compromiso de los estudiantes en sus estudios, y hacen referencia a: 1) tiene algo que hacer; 2) estar interesado en el estudio y en la educación superior en general, incluyendo culturizarse, es decir, tratar de experimentar lo que es; 3) estar interesado en un tema específico; 4) obtener una profesión o mejorar el nivel educativo; 5) cambiar el curso de su vida; y 6) ser un ciudadano activo.

En Bottomley (2016) también se afirma que, en términos de política, se podría concluir que los esfuerzos para aumentar la retención de los estudiantes precisan de intervención, probablemente incluso antes de que los estudiantes postulen a la universidad, es decir, al comienzo de la transición a la educación superior.

Por tanto, los centros de cooperación son principalmente entidades institucionales que tienen el objetivo de establecer sinergias en cualquier campo. En

este caso, se introducen aquí con el objetivo de establecer un conocimiento previo común acerca de su potencial uso para ayudar a los estudiantes en riesgo de abandono o incluso como apoyo para cualquier proyecto o ideas que los estudiantes puedan tener y, como consecuencia, podrían funcionar como catalizadores para el establecimiento de altos niveles de motivación en sus estudios.

Sin embargo, para entender mejor el papel de los centros de cooperación, se hace una introducción de la palabra *cooperación*, que deriva de la voz latina *cooperatio* —a veces en el mundo anglosajón, se escribe como *co-operación* (Wikipedia, 2016)—. Se define como «la asociación de un número de personas para su beneficio común, hacer una acción colectiva en la búsqueda del bienestar común, especialmente en un proceso industrial o comercial» (University of Wisconsin Center for Cooperatives, 2016). Por tanto, la cooperación implica una disposición en la que dos o más entidades voluntariamente participan en un intercambio mutuamente beneficioso en lugar de competir. La cooperación puede ocurrir cuando existen recursos suficientes de ambas partes o son creados por su interacción (BusinessDictionary, 2016). Por ejemplo, existe la cooperación entre los gobiernos, las empresas, las universidades, las unidades gubernamentales y otros grupos que creen que trabajando con los demás pueden lograr más de lo que pueden por sí solos (University of Wisconsin Center for Cooperatives, 2016). Un conjunto de cuatro beneficios de la cooperación se enumera a continuación (University of Mannheim Business School, 2016):

- **La transferencia de conocimientos.** Ideas y soluciones con base científica para los problemas específicos e ideas innovadoras para posibles oportunidades de negocio.
- **Reclutamiento.** Debido a este tipo de plataformas compartidas e iniciativas existentes de cooperación, se puede facilitar el acceso de empresas a estudiantes, por ejemplo, en talleres para llevar a cabo el reclutamiento.
- **Contribución a las redes de investigación científica.** Apoyo de proyectos que promuevan la cooperación en investigación y desarrollo de la ciencia mediante el intercambio de ideas con otros profesionales y académicos en igualdad de condiciones y el recibimiento de un valioso impulso.
- **Adquisición de ideas y métodos.** Eventos de cooperación que trabajan con actores experimentados y reconocidos internacionalmente en un dominio

abierto para compartir el conocimiento facilitan la difusión y validación de nuevas ideas.

Por ello, consideramos que los Cadep Acacia son centros de cooperación para la lucha contra la deserción y verdaderos impulsores de estrategias sistemáticas para afrontar el abandono de los estudios.

## 2. El Centro Acacia o Cadep Acacia

El proyecto Acacia define un sistema de Centros de Apoyo y Desarrollo Educativo Profesional (Cadep) que, como se ha mencionado antes, tiene la intención de apoyar, convocar, cultivar, adaptar, comunicar e innovar en el ámbito de la educación inclusiva. Tales centros nacen con la intención de recibir y compartir experiencias, recursos, equipos, problemas y soluciones para la reducción de la deserción de estudiantes, y para la modernización de sus estructuras organizativas integradas en el propósito del respeto a los demás y sus diferencias, constituyéndose en una Red de Centros Acacia. Así establecida, la red de Cadep del proyecto Acacia ofrece una nueva herramienta institucional para detectar, estudiar y solucionar problemas que una dependencia, una facultad o un programa de formación profesional no pueden enfrentar de manera aislada (Gutiérrez y Restrepo E. *et al.*, 2016). Para facilitar la interacción con cada uno de los centros que conforman la Red y para la difusión de sus actividades, se ha creado la página web de la Red: <http://acacia.red>.

El Centro Acacia integra los cinco módulos mencionados, tal como se muestra en la Figura 2.1. (Marcelino-Jesus *et al.*, 2016), que con una imagen de flores representa una invitación a los estudiantes y otros actores de la educación a participar en sus iniciativas y objetivos. Además, sus funciones, como se ilustra por las flores, tienen también la intención de cooperar como engranajes sincronizados mediante el seguimiento a los estudiantes en riesgo; capacitando y apoyando tanto al personal docente y técnico, así como el personal administrativo de la institución; explorando nuevas estrategias para la enseñanza universitaria, incluyendo el uso de las TIC innovadoras en sus prácticas didácticas, y, finalmente, fomentar el espíritu empresarial entre los estudiantes y profesores.

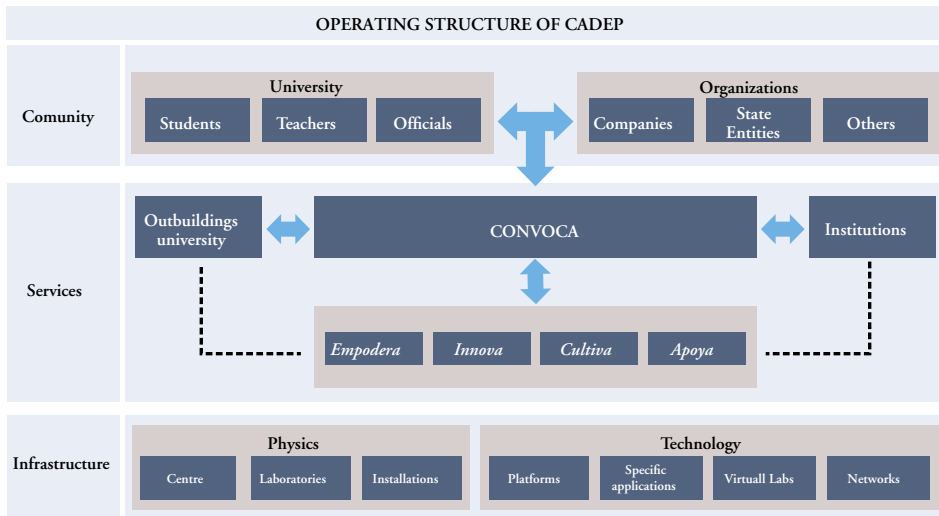
**Figura 2.1.**  
 Representación metafórica de los Módulos de un centro Acacia como engranajes que son flores del jarrón CADEP Acacia



Fuente: Marcelino-Jesus et al., 2016

En la Figura 2.2., se presenta un *framework* o marco para orientar el desarrollo de un Cadep.

**Figura 2.2.**  
 Estructura de funcionamiento de un Cadep



Fuente: Marcelino-Jesus et al., 2016.

Esta estructura consta de tres capas: la capa de la COMUNIDAD en la que se pueden encontrar los diferentes usuarios de los servicios del Cadep, en cuyo caso hay dos grandes tipos de usuarios, uno es la universidad donde está instalado el Cadep y otro son las organizaciones que pueden utilizar los servicios de un Cadep (Marcelino-Jesus et al., 2016). La universidad comprende a los estudiantes, profesores y empleados de la administración; y las organizaciones pueden ser empresas, agencias estatales y otras instituciones como escuelas u organizaciones no gubernamentales.

La capa de SERVICIOS del módulo Convoca tiene la función de la articulación con los diferentes servicios de los otros módulos: Empodera, Innova, Cultiva y Apoya. También integra las instalaciones de la universidad, que aborda las cuestiones de diversidad y que puedan trabajar junto con los módulos de instituciones de otros países que también puedan apoyar el trabajo de los diferentes módulos.

Finalmente, la capa de INFRAESTRUCTURA tiene dos tipos: el físico y el tecnológico. La capa física proporciona las diferentes estructuras que pueden servir al Cadep, como laboratorios e instalaciones. La capa tecnológica proporciona plataformas, aplicaciones específicas y laboratorios virtuales, todas las cuales dan soporte al funcionamiento del Cadep y los diferentes módulos.

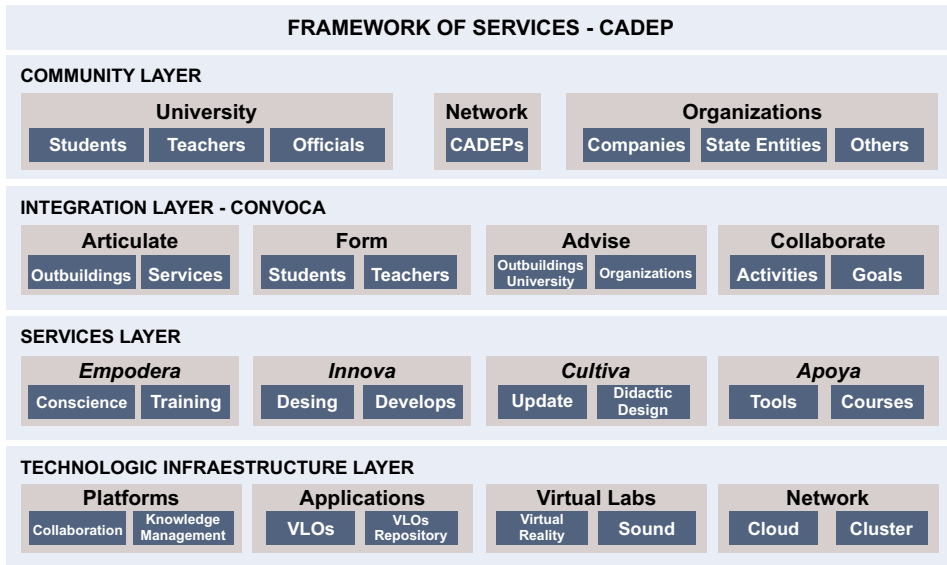
En la Figura 2.3. se representa el *framework* de servicios Cadep. Este *framework* permite conocer cómo el Cadep proporciona servicios a la comunidad. Cuatro capas lo constituyen: (1) la comunidad; (2) la integración; (3) los servicios; y (4) las infraestructuras tecnológicas.

La capa COMUNIDAD integra todas las entidades que pueden establecer una red de varios Cadep que pueden compartir sus servicios con la universidad y otros actores organizacionales.

La capa de INTEGRACIÓN es coordinada por Convoca y tiene las funciones de articular, entrenar, asesorar y colaborar. Estas funciones permiten la articulación del módulo Convoca con los otros módulos. Por ejemplo, mientras el módulo Empodera desarrolla las capacidades y habilidades, el módulo Convoca permite articular los servicios de Empodera con las organizaciones que requieren tales servicios con la universidad o con los Cadep en general.

En la capa SERVICIOS se pueden encontrar las interfaces de los desarrollos y funciones tecnológicos. A modo de ejemplo, Cultiva proporciona interfaces para

**Figura 2.3.**  
*Framework de servicios de un Cadep*

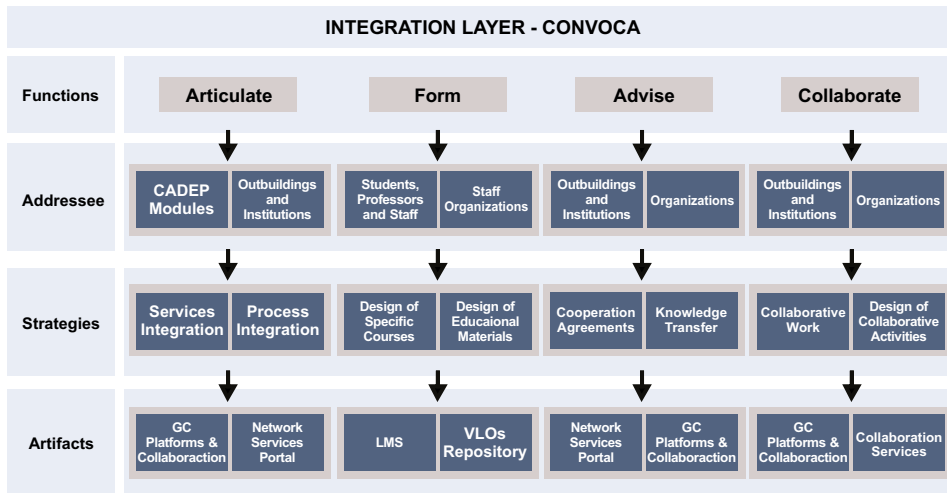


el diseño de enfoques didácticos, mientras Apoya presenta las herramientas y cursos de e-Learning a los que la comunidad puede acceder.

Por último, está la capa de INFRAESTRUCTURA, que aporta las plataformas para la colaboración y el intercambio de conocimiento; las aplicaciones para la gestión de VLO y sus repositorios; los laboratorios virtuales enfocados en el desarrollo de soluciones inclusivas que se pueden relacionar, por ejemplo, con la realidad virtual. Luego está el elemento red, que puede suministrar servidores *clusters* o *cloud* para dar soporte a las operaciones de los Cadep.

En la Figura 2.4. se ilustra otra vista de la estructura de las funciones del módulo Convoca presentado. La primera capa corresponde a las FUNCIONES mencionadas anteriormente; siguen los DESTINATARIOS y las ESTRATEGIAS que se pueden implementar para dichas funciones y al final están los ARTEFACTOS, esto es, los instrumentos que pueden dar soporte a estas estrategias. Por ejemplo, para la articulación de los usuarios en los diferentes módulos Cadep, la estrategia puede ser una integración de los procesos en los diferentes módulos; y el artefacto puede ser una plataforma para la gestión del conocimiento y la colaboración.

**Figura 2.4.**  
Funciones de la capa de integración



Este *framework* permite el establecimiento de la estructura que da soporte a la articulación de los servicios. Esto significa que un estudiante de una de las universidades participantes puede requerir el diseño de una tecnología específica y a continuación la capa de integración de búsquedas convoca a las dependencias de la universidad que pueden hacer este tipo de trabajo y que pueden conectarse con el módulo Convoca para hacer frente a esta necesidad. Este trabajo puede ser integrado con las plataformas y laboratorios y estar disponible para las necesidades del estudiante (Marcelino-Jesus et al., 2016).

### 3. La estrategia Acacia

Desde el punto de vista organizacional, el enfoque consiste en el apoyo a los centros de educación y desarrollo profesional que, como se ha mencionado, se llaman Cadep Acacia o Centros Acacia y que integran los módulos Empodera, Innova, Cultiva, Apoya y Convoca, que en su conjunto: (1) crean un *framework* apropiado para el monitoreo de estudiantes en riesgo; (2) proporcionan formación y apoyo por igual tanto para el personal académico como personal técnico y administrativo de la institución; (3) exploran, a través de su sistema de laboratorio, nuevas estrategias para la enseñanza universitaria y el

uso innovador de las TIC en las prácticas de enseñanza, fomento del espíritu empresarial entre los estudiantes y profesores. Este sistema se articula con la comunidad educativa para hacer frente a las capacidades y necesidades de cada estudiante.

El modelo de Cadep es el resultado del análisis de múltiples enfoques teóricos que abordan los problemas de la retención de los estudiantes. Por tanto, se propone la creación de un comité de módulos para la identificación y análisis de los estudiantes en riesgo de abandonar los estudios. Estos comités buscan contribuir a la meta exigente de mantener y fomentar el interés del estudiante en una participación activa en clase, y capacitar a los maestros con las habilidades y herramientas que permitan la adopción de nuevos modelos de enseñanza. Esto debe hacer frente de la mejor manera las diferencias y las necesidades de sus alumnos. La innovación es una parte esencial de cada módulo dentro de los Cadep Acacia (Gutiérrez y Restrepo E. *et al.*, 2016):

- **Innovación en la afectividad académica y social universitaria.** Se realiza mediante soluciones de aprendizaje automático para facilitar el desarrollo de una herramienta de apoyo que detecta las emociones, utilizando, entre otros, el paradigma de la *Internet of Things* (IoT), capaces de generar recomendaciones didácticas que respondan a los estados emocionales del estudiante que son detectados y seguidos para mejorar su nivel académico y evitar la deserción estudiantil. También desarrolla campañas de sensibilización de la comunidad en el campo de acción de la universidad, lo que incluye familia, empresas y resto del tejido social (Apoya).
- **Innovación tecnológica en la docencia.** En la universidad esto se realiza mediante el uso de sistemas de gestión de conocimiento, así como la creación y reutilización de aplicaciones y dispositivos innovadores, fomentando el emprendimiento universitario, la transferencia de conocimiento y la relación universidad-empresa (Innova y Empodera).
- **Innovación didáctica en ambiente universitario.** Se alcanza a través del desarrollo de pautas, modelos y prototipos de tipo didáctico y aplicaciones para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje diferenciados según condiciones cognitivas, afectivas y culturales de los estudiantes, con miras a disminuir los niveles de repitencia de asignaturas. Se contemplan acciones como la incorporación de referentes que flexibilizan los currículos univer-

sitarios según escenarios y condiciones de aprendizaje de los estudiantes. Se promueven innovaciones de tipo didáctico (Cultiva y Empodera) como la actualización de los docentes para que sean autónomos en la creación de contenidos y ambientes de aprendizaje accesibles para atender las necesidades y preferencias de poblaciones con diferencias en el acceso al conocimiento.

- **Innovación en la gestión académica universitaria.** Se lleva a cabo mediante un sistema de gestión de conocimiento para la cooperación solidaria, que detecta, fomenta y transfiere innovaciones en lo afectivo, en lo tecnológico y en lo didáctico en su sistema de infraestructura física, tecnológica y de comunicación, necesarias para el buen funcionamiento del Cadep y su articulación interna y externa con otras instancias universitarias, otras entidades y otros Cadep (Convoca).

#### 4. Los módulos de los Cadep Acacia

El modelo del centro Cadep-Acacia es el resultado del análisis de múltiples enfoques teóricos que se ocupa de los problemas de retención del estudiante. Los estudios realizados por el Centro de Retención de Estudiantes (CSCSR, siglas de Center for the Study of College Student Retention) indican que, a pesar de los esfuerzos de las universidades en las políticas de retención, estas instituciones no han sido capaces de aumentar las tasas de retención (Gutiérrez y Restrepo E. et al., 2016). Las principales estrategias propuestas por el CSCSR tienen que ver con la creación de un comité de retención en instituciones, la identificación de los estudiantes en riesgo de abandonar los estudios, la identificación de problemas en el aula, tales como poca atención, obtener malas calificaciones y poca participación en clase, entre otros. Mientras tanto, se observó que hay casos individuales de deserción relacionados con los valores personales propios (del estudiante), la baja autoestima, la automotivación, hábitos de estudio, la persistencia, la tolerancia a la frustración y las expectativas, que dificultan su adaptación a la institución, al proceso de aprendizaje, entre otros (Higher, 2015).

Cadep es un sistema integrado compuesto por los cinco módulos siguientes: Empodera, Innova, Cultiva, Apoya y Convoca. Estos ofrecerán estrategias y recursos innovadores, que abarcan cuatro dimensiones, a saber:

1. **La innovación en la dimensión emocional.** El módulo Apoya deberá trabajar con herramientas basadas en aprendizaje automático para identificar y seguir los estados emocionales en el aula, y en base a eso será capaz de generar recomendaciones e insumos para elevar el nivel académico y reducir el número de abandonos. Además, ha de ocuparse de generar y mantener un clima de tolerancia y aceptación de la diversidad en toda la comunidad universitaria, mediante la creación y difusión de guías curriculares y campañas de comunicación, así como cualquier otro medio de comunicación que facilite generar un cambio de actitud y mejora del respeto por el otro y sus diferencias.
2. **La innovación tecnológica.** Los módulos Empodera e Innova deberán concebir y desarrollar herramientas de gestión del conocimiento para apoyar la creación de instancias completas del ciclo de conocimiento dentro de la comunidad universitaria. Además, la innovación tecnológica incluirá también la creación y reutilización de herramientas y dispositivos que cuestionan la cultura de la creatividad, el espíritu empresarial innovador y la innovación en sí, lo que en última instancia puede reforzar (o ayudar a crear) el enlace entre la universidad y la industria.
3. **La innovación didáctica.** Ambos módulos, Cultiva y Empodera, elaborarán planes de estudios, modelos, prototipos didácticos y herramientas de apoyo para mejorar el proceso de aprendizaje y enseñanza (que idealmente debe ser tan personalizado como sea posible) teniendo en cuenta los aspectos cognitivos, afectivos y las condiciones culturales de los estudiantes. Por ejemplo, deben capacitar y proporcionar herramientas para ayudar a los profesores a crear materiales de aprendizaje accesibles de forma autónoma, aplicando las directrices de accesibilidad y sus recomendaciones, para tener en cuenta las preferencias y necesidades específicas de diversos grupos de usuarios.
4. **La innovación en la dimensión de gestión académica.** El módulo Convoa deberá desarrollar un sistema de gestión del conocimiento dirigida a la cooperación entre las herramientas y los recursos creados en las otras tres dimensiones mencionados previamente (I, II, y III). Se requiere esta cooperación no sólo para garantizar el funcionamiento armónico del mismo Cadep como un sistema integrado, sino que también es necesario para abrir las puertas exteriores para integrar el Cadep en otros entornos, con otros sistemas e instituciones.

Acacia aboga por la equidad en la educación, lo cual significa que: (i) reconoce el valor individual de cada persona y cada uno dentro del sistema educativo; (ii) ofrece el entorno adecuado para promover y dar soporte al desarrollo profesional de toda la comunidad; (iii) prepara un entorno adecuado para acoger las personas en situación de vulnerabilidad e interactuar con ellas, ayudando a su formación y desarrollo profesional en la universidad; (iv) se ocupa de la dimensión emocional y afectiva de cada uno de los miembros de la comunidad académica; y (v) promueve el apoyo institucional a los grupos que necesitan soporte específico y seguimiento durante su tiempo de vida académica.

Para fines ilustrativos, unos pocos casos en los que el Cadep puede desempeñar un papel positivo y eficaz son los siguientes: (i) ayudar a la preparación de materiales y cursos para hacer frente a problemas específicos que afectan el proceso de aprendizaje de las comunidades vulnerables, tales como el alcoholismo y discriminaciones de cualquier tipo; (ii) proporcionar soporte tecnológico para ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades emocionales en disciplinas específicas; (iii) ayudar a la adaptación (en términos del contenido en sí, el proceso de enseñanza, entre otros) de material didáctico para necesidades particulares (por ejemplo, los estudiantes que no tienen el idioma nacional como su lengua materna, el caso concreto por ejemplo de estudiantes indios en universidades de Brasil); (iv) la creación de directrices y sistemas de formación para ayudar a la comunidad universitaria a preparar materiales de aprendizaje accesibles (Lima, Pinheiro & Sarraipa, 2016).

Veamos, pues, más en detalle los módulos de un Cadep Acacia.

#### 4.1. Módulo Empodera



Empodera tiene por objetivo capacitar a docentes, personal administrativo y técnico en la creación de materiales educativos accesibles y, siempre que sea necesario, adaptados a las condiciones particulares (por ejemplo, la personalización para una comunidad indígena o personas sordas). Además, se ocupa del mantenimiento de la base de conocimiento Acacia, del Kit Alter-Nativa actualizado y del repositorio de objetos de aprendizaje, así como de alentar su utilización. Para ello, ha de:

- Producir guías para la creación de contenidos accesibles;
- ofrecer un sistema de cursos de formación para la creación de contenidos accesibles;
- ofrecer servicios que den soporte al funcionamiento correcto del repositorio y su actualización.

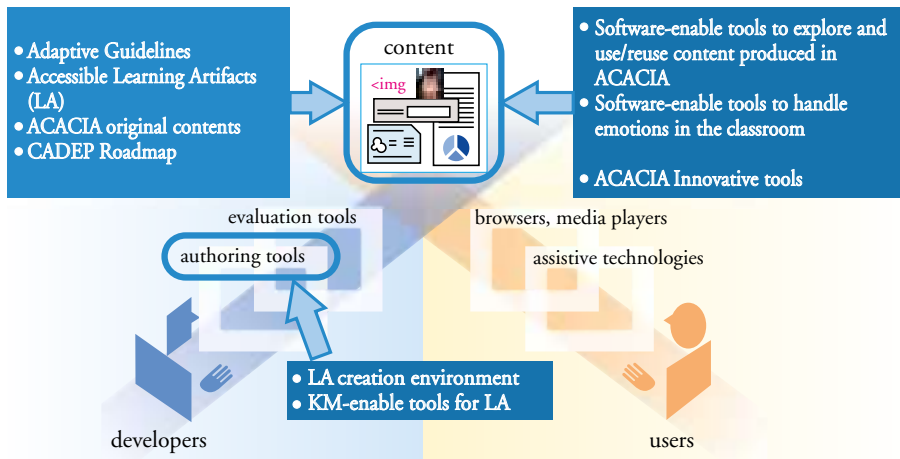
Empodera proporciona: (i) un conjunto de guías para crear material accesible (para muchas herramientas y formatos, tales como la web, multimedia, vídeo y audio, Microsoft Office y OpenOffice); (ii) un modelo de formación para profesores y estudiantes para la creación de contenidos accesibles; (iii) las directrices para el uso general de las herramientas TIC en relación con las necesidades / escenarios de accesibilidad; (iv) el modelo de formación para hacer las adaptaciones necesarias en los materiales accesibles; y (v) un conjunto de cursos sobre la generación de adaptaciones.

En lo que atañe al *software*, las herramientas ideadas están organizadas en dos grupos, a saber: (i) las que sirven para ayudar en la creación y publicación de materiales de aprendizaje que cumplan totalmente con las directrices y recomendaciones internacionales y nacionales de accesibilidad, en particular las del W3C-WAI; y (ii) la *suite* de gestión del conocimiento, que es un conjunto de herramientas para implementar el ciclo de vida del conocimiento centrado en los materiales de aprendizaje, donde la idea principal es proporcionar apoyo a la creación/generación, formalización, el intercambio/difusión, utilización/reutilización y la retroalimentación de los materiales de aprendizaje.

La Figura 2.5 representa algunos de los aportes técnicos cuya producción por el proyecto Acacia se previó para posicionarlos, en aras de claridad, en la parte superior del *framework* técnico del grupo del W3C *Web Accessibility Initiative* (WAI).

La Figura 2.5. muestra cómo los resultados de Acacia encajan en el *framework* del WAI. En cuanto al contenido en sí, las directrices de adaptación, artefactos de aprendizaje accesibles y la hoja de ruta Cadep son ejemplos de posibles resultados. Por otra parte, se espera que las herramientas de *software* permitan explorar, usar y reutilizar el contenido producido por Acacia, junto con el *software* para detectar e interpretar las emociones en los entornos de aprendizaje.

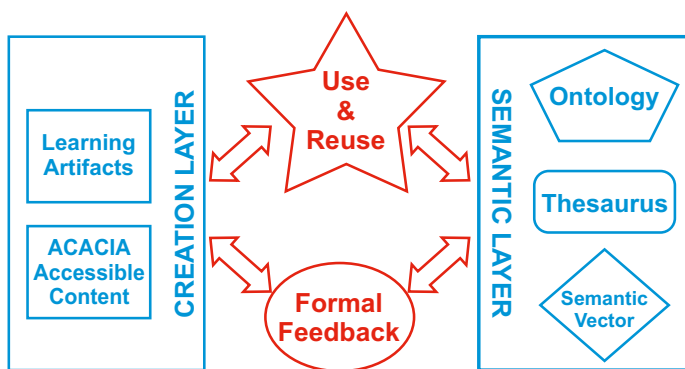
**Figura 2.5.**  
Resultados esperados de Acacia y el *framework* técnico WAI



Fuente: Celson Pantoja Lima

También vale la pena decir que la arquitectura preliminar que da soporte al trabajo técnico de Empodera se basa en dos pilares principales: la capa semántica y la capa de creación (ver la Figura 2.6). La capa de Creación tiene dos componentes: los objetos de aprendizaje y contenidos accesibles de Acacia; y la capa semántica sostiene una ontología, un tesoro y un vector semántico. Ambas capas apoyan el uso y la reutilización de artefactos de aprendizaje y contenidos de Acacia, que también incluye una evaluación formal por parte de los usuarios.

**Figura 2.6.**  
Arquitectura Técnica Empodera (ver preliminar)

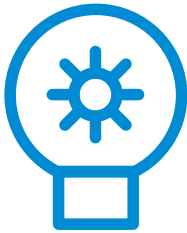


Fuente: Celson Pantoja Lima

La capa de Creación está vinculada a Herramientas de autoría, que se ve en la Figura 2.5. El entorno adoptado/adaptado para dar soporte a la creación de artefactos de aprendizaje accesible (LA) pertenece aquí, junto con el Sistema de Gestión de Contenidos (CMS, siglas en inglés Content Management System), donde todos los contenidos accesibles creados por Acacia han de ser potencialmente almacenados. La capa semántica tiene la *suite* de herramientas de gestión del conocimiento (KM, siglas del inglés Knowledge Management) donde se presenta de forma explícita algunos elementos fundamentales que apoyarán la *suite* (es decir, la ontología, diccionario de sinónimos y el vector semántico). El objetivo final es tener el LA semánticamente indexado a través de la combinación de los recursos de los elementos fundamentales y, al hacer esto, proporcionar un entorno adecuado para crear una instancia del ciclo de conocimientos (potencialmente) sobre todo el contenido accesible creado en Acacia.

Vale la pena recordar que Empodera no reinventa la rueda con respecto a las herramientas CMS y KM y elementos fundamentales; más bien aprovecha los proyectos anteriores (por ejemplo, ALTER-NATIVA) y herramientas libres (como Liferay, RapidMiner). Sin duda, adaptaciones y personalizaciones son parte del juego, debido a las necesidades específicas de Acacia (Lima, Pinheiro, & Sarraipa, 2016).

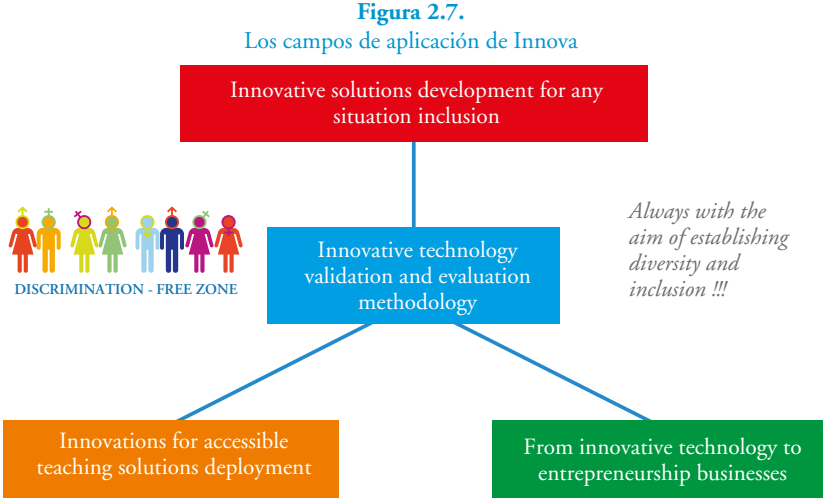
## 4.2. Módulo Innova



Este módulo es responsable del desarrollo de las innovaciones tecnológicas que promoverán la inclusión de estudiantes y la transferencia de la innovación al sector empresarial. El objetivo principal de Innova es apoyar la creación de aplicaciones y dispositivos que ofrezcan soluciones alineadas con las necesidades educativas especiales y la diversidad. El Módulo Innova abarca cuatro campos de aplicación principales (Figura 2.7.).

- Defender el desarrollo de soluciones innovadoras con el objetivo de establecer la diversidad y la inclusión.
- Aplicar la innovación para el desarrollo de soluciones de enseñanza accesibles.
- Validar y evaluar tecnologías innovadoras y crear una metodología de evaluación.

- Apoyar la transformación de posibles ideas innovadoras con el fin de generar negocios empresariales.



Aunque el objetivo del paquete Innova integra el desarrollo de soluciones adaptadas a las personas con necesidades especiales, esto también requiere métodos de validación y evaluación, lo que potenciará el desarrollo eficaz de las tecnologías innovadoras que podrían terminar en negocios fructíferos. Los enfoques clave de Innova promueven el éxito de los estudiantes y el espíritu empresarial. De este modo, el paradigma de aprendizaje ubicuo como un enfoque innovador potencia el desarrollo de aplicaciones de e-Learning accesibles, que es el objetivo principal del paquete Innova. Este módulo pretende proporcionar las herramientas para motivar al manejo y la creación de innovaciones para la inclusión o para la retención que de por sí ayudan a los estudiantes, pero que también pueden dar lugar a nuevas empresas de incubación (Sarraipa J. *et al.*, 2016).

### 2.4.3. Módulo Cultiva



El módulo Cultiva contribuye al desarrollo de competencias didácticas de profesores y estudiantes de profesorado en el diseño, gestión y apropiación de ambientes de aprendizaje y de propuestas didácticas accesibles que incorporen la afectividad, a partir de los referentes curriculares definidos en el proyecto ALTER-NATIVA. Los objetivos del Módulo son:

1. Articular las dependencias institucionales, la comunidad educativa y el sistema módulos Empodera, Innova, Apoya y Convoca, para promover prácticas, innovaciones o iniciativas en la formación de profesores universitarios y de estudiantes, orientadas al empoderamiento profesional de profesores y de estudiantes en escenarios de riesgo de exclusión de poblaciones.
2. Desarrollar competencia didáctica de profesores universitarios y de estudiantes en el diseño, gestión y apropiación de ambientes de aprendizaje y de propuestas didácticas accesibles que incorporan la afectividad, a partir de los referentes curriculares definidos en el proyecto ALTER-NATIVA, a partir de la actividad del módulo Cultiva.
3. Promover en los profesores universitarios prácticas de reinención, reconstrucción e innovación en la formación profesional de sus estudiantes como protagonistas de sus aprendizajes.

Este módulo desea definir y desarrollar modelos, sistemas y contenidos necesarios en la producción de ambientes didácticos accesibles; en la creación de diseños didácticos educativos accesibles que incorporan la dimensión afectiva de los profesores y de los estudiantes; y en la aplicación de referentes curriculares ALTER-NATIVA en diversos escenarios educativos.

El módulo Cultiva ofrece innovación didáctica en ambientes universitarios mediante el desarrollo de pautas, modelos y prototipos de tipo didáctico y aplicaciones para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje diferenciados según condiciones cognitivas, afectivas y culturales de los estudiantes, con el propósito de disminuir los niveles de repitencia de asignaturas. Constituyen innovaciones de tipo didáctico acciones como la incorporación de referentes que flexibilizan los currículos universitarios según escenarios y condiciones de aprendizaje de los estudiantes; la actualización de los docentes en cuanto a su autonomía para la creación de contenidos y ambientes de aprendizaje accesibles para atender las necesidades y preferencias de poblaciones con diferencias en el acceso al conocimiento.

Elementos transversales de toda la actuación desde Cultiva son la accesibilidad y la afectividad. Respecto a la primera, el paquete de trabajo Cultiva ha definido cuatro dimensiones de la accesibilidad que son pertinentes desde un punto de vista educativo como derecho humano fundamental, como atributo de los diseños didácticos, como compromiso y características de las prácticas didácticas grupales y como elemento para el desarrollo cultural y económico.

Propone, entonces, siete directrices a ser tenidas en cuenta en los ambientes de aprendizaje, para que resulten accesibles:

1. El ambiente de aprendizaje accesible se enuncia y funciona teniendo en cuenta los aportes del Diseño Universal de Aprendizaje.
2. El ambiente de aprendizaje accesible es abierto a la búsqueda y el desarrollo de estrategias múltiples para lograr su objetivo de accesibilidad.
3. El ambiente de aprendizaje accesible provee de una atención diferenciada a los sujetos involucrados, de acuerdo con sus circunstancias particulares.
4. El ambiente de aprendizaje accesible para lograr sus objetivos debe enunciarse y desarrollarse en diálogo con conocimientos y herramientas técnicas.
5. El desarrollo de estrategias en torno a la dimensión afectiva y emotiva es inherente al ambiente de aprendizaje accesible.
6. En la construcción del ambiente de aprendizaje accesible debe estar clara la diferenciación entre accesibilidad y usabilidad.
7. El ambiente de aprendizaje accesible da un papel activo al sujeto que aprende.

Respecto a la afectividad, propone las siguientes directrices orientadas a incorporar la afectividad en los ambientes de aprendizaje, organizadas en tres niveles: (i) el nivel del aula, donde se sitúa la interacción profesor-estudiante; (ii) el nivel de la institución, donde se decide el contenido curricular y las políticas educativas; y (iii) el nivel interpersonal del estudiante, que concierne en particular a su entorno familiar y social:

#### **A. Interacción profesor-alumno**

##### *I. Comprensión de las emociones en el aula*

1. Reconocer las emociones presentes en el aula;
2. Generar un ambiente cálido en el aula;
3. Promover emociones positivas.

##### *II. Técnicas de enseñanza-aprendizaje afectivas*

1. Fijar metas claras y comprensibles; dirigir la enseñanza hacia la resolución de problemas;

2. Relacionar el material estudiado con problemas relevantes para los estudiantes;
3. Variar los medios y las modalidades de enseñanza;

*III. Reconocer la diversidad en el aula.*

**B. Currículo e institución**

*I. Enseñanza de habilidades para la vida*

1. Habilidades fundamentales para desarrollo emocional y social de los estudiantes como parte integral del currículo.

*II. Afectividad en las evaluaciones*

1. Claridad en el tiempo, exigencias y consecuencias de las evaluaciones;
2. Dar la oportunidad de escoger entre pruebas y de retomar evaluaciones;
3. Realimentación sobre las evaluaciones, enfocándose en el progreso y concibiendo el fallo como una oportunidad de mejora;
4. Evitar evaluaciones decisivas.

*II. Servicios de apoyo institucionales*

1. Proveer servicios de acompañamiento y apoyo emocional a los estudiantes;
2. Ambiente universitario positivo;
3. Políticas institucionales, metas y principios comunes y estructuras organizacionales que apoyen el desarrollo socioafectivo.

**C. Familia y comunidad**

*I. Rol de los padres*

1. Involucrar a los padres en la institución.

*II. Comunidad estudiantil e interacción entre estudiantes*

1. Comunidades estudiantiles de aprendizaje;
2. Establecimiento de reglas o códigos de conducta;
3. Crear un sentimiento de comunidad.

#### 4.4. Módulo Apoya



El módulo Apoya tiene por objetivo proporcionar medios y métodos para mejorar la sostenibilidad emocional como enfoque innovador para la prevención de la deserción de estudiantes. El estado emocional de los estudiantes en riesgo de abandono tiene que ser evaluado, y los métodos innovadores para el asesoramiento y la adaptación de planes de estudio deben ser aplicados para sacar al estudiante de la zona de riesgo. Este módulo tiene dos componentes: el primero es tecnológico y el segundo es humano. El objetivo del componente tecnológico es implementar un sistema de detección de emociones automatizado que permita monitorear y apoyar a los estudiantes proporcionando recomendaciones didácticas también de manera automática. El componente humano busca educar, informar y divulgar en toda la comunidad académica las directrices para el reconocimiento y trato con personas en situaciones de exclusión (trastorno de atención, discapacidad, diferencias culturales, situaciones emocionales extremas, etc.). El módulo proporciona directrices para la detección de situaciones que pueden generar exclusión social asistiendo con la respuesta adecuada y acciones de difusión para darlas a conocer y así comprender y actuar. A continuación, se describen los objetivos de Apoya:

1. **Detección automática de estados emocionales.** Proporcionar un sistema que permita hacer un seguimiento automático de las emociones y generar recomendaciones para mejorar el nivel académico de los estudiantes.
2. **Promoción de la multiculturalidad y la diversidad.** El objetivo de esta tarea es generar directrices o guías para la detección y trato con personas en riesgo de exclusión social, creación de campañas para la visibilidad de tales situaciones y un sistema de cursos para formar a los profesores universitarios, personal administrativo y personal técnico.
3. **Articulación con otras instancias.** Se hace con otras dependencias institucionales, la comunidad educativa, el sector empresarial y, naturalmente, el resto de módulos: Empodera, Innova, Cultiva y Convoca, que conforman el Cadep Acacia.

El proyecto ha generado los siguientes recursos para el cumplimiento de los objetivos de los Módulos Apoya de los Centros Acacia piloto, entendiendo

que a partir del inicio de actividades de los mismos se ocuparían de generar nuevos recursos, algunos propios de cada uno y otros utilizables por cualquiera de ellos y creados desde el seno de la Red Acacia:

- Sistema de detección automática de emociones y generación de recomendaciones;
- Curso de Detección automática de estados afectivos;
- Diez guías de tolerancia y aceptación de la diversidad sobre Conflicto armado, Diversidad étnica y cultural, Drogodependencia, Intolerancia religiosa, Violencia de género, Violencia intrafamiliar, Diversidad sexual, Acoso sexual, Discapacidad y Problemas psicosociales;
- Seis campañas de tolerancia y aceptación de la diversidad: —¿Sabías que es un derecho...? Derechos Humanos; —¿En qué piensan las mujeres? Promoviendo la participación de la mujer en la ciencia; —Que la discapacidad no oculte mis capacidades: Discapacidad; —LGBTI o H: En nuestra universidad todos cabemos: Diversidad sexual; —No te calles: Violencia de género;— porque nuestra diferencia étnica y cultural nos enriquece a todos: Diversidad étnica;
- Curso de fomento de la interculturalidad;
- Diecinueve «Personas»: Nueve que representan diversas necesidades y preferencias de utilización de contenidos educativos y de accesibilidad, más diez que representan cada uno de los temas tratados en las guías antes mencionadas;
- Test de tolerancia;
- App para la descarga y reporte de uso de las guías;
- Página web para reporte de uso de las guías;
- Artemisa: *chatbot* para luchar contra el acoso sexual y recabar voluntarios para el módulo.

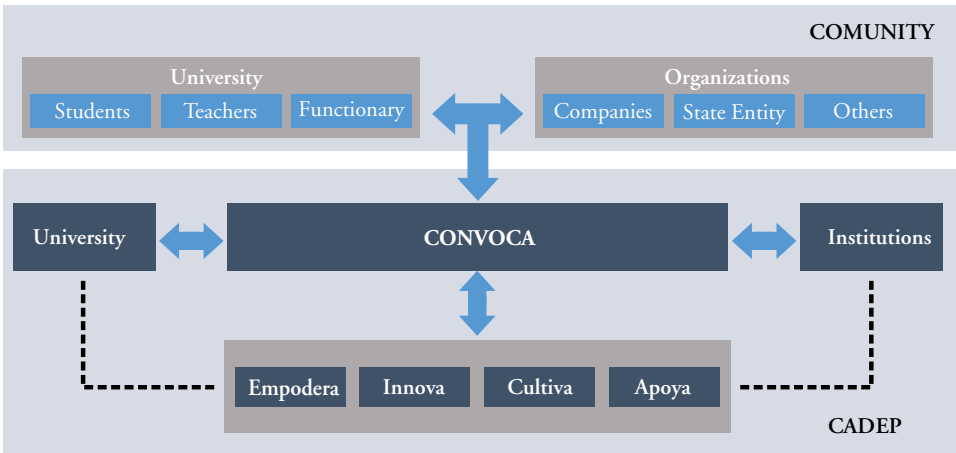
En definitiva, el Módulo Apoya se ocupa de atender los estados emocionales de la comunidad universitaria y garantizar un clima adecuado para la mejora del nivel académico y la reducción de la repitencia y del abandono o deserción universitaria.

#### 4.5. Módulo Convoca



El módulo Convoca se ilustra en la Figura 2.8. y tiene una posición central en un Cadep debido a su papel de establecer el desarrollo de habilidades institucionales en la gestión de este tipo de centros. Funciona de manera intra e intercooperativa con todos los módulos integrados de las Cadep en la producción y comunicación de la información sobre las soluciones y la investigación educativa. Esto significa que este módulo tiene que ver con todos los elementos de la infraestructura física y los elementos tecnológicos necesarios para el buen funcionamiento de un Cadep en cooperación con otras instancias universitarias, otras entidades y otros Cadep.

**Figura 2.8**  
Estructura del Cadep-Acacia



Convoca tiene cuatro objetivos principales, que son: 1) cooperar; 2) organizar y proporcionar; 3) gestionar; y 4) evaluar. El primero de ellos (cooperar), propone elaborar el modelo de cooperación, para habilitar el servicio tecnológico y evaluar el propio modelo de cooperación. El segundo objetivo (organizar y proporcionar) propone desarrollar el modelo conceptual de Cadep Acacia, para permitir la gestión de la plataforma, definir el diseño de guía de adecuación de las infraestructuras y elaborar el manual de identidad corporativa de los Cadep Acacia. El tercer objetivo (gestionar) busca el diseño del modelo de gestión,

diseñar los protocolos para la gestión de los sistemas informáticos, diseñar el modelo relacionado con la distribución de los recursos para la sostenibilidad y producir el curso para la gestión de los Centros Acacia. El cuarto y último objetivo (evaluar) busca desarrollar los protocolos de cooperación internos, para definir laboratorios, diseñar el sistema de diseminación y difusión, desarrollar el manual para los procedimientos e instrumentos del modelo de evaluación y diseñar el módulo Convoca en sí para cada piloto (Marcelino-Jesus et al., 2016).

Convoca es el módulo encargado de articular los diferentes elementos del Cadep, tanto a nivel interno como externo, y ofrecer las guías para evaluar la acción de los módulos y Cadep. El desarrollo de la función de la articulación implica la definición de las relaciones entre módulos y protocolos, universidades, entidades externas (instituciones gubernamentales y no gubernamentales) y otros Cadep, lo que permite apoyar acciones y actividades llevadas a cabo por el Cadep. El desarrollo de la función de evaluación implica procesos de definición, procedimientos e indicadores de impacto de los módulos y del Cadep en su conjunto, lo que permite determinar el rendimiento. El desarrollo de las funciones y actividades de los Cadep implica el diseño de la aplicación tecnológica para el manejo de la información sobre las personas a quienes el Cadep ofrece soluciones y atención. En el diseño de aplicaciones tecnológicas se debe tener una consideración especial sobre las implicaciones y el impacto que puede generar en las personas que las utilizan. El manejo de la información personal de aquellos que se benefician de las alternativas ofrecidas por los Cadep también debe ser una cuestión de alta consideración, ya que se trata de información confidencial.

En este contexto, en su función de articulación el módulo Convoca debe permitir establecer relaciones y protocolos de cooperación entre universidades y entidades externas (instituciones gubernamentales y no gubernamentales) que permitan definir las directrices para el diseño de aplicaciones tecnológicas y de esta forma controlar las consecuencias y el impacto que puede tener en las personas. En la función de evaluación deben definirse los procesos y procedimientos de manejo de la información, que deben ser acordes con la legislación del país donde funciona el Cadep.

## 5. Articulación de los módulos

Es principio fundamental del diseño de los centros Acacia que sus módulos han de actuar coordinadamente. Ningún caso a tratar puede atenderse sin que haya sido analizado y si no se ha definido la estrategia de actuación con el concurso de todos los coordinadores de módulo.

Dado que todos los módulos comparten una serie de recursos que les sirven de herramienta y a la vez son sus propios productos, resulta esencial que todos ellos articulen el uso y producción de dichos recursos.

Todos los módulos generan pautas, orientaciones o guías, metodologías, cursos y sus productos propios que pueden ser referentes curriculares (Cultiva), dispositivos o *software* (Innova), ontologías (Empodera), Campañas de comunicación social (Apoya).

Todos estos productos y herramientas deben articularse en las acciones que llevan a cabo los módulos. En la medida en que dicha articulación para el uso efectivo de los recursos sea más eficiente, los objetivos y metas propuestas por cada uno de los módulos y del Cadep Acacia en general serán más efectivos y el impacto en la población vulnerable de la universidad será mucho mayor y con mejores resultados en cuanto a la deserción y la inclusión.

Los recursos tecnológicos generados por el proyecto para que los utilicen los distintos módulos y que han de ser mantenidos, actualizados y desarrollados por ellos son los siguientes:

- Base de conocimiento, que incluye la ontología Acacia: Empodera;
- Base de datos: Cultiva;
- Varios prototipos de aplicaciones educativas accesibles: Innova;
- Sistema de detección automático de emociones: Apoya;
- Plataformas de gestión de los centros, colabora y gestiona: Convoca.

Todos los desarrollos tecnológicos han de regirse por los principios de accesibilidad y tener en cuenta la diversidad, además del principio básico de articulación de los centros Acacia.

# Capítulo 3

## Estados fisiológicos y emocionales para analizar el comportamiento de los estudiantes

*Andreia Artífice, Jesús G. Boticario  
Manuella Kadar, Fernando Luís-Ferreira  
Elsa Marcelino-Jesus, Celson Pantoja Lima  
Mar Saneiro Silva, Joao Sarraipa*

La Inteligencia Ambiental (AMI, siglas de Ambient Intelligence) se puede revisar desde muchos puntos de vista. Además del punto de vista tecnológico, social o ético, una perspectiva importante es el punto de vista educativo, que se refiere a los problemas y desafíos relacionados con la educación eficaz y eficiente.

En la AMI, el medio ambiente se enriquece con la tecnología (por ejemplo, sensores y dispositivos interconectados a través de una red), que detecta características de los usuarios y su entorno y entonces razona acerca de los datos acumulados y, finalmente, selecciona acciones a realizar para el beneficio de los usuarios que están en el ambiente. Las tecnologías AMI requieren una serie de características: tienen que ser sensibles, adaptables, transparentes, ubicuas e inteligentes (Fridlund, Ekman & Oster, 1987).

El contexto consciente y el aprendizaje ubicuo están estrechamente relacionados con el punto de vista educativo de la AMI, así como a entornos de aprendizaje inteligentes. Winters, Walker y Rousos (citados por Gudykunst, Ting-Toomey & Chua, 1988), señalan que la computación ubicua tiene un enorme potencial para la elaboración de aprendizaje, particularmente en contextos informales y socialmente construidos.

Para alcanzar este potencial, es necesario que —mediante el diseño, desarrollo y prueba de nuevos prototipos ubicuos para el aprendizaje— se desafíe el desarrollo actual de la tecnología en la educación centrada en el escritorio. Según Yang, Okamoto y Tseng (citados por Izard & Saxton, 1988), el aprendizaje consciente del contexto y el aprendizaje ubicuo son un paradigma de aprendizaje con apoyo en la computadora para la identificación del contexto de los estudiantes y la situación social para proporcionar experiencias de aprendizaje integradas, interoperables, penetrantes y sin interrupciones. El objetivo del contexto de aprendizaje consciente y ubicuo es llevar el aprendizaje basado en la web un paso más allá: de aprender en cualquier momento y en cualquier lugar, hacia el aprendizaje activado en el momento adecuado y el lugar correcto haciendo uso de los recursos y colaboradores adecuados. Alternativamente, según Hwang, Yang, Tsai y Yang (citados por Oster, Daily & Goldenthal, 1989), el aprendizaje ubicuo es sensible al contexto y tiene un enfoque innovador que integra teléfonos móviles y tecnologías inalámbricas de sensibilización de contexto para detectar la situación de los alumnos en el mundo real y, en consecuencia, proporciona apoyo u orientación adaptativa. Yang, Okamoto y Tseng (citados por Izard & Saxton, 1988) resumen las características del contexto sensible y del aprendizaje ubicuo en los ocho aspectos siguientes: la movilidad, el reconocimiento de ubicación, la interoperabilidad, la uniformidad, el conocimiento de la situación, la conciencia social, la adaptabilidad y la capacidad de penetración. Descripciones más detalladas de estos aspectos son los siguientes:

- **Movilidad.** La continuidad de la informática, mientras que los estudiantes pasan de una posición a otra.
- **Reconocimiento de ubicación.** La identificación de los lugares en los que se encuentran los alumnos.
- **Interoperabilidad.** El manejo interoperable entre distintos recursos de aprendizaje, servicios y plataformas estándar.

- **Continuidad.** La prestación de sesiones de servicio permanentes, bajo cualquier conexión con cualquier dispositivo.
- **Conciencia de la situación.** La detección de los diversos escenarios en los que se sitúa a los alumnos y el conocimiento de lo que están haciendo, con quién, a qué hora y dónde.
- **La conciencia social.** El conocimiento de la relación social de los estudiantes, incluyendo: ¿Qué saben ellos? ¿Qué están haciendo en un momento dado? ¿Cuáles son sus competencias de conocimiento y la familiaridad social?
- **Adaptabilidad.** La posibilidad de ajuste de los materiales y servicios depende de los alumnos, de sus preferencias y necesidades de accesibilidad en un momento dado.
- **Penetrabilidad.** La provisión de una forma intuitiva y transparente de acceder a los materiales y servicios de aprendizaje, prediciendo lo que los alumnos necesitan antes de sus solicitudes explícitas.

El aprendizaje ubicuo conduce a un cambio de paradigma educativo o de nuevas formas de aprendizaje. El potencial del aprendizaje ubicuo surge de las posibilidades mejoradas de acceder a contenidos de aprendizaje y entornos de aprendizaje colaborativo con apoyo en la computadora en el momento adecuado, en el lugar correcto y en la forma correcta. Permite una perfecta combinación de entornos virtuales y espacios físicos. La computación ubicua conduce al aprendizaje ubicuo que permite la incorporación de actividades individuales de aprendizaje en la vida cotidiana. Además de las características de aprendizaje ubicuas conscientes del contexto, Hwang, Tsai y Yang (citados por Oster, Daily, & Goldenthal, 1989) formulan los criterios potenciales de un entorno de aprendizaje ubicuo consciente del contexto de la siguiente manera:

- Es sensible al contexto, es decir, la situación del alumno o la situación del medio ambiente en el mundo real en el que se encuentra el alumno pueden ser detectadas, lo que implica que el sistema es capaz de llevar a cabo las actividades de aprendizaje en el mundo real.
- Es capaz de ofrecer apoyo más adaptable a los alumnos teniendo en cuenta sus comportamientos y contextos de aprendizaje, tanto en el mundo cibernético como en el mundo real.

- Puede proporcionar activamente soportes personalizados o recomendaciones a los estudiantes en el camino, en el lugar y en el momento adecuado, basado en los contextos personales y ambientales en el mundo real, así como en el perfil y portafolio de aprendizaje del alumno.
- Permite el aprendizaje sin problemas desde un lugar a otro dentro del área predefinida.
- Es capaz de adaptar el contenido de la materia para cumplir las funciones de varios dispositivos móviles.

Una definición general de aprendizaje ubicuo es «aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier momento», pero esta es una definición en un sentido muy amplio. Con este concepto, a cualquier ambiente de aprendizaje que permite a los estudiantes acceder a los contenidos de aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier momento se lo puede llamar ambiente de aprendizaje ubicuo, sin que importe si las comunicaciones inalámbricas o dispositivos móviles se empleen o no. Desde este punto de vista, el ambiente de aprendizaje móvil, que permite a los estudiantes acceder a contenidos de aprendizaje a través de dispositivos móviles con las comunicaciones inalámbricas, es un caso especial de la definición en su sentido amplio de aprendizaje ubicuo. Según El-Bishouty, Ogata, Rahman y Yano (citados por Carlson & Hatfield, 1999), el desafío en el rico mundo de la información no es proporcionar la información en cualquier momento y en cualquier lugar sino decir lo correcto en el momento preciso de la manera correcta a la persona adecuada. Este enfoque es apoyado también por Yang (citado por Mesquita & Frijda, 1992), quien indica que un entorno de aprendizaje ubicuo proporciona una arquitectura de aprendizaje interoperable, penetrante y sin problemas para conectar, integrar y compartir las tres principales dimensiones de los recursos de aprendizaje: colaboradores de aprendizaje, los contenidos de aprendizaje y los servicios de aprendizaje. Por tanto, el aprendizaje ubicuo se caracteriza por proporcionar formas intuitivas para identificar colaboradores adecuados de aprendizaje, contenidos correctos de aprendizaje y servicios de aprendizaje adecuados en el lugar correcto en el momento correcto.

Las principales características del aprendizaje ubicuo son permanencia, accesibilidad, inmediatez e interactividad centradas en las actividades de instrucción. Tomando la revisión bibliográfica realizada hasta el momento, en la si-

guiente sección se presentan las soluciones desarrolladas como parte de Acacia (Sarraipa J. *et al.*, 2016).

Uno de los problemas más comunes en los estudios de análisis de la emoción es la conciencia de los participantes de ser monitoreados y la consiguiente alteración de su comportamiento, lo que puede dar lugar a la ansiedad, la inseguridad, la tendencia a fingir o mostrar emociones que enmascaran sentimientos, que a su vez pueden causar mediciones incorrectas. El uso de sensores discretos para controlar las emociones del estudiante, tales como software de reconocimiento de expresiones faciales utilizando una cámara web, ayuda a reducir sus niveles de malestar y de distracción. Los psicólogos y pedagogos han señalado cómo las emociones pueden interferir positivamente (cuando el alumno está motivado y sintiendo emociones positivas) y negativamente (cuando el estudiante está de mal humor y con depresión, por ejemplo) en el aprendizaje de un estudiante, apreciación en que coinciden grandes referentes como Piaget J., Goleman D. y Vygotsky L. Para utilizar esta información en el proceso de enseñanza, es importante reconocer las emociones de los estudiantes y para ello en este proyecto se propone el uso de un enfoque metodológico que utiliza el soporte tecnológico de una herramienta que captura las expresiones faciales de estudiantes durante la clase y las correlaciona con siete tipos distintos de emociones básicas (Paxiúba, Lima, Calado & Sarraipa, 2018): alegría, tristeza, sorpresa, miedo, disgusto, desprecio e ira.

## 1. Estados emocionales

Como seres humanos, nuestra capacidad para llevar a cabo todas las tareas en nuestra vida diaria, del trabajo a la diversión o cualquier otra tarea consciente, depende de nuestras emociones. Las emociones juegan un papel central ya que aseguran nuestra supervivencia y son motores de todas las actividades, desde las más básicas hasta las tareas más complicadas. Damasio (2005) propone que la relación entre el aprendizaje, la emoción y el estado corporal es mucho más profunda de lo que muchos educadores creen y que el propósito original para que nuestro cerebro evolucione es manejar nuestra fisiología para optimizar nuestra supervivencia y permitirnos florecer (Paxiúba, Lima, Calado, & Sarraipa, 2018). Las emociones son tan vastas como la diversidad de las personas y su relación con el medio ambiente, lo que incluye objetos, personas

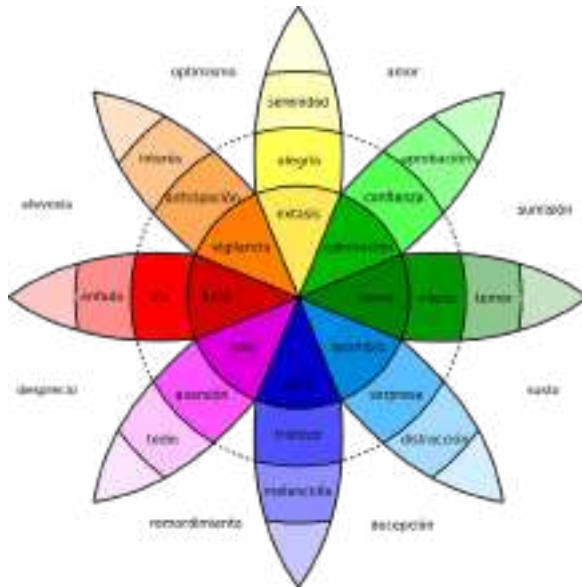
y otros seres vivos. Dos aspectos son importantes a tener en consideración: el primero está relacionado con la situación que se da cuando en una persona se produce un flujo fisiológico de actividad al exponerse a estímulos externos, lo que en respuesta provocará pensamientos, emociones y actos; y segundo, cómo una persona reacciona ante las amenazas o ante situaciones amistosas de diferentes maneras según sus sentimientos o pensamientos hacia esas personas o entornos (Ferreira F., 2015).

Hay varios conceptos tales como la emoción, el sentimiento y el estado de ánimo que a veces se confunden y utilizan indistintamente sin que importen sus diferencias de significado. De acuerdo a Lin, Spraragen & Zyda (2012), las emociones son datos cognitivos que surgen de eventos (internos y externos) que se utilizan para informar las respuestas, y se atribuyen a conceptos y estados; mientras que los sentimientos son experiencias subjetivas de una emoción o conjunto de emociones, y el estado de ánimo es un estado general de emoción que se mantiene durante períodos más largos y es menos cambiante que las emociones mismas. Las emociones son importantes en la comunicación no verbal e influyen en la cognición de muchas maneras; influyen en cómo procesamos la información, en nuestra atención y en nuestros sesgos hacia la información (Broekens, DeGroot & Kusters, 2008).

La rueda de Plutchik, que se muestra en la Figura 3.1, representa las familias de emociones, que pueden ser utilizadas como una lista de referencia cuando uno busca maneras de detectarlas.

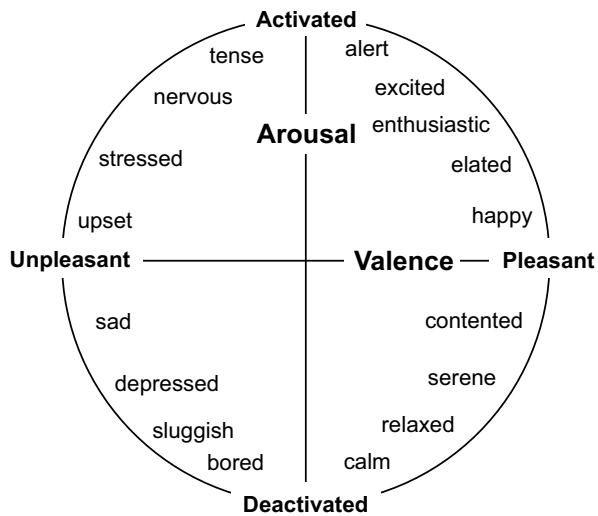
El Modelo Circunflejo de la Afección propone que todos los estados afectivos surgen a partir de dos sistemas neurofisiológicos fundamentales, uno relacionado con la valencia (un continuo placer-displacer) y el otro con la excitación o el estado de alerta. Cada emoción puede ser entendida como una combinación lineal de estas dos dimensiones, o como diferentes grados tanto de valencia como de excitación, según se representa en la Figura 3.2. (Russell, 1980).

**Figura 3.1.**  
Modelo de rueda de emociones de Plutchik



Fuente: Plutchik (1991)

**Figura 3.2.**  
La excitación y valencia en el Modelo Circunflejo de la Afección



## 2. Enfoques de detección de emociones

La investigación actual en computación afectiva, combinada con la evaluación del aprendizaje, puede controlar la dimensión afectiva del alumno. En otras palabras, se pueden detectar la motivación (Ainley, 2006) y la eficacia del aprendizaje (Lynch, 2006). En este sentido, el primer problema es la detección afectiva, y se han realizado algunos trabajos, principalmente centrados en el uso de una sola fuente de datos destinada a obtener suficiente información para detectar el estado afectivo del alumno. Dos aspectos son de interés y se han analizado: i) detección de emociones; y ii) el etiquetado de datos. La detección de gestos faciales también puede proporcionar información útil acerca de las emociones de los usuarios, tal como demuestra una investigación llevada a cabo por uno de los psicólogos del grupo de investigación aDeNu y socios de la Universidad de Valencia del proyecto Big-Aff (aDeNu Research Group, 2015). Una revisión de lo más reciente de la especialidad en cuanto a la detección de emociones con gestos faciales ha sido publicada en Saneiro, Santos, Salmeron-Majadas & Boticario (2014), en la cual explican que uno de los enfoques más comunes en la detección de emociones se basa en el uso de sensores psicofisiológicos que consideran diferentes medidas, como electrocardiografía, respuesta de conductancia de la piel o temperatura de la piel.

En Villarejo, Zapirain & Zorrilla (2013), los autores utilizan un pulsímetro comercial y, alternativamente, conductancia de la piel para detectar el estrés utilizando la transformada *wavelet* continua y algoritmos de árboles de decisión (J48). Se ha observado que la conductancia de la piel presenta amplias diferencias en las etapas de relajación y de estrés. Para realizar el experimento, se les pidió a los sujetos escuchar sonidos molestos y resolver algunos *Stroop test*, es decir, se les pide a los participantes decir en voz alta los nombres de los colores que aparecen en una tinta de color diferente del mencionado (Stroop, 1935). También se emplearon sonidos de latidos de corazón (Van den Broek, 2011), pero esta vez combinados con el habla para evaluar emociones de la gente mientras ve 30 fotografías de *The International Affective Picture System* (IAPS) (Lang, Bradley & Cuthbert, 1997). La evaluación se realizó con la escala de *Self-Assessment Manikin* (SAM), es decir, una técnica de evaluación pictórica no verbal que mide directamente varias dimensiones emocionales (Bradley & Lang, 1994). En este caso también se utilizaron algunos rasgos

de la personalidad. El estudio presentado en **Van Diest et al. (2001)** muestra la relación entre la hiperventilación y estados afectivos, midiendo el tiempo inspiratorio y espiratorio, el volumen corriente y la frecuencia del pulso, para estudiar su relación con la valencia (agradabilidad) y la excitación (activación); ello se midió utilizando también la escala SAM para provocar emociones. En este experimento se utilizaron ocho guiones de imágenes: tres de relajación (valencia positiva, baja excitación), dos de miedo (valencia negativa, alta excitación), un depresivo (valencia negativa, baja excitación), una de acción (de valencia neutra, alta excitación) y uno de «deseo» (valencia positiva, alta excitación). En su estudio Zhai & Barreto (2006) utilizaron el pulso de volumen de sangre, respuesta galvánica de la piel, diámetro de la pupila y temperatura de la piel para detectar el estrés en 32 sujetos mientras resolvían una serie de pruebas de Stroop (Stroop, 1935). Para reconocer los patrones de estrés en las señales captadas, se aplicaron tres técnicas diferentes de aprendizaje: *decision tree learners*, *Naïve Bayes classifiers* and *Support Vector Machines* (SVM).

La última técnica tuvo los mejores resultados de la predicción (90,10 %), seguida por un árbol de decisiones del alumno (88,02 %); la tasa de predicción más baja se consiguió con la Naïve Bayes (78,65 %). Al tratarse de materiales de aprendizaje electrónico, vincula el material e-Learning proporcionado al alumno con su respuesta galvánica de la piel como única fuente de datos. Los resultados sugieren que SVM (97,06 %) y el análisis discriminante (94,12 %) muestran niveles de precisión más altos que la técnica del vecino más cercano, *k-nearest neighbour technique* (79,42 %). En Van den Broek (2011), los autores utilizan tanto electromiografía facial como la actividad electrodérmica como una interfaz hombre-máquina para productos de consumo empático. Tratando de detectar cuatro emociones (neutras, positivas, negativas y mixtas), primero aplicaron el análisis de varianza y el análisis de componentes principales para realizar la selección de un subconjunto de características extraídas. Después de eso, se realizó la clasificación basada en k-vecinos más cercanos (k-NN), SVM y redes neuronales artificiales (ANN). Las tasas de predicción media obtenida (60,71 % para SVM, 61,31 % para k-NN y 56,19 % para ANN) cuestionaron el éxito de los predictores.

Las conclusiones apuntan a la necesidad del desarrollo de un *framework* de clasificación impulsado por bioseñal genérica autocalibrable. D'Mello (2014) utilizó la actividad electrodérmica para detectar 12 emociones propuestas

durante un experimento de 8 sesiones con 3 sujetos durante el uso de ALEKS, un sistema de tutoría y evaluación en línea para la enseñanza de matemática, estadística, ciencia y otros dominios. En Jraidi, Chaouachi & Frasson (2014) se propone un *framework* para reconocer las emociones del alumno utilizando electroencefalografía, conductancia de la piel y la presión del volumen de sangre durante un experimento que incluyó tres entornos diferentes (trigonometría, intervalo de dígitos hacia atrás, y lógica) en los que se pidió a los participantes evaluar sus niveles de estrés, confusión, frustración y aburrimiento. En Mohamad et al. (2014) se pidió a los participantes que sufren de parálisis cerebral evaluar algunos sonidos afectivos de la base de datos *International Affective Digitized* (Bradley & Lang, 1994). El experimento trató de predecir su estado afectivo evaluado como valencia y excitación usando SVM con datos de respuesta galvánica de la piel y datos de la electroencefalografía. La precisión fue de 51 %. En Hamdi, Richard, Suteau & Allain (2012), se utiliza la electrocardiografía junto con la electroencefalografía con el fin de detectar las emociones provocadas por medio de un conjunto de 60 imágenes emocionales de la base de datos IAPS. Por otro lado, existen estudios actuales que comparan diferentes trabajos que usan las respuestas del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) como entrada de datos para la detección de la emoción, clasificando más de 60 estudios según el enfoque seguido y las técnicas de clasificación utilizadas. También hay muchos ejemplos sobre el progreso de la computación afectiva en entornos educativos. Por ejemplo, se ha propuesto un marco para reconocer las emociones del alumno utilizando electroencefalografía, conductancia de la piel y la presión en el volumen de sangre (Jraidi, Chaouachi & Frasson, 2014).

Handri et al. (2010) proporcionaron material de aprendizaje electrónico a los alumnos de acuerdo con su respuesta galvánica de la piel. Se utilizó la actividad electrodérmica para detectar las 12 emociones propuestas en D'Mello (2014). También hay casos en el uso de la comunicación no verbal, como los movimientos del cuerpo y expresiones faciales, que se usaron para la evaluación de los estados de los alumnos (Afzal & Robinson, 2007). El Grupo de Investigación aDeNu de la UNED ha diseñado, implementado y evaluado la plataforma de recomendación afectiva sensible al contexto (AICARP) para explorar el potencial de retroalimentación afectiva sensible al contexto más allá de los enfoques de recomendación basados en computadora aprovechando las posibilidades de la inteligencia ambiental (Santos, Saneiro, Boticario & Rodri-

guez-Sanchez, 2016). El apoyo personalizado correspondiente se proporciona sin interrumpir la actividad de aprendizaje mediante la entrega de la recomendación para el alumno mientras lleva a cabo la actividad de aprendizaje (por ejemplo, mientras que el estudiante está hablando, el sistema puede pedirle reducir la velocidad del habla mediante el encendido de una luz o la reproducción de un sonido). Tal característica requiere enriquecer el sistema con capacidades para detectar cambios en el estado afectivo de los estudiantes (por ejemplo, de sensores fisiológicos), así como para interactuar con el usuario a través del canal sensorial preferido (por ejemplo, vista, oído, tacto, olfato). Calvo & D'Mello (2010) consideran seis perspectivas principales para modelar la afectación: las emociones como expresiones, las emociones como encarnaciones, los enfoques cognitivos de las emociones, las emociones como construcciones sociales, la neurociencia afectiva, el núcleo afectivo y la construcción psicológica de las emociones. Todas estas tendencias son importantes para analizar y caracterizar los estados emocionales y actualmente influyen en la computación afectiva (AC).

Los sistemas de AC pueden crear diferentes escenarios que ayudan y mejoran las condiciones educativas. Un sistema para la identificación de emociones puede detectar señales de frustración durante el proceso de aprendizaje o falta de comprensión durante el estudio de conceptos y definiciones. Las aplicaciones incluyen el seguimiento de las tendencias emocionales en grupos, la detección de interacciones emocionales y la detección de patrones de ansiedad o depresión. Con tal identificación en el inicio de los procesos, el personal educativo puede iniciar la asistencia psicológica individual para los estudiantes, evitando futuros problemas que interfieran en el proceso de aprendizaje y, aún más, en sus vidas. Algunas herramientas están disponibles actualmente para la detección de emociones, como *Afectiva* (*Afectiva*, s. f.), la cual se basa en técnicas de aprendizaje automático y proporciona una forma no invasiva de detectar emociones, ya que se basa exclusivamente en las imágenes capturadas a través de la webcam. Se consideran 42 unidades de acción de la cara y de ellas se asignan y se analizan 6 principales expresiones emocionales. La base de datos de vídeos (usada para entrenar la herramienta de aprendizaje automático *Afectiva*), la documentación, el software *Affdex SDK* son *freeware* y por ello hemos considerado las herramientas *Afectiva* como punto de partida para investigaciones relacionadas con futuros desarrollos de AC en la educación en el contexto del proyecto *Acacia*.

El estado emocional del estudiante y su nivel constante de atención durante las clases son componentes clave para una educación eficaz y eficiente. Estas son algunas técnicas que se pueden aplicar para medir el estado emocional de los estudiantes y su nivel de atención mientras atienden a una clase. Se ha presentado una metodología de medición y algunos experimentos con el fin de aumentar la sensibilización hacia los aspectos afectivos dentro del proceso educativo. La metodología está diseñada para identificar las mejoras necesarias que tendrán un impacto positivo inmediato en el proceso educativo.

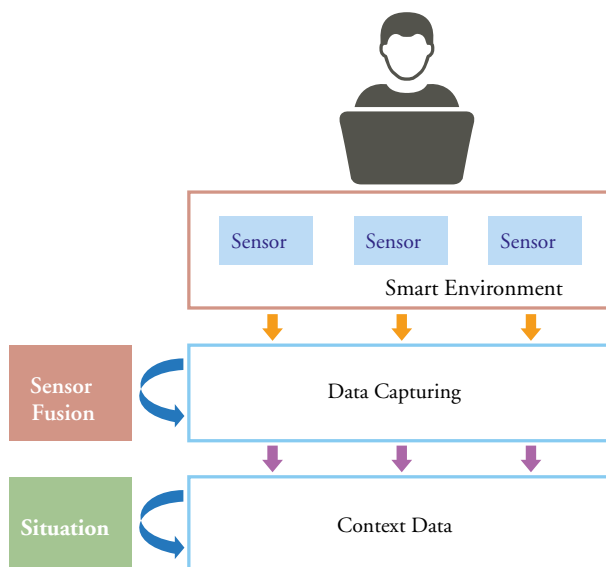
### 3. Aula inteligente

Aprendizaje inteligente (s-Learning) significa un nuevo paradigma de aprendizaje que sirve a los estudiantes para tener un ambiente de aprendizaje eficaz que ofrece contenidos móviles personalizados y de fácil adaptación al modelo educativo actual. El ambiente educativo merece una atención y concentración especial, ya que migra de los enfoques clásicos y materiales tradicionales a los métodos de enseñanza innovadores y, a veces, a enfoques de enseñanza disruptivos con soporte tecnológico. Proponemos un aula con entorno inteligente que cumpla con los objetivos del proyecto Acacia, cuyo objetivo es crear un aula interactiva en tiempo real con la experiencia de teleeducación trayendo tecnologías de computación ubicua en la enseñanza a distancia tradicional. En este caso, el objetivo del proyecto Acacia es reducir la brecha entre la experiencia del profesor en la teleeducación y la educación presencial, mediante la integración de estos dos entornos educativos actualmente separados. El enfoque utilizado se propone como un *framework* de soporte para permitir la evolución de la interfaz de usuario de un sistema de teleeducación en tiempo real desde el escritorio a un espacio 3D de un aula aumentada. Por esto, será posible que en tal clase el profesor pueda interactuar con los estudiantes a distancia con múltiples modalidades naturales, como sucede en la interacción con los estudiantes presenciales. El objetivo final es proporcionar un entorno de aprendizaje ubicuo.

El medio ambiente en todas partes debe ser personalizado de acuerdo con la situación del alumno. La personalización se define en Russell (1980) como la forma en la que la información y los servicios se pueden adaptar de una manera específica para que coincida con las necesidades únicas y específicas de un usuario individual. Mientras que un alumno(a) está haciendo una tarea o activi-

dad de aprendizaje, busca por lo general un poco de conocimiento. En un entorno de aprendizaje ubicuo, es muy difícil que un estudiante pueda saber quién tiene este conocimiento a pesar de que estén en el mismo espacio. En este caso, el alumno ha de ser consciente de los intereses de sus condiscípulos que coinciden con su solicitud (El-bishouty, 2010). Proponemos un flujo de evaluación y recursos adecuados para investigar el estado emocional del estudiante y su atención efectiva durante una actividad de enseñanza. Los principales recursos y flujos se presentan en la Figura 3.3.

**Figura 3.3.**  
Flujo y evaluación de los recursos emocionales de estado



Este enfoque es apoyado también por Kim, Cho & Lee (2013), quienes señalan que un entorno de aprendizaje ubicuo proporciona una arquitectura de aprendizaje interoperable, penetrante y sin problemas para conectar, integrar y compartir tres dimensiones principales de los recursos de aprendizaje: colaboradores de aprendizaje, contenidos de aprendizaje y servicios de aprendizaje. Por tanto, el aprendizaje ubicuo se caracteriza por proporcionar formas intuitivas para identificar colaboradores de aprendizaje idóneos, contenidos correctos de aprendizaje y servicios de aprendizaje adecuados en el lugar correcto en el momento adecuado (Kim, Cho & Lee, 2013).

# Capítulo 4

## *Frameworks* tecnológicos para apoyar la diversidad en la educación

*Jesús G. Boticario, Jorge Calado  
Ricardo Jardim-Gonçalves, Manuella Kadar  
Celson Pantoja Lima, Mar Saneiro Silva, João Sarraipaa*

La evolución de la tecnología, de las nuevas teorías del aprendizaje y del diseño universal hicieron que el proceso de aprender sea más flexible y adaptable. La sociedad del siglo XXI impone la necesidad de aumentar la capacidad cognitiva; por tanto, se requiere que los estudiantes tengan una combinación de conocimiento académico y habilidades transferibles. Las tecnologías de asistencia se han utilizado no sólo con los estudiantes con necesidades especiales, sino también en un ambiente de inclusión extendido a otros estudiantes. Los estudiantes son cada vez más conscientes y sensibles a sus propias preferencias y estilos de aprendizaje. Sin embargo, la tarea de adaptar las prácticas educativas actuales y la información difundida en el medio ambiente estudiante es todavía un reto. Aquí se presentan nuevos enfoques para el diseño de tecnología de asistencia impuesto por la evolución de la tecnología. Ahora los estudiantes pueden elegir cómo, dónde y cuándo estudiar. Apuntalando este cambio, se

explora cómo las tecnologías de asistencia han evolucionado hasta convertirse en tecnologías de aprendizaje, tomando en consideración el *framework* Conocimiento del Contenido Pedagógico Tecnológico (TPACK, siglas de Technological Pedagogical Content Knowledge) y proponer una extensión en base a sistemas inteligentes que para estudiantes de ingeniería combina medios de bioevaluación de señales con la evaluación del estado emocional.

El *framework* TPACK hace hincapié en cómo se desarrollan las conexiones entre la comprensión de los profesores, los contenidos, la pedagogía y la tecnología para interactuar entre sí para producir una enseñanza eficaz.

El marco TPACK argumenta que están condenados al fracaso los programas que hacen hincapié en el desarrollo de conocimientos y habilidades en las mencionadas tres áreas de manera aislada. Así, el desarrollo educativo y profesional efectivo de los docentes debe crear experiencias educativas sistemáticas a largo plazo, en las que los participantes puedan participar fructíferamente en las tres bases de conocimiento, la pedagogía y tecnología de forma integrada. Por tanto, se propone una arquitectura y solución llamada i-TPACK, que incluye conocimientos de desarrollo de software y estrategias de diseño de software para mejorar el *framework* clásico TPACK. En i-TPACK los estudiantes y profesores están involucrados en un esfuerzo común para diseñar nuevas estrategias de enseñanza.

Tales estrategias de diseño de *software* son el resultado de estudios exhaustivos sobre el estado emocional de los estudiantes, nivel de atención durante las clases, imitaciones de cara correlacionadas con los signos vitales de los estudiantes como el pulso, ritmo cardíaco y ondas cerebrales. Las investigaciones se han llevado a cabo con técnicas como el seguimiento de los ojos, electroencefalograma y electrocardiograma. Por un lado, los maestros están involucrados en la evaluación del comportamiento de los estudiantes durante las clases y en adaptar el método de enseñanza «sobre la marcha» a las reacciones del grupo; por otro lado, los estudiantes pueden corregir su actitud y mejorar su capacidad de aprendizaje durante las clases. Estos enfoques incluyen el conocimiento que los maestros adquieren cuando están implicados en el desarrollo de *software* educativo, transformando el concepto original de TPACK en un sistema de respuesta inteligente y correctivo (Kadar, Sarraipa & Jardim-Gonçalves, 2018).

Por tanto, es necesario entender conceptos tales como diseño universal, sistemas electrónicos, teoría del diseño universal, Diseño de Instrucción Universal (UID) y estilos de aprendizaje. Así, el diseño universal es el diseño y la composición de un entorno que sea accesible, comprensible y usable por el mayor número posible de personas, independientemente de su edad, constitución física o cualquier discapacidad en particular (Centre for Excellence in Universal Design, 2018). De acuerdo con Oirechtais (2018), los sistemas electrónicos se consideran como «cualquier proceso basado en la electrónica para crear productos, servicios o sistemas de modo que puede ser utilizado por cualquier persona». La aplicación de la teoría de Diseño Universal ha contribuido al progreso en el contexto educativo. Sin embargo, y de acuerdo con Pliner et al. (2004), el Diseño de Instrucción Universal (UID) puede ser visto como «un enfoque para abordar las diversas necesidades de aprendizaje de los estudiantes matriculados en instituciones de educación superior». Los mismos autores argumentan que el UID permite ampliar las metodologías de enseñanza institucionales para promover la igualdad de acceso a la enseñanza en el aula y la enseñanza para todos los estudiantes, según sus necesidades de aprendizaje. En cuanto a la pedagogía, las tecnologías tales como *software* de texto a voz, mapas mentales, *software* de grabación de audio y tecnología de apuntes son instrumentos que pueden adaptarse a las preferencias del alumno (Goldrick, Stevens & Christensen, 2014).

De acuerdo con Dunn, el estilo de aprendizaje de una persona «es la forma en que se concentra, procesa, interioriza y recuerda información y habilidades académicas nuevas y difíciles» (Shaughnessy, 1998). Los estilos de aprendizaje se han estudiado desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, el modelo Honey-Mumford se refiere a cuatro estilos (Pritchard, 2009):

1. Los activistas prefieren aprender haciendo, les gusta trabajar en grupo, consideran que la repetición es aburrida y se caracterizan por el entusiasmo;
2. Los reflexivos retroceden y observan, reúnen la mayor cantidad de información posible; su fuerza es la recolección de datos y su análisis;
3. Los teóricos pueden adaptar sus observaciones en *frameworks*, añadiendo el aprendizaje de los ya existentes; y
4. Los pragmáticos, que buscan y utilizan nuevas ideas, tratan de prever la aplicación de nuevas ideas y teorías antes de hacer un juicio.

El modelo de Myers-Briggs (Pritchard, 2009) clasifica a los estudiantes en las siguientes categorías:

1. Los extravertidos, que se centran en las personas y son felices probando nuevas cosas;
2. Los introvertidos, que se centran en las ideas y tienden a pensar las cosas;
3. Los sensores, que se centran en los hechos y procedimientos, por lo general son prácticos;
4. Los intuitivos, se centran en el significado, utilizan la imaginación y se orientan a conceptos;
5. Los pensadores, fundamentan sus decisiones en la lógica y las reglas;
6. Los antenas, fundamentan sus decisiones en consideraciones personales y humanistas;
7. Los juzgadores, siguen las agendas y el objetivo final en su integridad; y
8. Los perceptores, tienden a adaptarse a las circunstancias y posponen la realización hasta que se sepa más.

Los estilos de aprendizaje y preferencias han de ser estudiados en escenarios prácticos. Por ejemplo, en un estudio titulado *Estilos de aprendizaje y enseñanza en la instrucción de inglés universitario*, Zhou (2011) sostiene que «un medio eficaz para acomodar estos estilos de aprendizaje es que los profesores cambien sus propios estilos y estrategias y ofrezcan una variedad de actividades para satisfacer las necesidades de los diferentes estilos de aprendizaje». Consecuentemente, eso aumenta la probabilidad de que un estudiante tenga éxito. Desde el punto de vista práctico, el mismo autor sugiere a los maestros que quieren cubrir una amplia variedad de estilos: 1) hacer uso libre de efectos visuales; 2) asignar algunos ejercicios repetitivos de avance sustancial; 3) no pasar todo el tiempo de la clase escribiendo en la pizarra; 4) proporcionar la instrucción con lenguaje de sintaxis y semántica claras.

## **1. Framework SETT (Student - Environment - Task - Tools) Estudiante - Medio ambiente - Tarea - Herramientas**

El *framework* SETT proporciona preguntas clave para ayudar a tomar decisiones sobre qué herramientas especializadas y estrategias relacionadas marcarán la

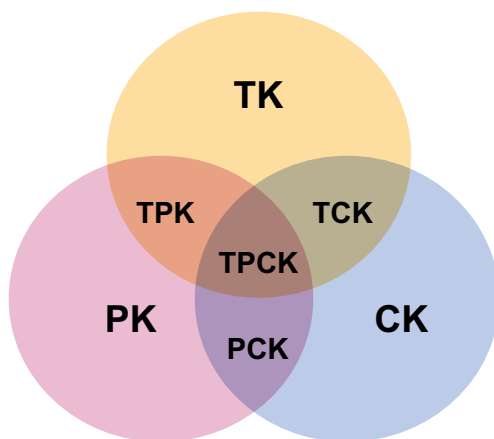
diferencia para el aprendizaje del estudiante. El marco SETT es un modelo de cuatro partes que fomenta la toma de decisiones en colaboración en etapas de diseño de servicios de tecnología de asistencia y entrega (Zabala, 2010). Las principales características del SETT son:

- **Conocimiento compartido.** Las decisiones del marco SETT relativas a herramientas se basan en el conocimiento sobre el estudiante, el medio ambiente y la tarea.
- **Colaboración.** El *framework* SETT es una herramienta que requiere la colaboración de las personas que van a participar en la toma de decisiones y aquellos que serán afectados por las mismas. La colaboración no sólo es fundamental para el marco SETT, también lo es para obtener la aceptación necesaria para la implementación efectiva de cualquier decisión.
- **Comunicación.** La comunicación en el *framework* SETT se desarrolla de una forma activa y respetuosa.
- **Perspectivas múltiples.** Todos los involucrados aportan a la mesa conocimientos diferentes, habilidades, experiencia e ideas. A pesar de que las múltiples perspectivas puede ser desafiantes, a veces son críticas para el desarrollo preciso y completo del conocimiento compartido. No sólo es importante tomar en cuenta las múltiples perspectivas profesionales, sino también las de los estudiantes y padres. Esto puede ser determinante para lograr o no el éxito. Además, para la toma de decisiones se debe contar con información pertinente, que venga al caso, prescindiendo de la que no es relevante. Es importante saber dónde trazar la línea que define o delimita las estrategias y acciones.
- **Flexibilidad y paciencia.** Cuando se trabaja a través del *framework* SETT o usando cualquier otro medio de identificación de inquietudes y búsqueda de soluciones, hay una tendencia a sugerir posibles soluciones antes de haber identificado adecuadamente aquello que enfrentamos y nos preocupa. Cuando una solución viene a la mente, se insta a los colaboradores a NO mencionarla hasta que sea hora de hablar de las herramientas, porque cuando se habla de una solución, la conversación cambia inmediatamente de la preocupación de su identificación a la determinación de la validez, o falta de ella, de la solución sugerida. Incluso cuando un miembro del equipo piensa en la solución «perfecta», se pide paciencia.

## 2. *Framework* del conocimiento del contenido pedagógico tecnológico (TPACK)

El *framework* TPACK fue introducido por Koehler y Mishra en el 2005 como un marco conceptual que representa el conocimiento necesario de los profesores para enseñar eficazmente con la tecnología (Herring, Koehler & Mishra, 2016). TPACK tiene sus raíces en la obra de Schulman sobre el conocimiento didáctico del contenido (PCK, Pedagogy and Content Knowledge). El concepto de PCK permite calificar la profesión del maestro. Se refiere a la integración de los conocimientos de los maestros con el conocimiento del contenido, de una manera que permita a los estudiantes entender el tema; TPACK (ver Figura 4.1.) es similar, ya que añade conocimiento tecnológico (TK, siglas de Technology Knowledge) como parte necesaria de la profesión de maestro (Voogt, Fisser, Tondeur & Van Braak).

**Figura 4.1.**  
Technology, Pedagogy and Content Knowledge (TPACK)



Fuente: Voogt, Fisser, Tondeur & Van Braak (2016)

TPACK representa el conocimiento requerido para los profesores que necesitan para integrar la tecnología. Específicamente, se refiere a las interacciones entre el contenido, la pedagogía y la tecnología con el fin de enseñar eficazmente (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin & Graham, 2014). *Frameworks* similares se han desarrollado de manera independiente y directamente del *framework* TPACK. La mayoría de ellos se basan en el modelo de Shulman (1986)

del conocimiento didáctico del contenido, y marcos similares incluyen (pero no se limitan a): ICTRelated conocimiento de contenido pedagógico relacionado (ICTRelated PCK); el conocimiento de la tecnología educativa; el conocimiento del contenido tecnológico; el conocimiento pedagógico electrónico de contenidos (ePCK); y el conocimiento de contenido tecnológico y pedagógico - Web (TPCK-W) (Lee & Tsai, 2010).

El marco TPACK ha contribuido a la educación de los maestros y el desarrollo profesional. De acuerdo con el marco TPACK, el desarrollo educativo y profesional efectivo de los docentes se produce de manera integrada y se fundamenta en las bases de conocimiento (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin & Graham, 2014). Los mismos autores argumentan que una limitación del marco TPACK es una posición neutral en cuanto a objetivos más amplios de la educación. El siglo XXI requiere de habilidades cognitivas necesarias para el aprendizaje y el logro de éxito, tales como el pensamiento crítico, resolución de problemas, habilidades de trabajo y de vida y la síntesis. Además, se requieren habilidades interpersonales, por ejemplo, la comunicación y la colaboración (Mishra & Kereluik, 2011). En ese contexto, Mishra, Koehler & Henriksen (2011) proponen siete herramientas cognitivas dentro de TPACK, que son necesarias para el nuevo milenio: percibir, modelar, abstraer, pensamiento incorporado, modelar, tocar y sintetizar (Kadar, Sarraipa & Jardim-Goncalves, 2018).

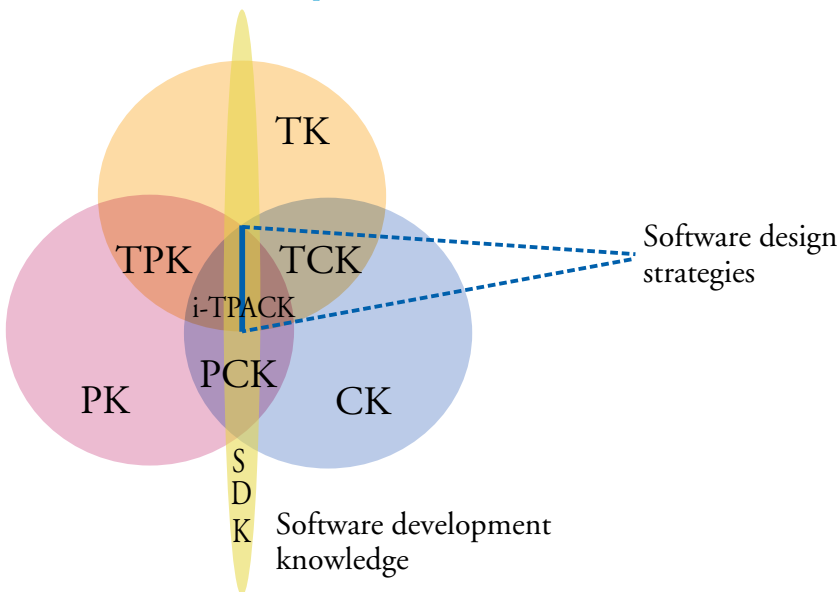
### 3. *Framework* del conocimiento tecnopedagógico de contenido inteligente (i-TPACK)

El *framework* del conocimiento tecnopedagógico de contenido inteligente (i-TPACK por sus siglas en inglés) promueve la incorporación de conocimiento de desarrollo y diseño de *software* como una extensión de la TPACK. El sistema fue diseñado y probado para la enseñanza de la ingeniería como los métodos de instrucción centrados en los procesos de ingeniería para definir y resolver problemas utilizando las bases de conocimientos científicos, técnicos y profesionales. Tanto los estudiantes como los maestros han participado en los estudios.

El objetivo principal de la investigación fue estudiar los conceptos y diseños de tecnologías inclusivas para luchar contra la deserción de estudiantes. Teniendo en cuenta los principios del *framework* TPACK, se propone un siste-

ma que infiere la analítica de atención basada en bioseñales de los estudiantes, que son proporcionadas por dispositivos portátiles para las ondas cerebrales y mediciones del ritmo cardíaco. Estos son los métodos de validación del enfoque de la arquitectura y la enseñanza propuesto. Un estudio de caso con el escenario se presenta para el aprendizaje basado en la música. El alcance de este análisis es para validar el nivel de atención del estudiante con música de fondo en contraste a estar sin música durante un proceso de aprendizaje. Para lograr este objetivo, hemos evaluado la solución usando técnicas de neurociencia y detección de emociones para evaluar la percepción y comprensión de aprendizaje personalizado. En este estudio los métodos adoptados exploran la hipótesis de que el estado fisiológico de una persona puede manejar la estimulación sensorial adecuada para proporcionar diversos niveles de información. La solución utiliza los datos para construir listas de reproducción de música de un usuario que intenta hacer coincidir un estado psicológico con los estímulos evocados por la música que el estudiante está escuchando. A partir de ese juego, es posible mejorar el bienestar de una persona, proporcionando la música más adecuada para levantar su estado emocional (Kadar, Sarraipa & Jardim-Gonçalves, 2018).

**Figura 4.2.**  
Arquitectura de i-TPACK



#### 4. *Framework* para unir el estado afectivo del estudiante, con el fin de mejorar su rendimiento académico

Aquí se presenta un marco capaz de recopilar datos analíticos de una variedad de emociones, afectos y comportamientos adquiridos por las observaciones humanas, como, por ejemplo, un maestro en clase, un psicólogo, sensores electrónicos o *software* de análisis automático, tales como dispositivos *eye tracking* (seguimiento de los movimientos del ojo), detección de emoción a través de *software* de reconocimiento de la expresión facial automático, entre otros. Este marco compila los datos recogidos en una ontología y será capaz de extraer patrones atípicos a través del *machine learning* (sistema de aprendizaje automático basado en la inteligencia artificial), lo que permite la elaboración de perfiles de los estudiantes en situaciones críticas, tales como retiro, déficit de atención, abandono de los estudios y otros temas sociológicos, estableciendo alertas en tiempo real cuando se detectan estos perfiles. El objetivo es que al proporcionar datos cognitivos relevantes en tiempo real y permitir el perfilado de los problemas del estudiante, se obtenga una respuesta personalizada más rápida para ayudar al alumno, lo que permite mejoras en el rendimiento académico.

##### 4.1. El reconocimiento de emociones

En un entorno de análisis de emoción, como un aula, un problema crítico surge si el estudiante es consciente de que su comportamiento está siendo monitoreado, lo que a menudo conduce a la ansiedad, inseguridad, fingimiento u otras formas de aparentar estado emocional estable, que a su vez es una de las causas de las mediciones inexactas. Por tanto, al aplicar la tecnología para evaluar las emociones, es deseable el uso de un dispositivo que cause la menor cantidad de molestias y distracción, preferiblemente si se puede ocultar de la atención del estudiante. Esto significa que los sensores biométricos tradicionalmente utilizados para detectar el estado emocional, tales como sensores de electrocardiograma, electromiograma, respuesta galvánica de la piel y la respiración son demasiado invasivas, debido a la necesidad de un contacto directo con la persona, lo que altera el funcionamiento de las actividades; por tanto, la utilización de sensores sin contacto, tales como algoritmos de reconocimiento facial y dispositivos de seguimiento del ojo son alternativas mucho más discretas. Cuando la observación del estado emocional se realiza analógicamente,

por lo general se lleva a cabo como una autoevaluación, hecha por la persona a quien se está estudiando o por un observador independiente que informa de los cambios emocionales percibidos.

#### **4.2. BROMP**

El Protocolo de Monitoreo de Baker Rodrigo Ocumpaugh (BROMP) (Ocumpaugh, Baker & Rodrigo, 2015) ofrece una metodología para observaciones cuantificables usando diferentes esquemas de codificación para registrar el comportamiento y efecto de los estudiantes en un ambiente de clase tradicional.

#### **4.3. Emoción Markup Language**

El W3C define una recomendación llamada Emotion Markup Language (EmotionML) (lenguaje de marcación de emociones), cuya finalidad es la de servir como un lenguaje de anotación general de estados relacionados con la emoción, adecuado para sistemas de interoperabilidad y para la representación de datos y procesamiento, utilizable en observaciones manuales, sistemas de reconocimiento automático y la generación de respuestas relacionadas con los sistemas de emoción.

#### **4.4. Registro visual**

Generalmente, se usa para medir la posición y el movimiento de los ojos y la mirada de una persona (Lupu & Ungureanu, 2013). Los dispositivos de seguimiento del ojo también se pueden emplear para correlacionar la mirada, tiempo de fijación y la ubicación, velocidad de parpadeo del ojo y las variaciones en la dilatación de la pupila, con la personalidad, actividad cognitiva y estados afectivos (Porta, Ricotti & Perez, 2012).

#### **4.5. Reconocimiento facial**

Se están utilizando cada vez más algoritmos de reconocimiento de expresiones faciales como la tecnología de detección de emoción predominante, sobre todo debido a los avances científicos en la visión por ordenador, utilizando el análisis de aprendizaje profundo. Múltiples aplicaciones comerciales ofrecen esta

tecnología, como API o servicios SDK's (Porta, Ricotti & Perez, 2012), capaz de detectar razonablemente las seis emociones básicas definidas por Ekman (1978): ira, asco, miedo, alegría, tristeza y sorpresa.

#### 4.6. Las tecnologías existentes

Uno de los primeros proyectos para incluir la tecnología de seguimiento de los ojos fue «Adaptive e-Learning con seguimiento de ojos» (Adele) (Pivec, Trummer & Pripfl, 2006), que analizó los patrones de movimiento de los ojos durante el aprendizaje y trató de vincular esos patrones con los procesos cognitivos. En Wei, Moldovan & Muntean (2009), el seguimiento de movimientos del ojo se utiliza para adaptar el contenido presentado al alumno siguiendo sus temas de interés. En el trabajo de Wang, Chignell & Ishizuka (2006), se desarrolló una interfaz de *software* de agente empático utilizando un rastreador ocular para inferir el foco de atención y el estado de motivación del alumno, que responde con conducta de aprendizaje y demostrando emoción. El ambiente de aprendizaje e-Learning reconoce emociones básicas a través de un rastreador ocular, que permite la evaluación de «alta carga de trabajo», «no entiende» y situaciones de «cansancio», con el fin de adaptar la presentación de contenidos en tiempo real (Calvi, Porta & Sacchi, 2008).

En el futuro se prevé el desarrollo de diversas aplicaciones de *software* como un ejemplo para la fase de identificación, donde dicha aplicación pueda, durante un registro de inscripción de los estudiantes, reconocer las características del perfil específico, tales como la edad y sexo; reconocer al estudiante a tiempo parcial; reconocer problemas económicos, de vivienda, de salud, de religión, de distancia entre casa y universidad, etc. Esta información se puede analizar posteriormente a través de algoritmos de minería de datos para identificar a los estudiantes con riesgo de un mayor potencial de abandono. Sobre la base de estos resultados, pueden aplicarse enfoques o metodologías particulares para tratar de prevenir y resolver cualquier problema potencial adicional (Marcelino-Jesus *et al.*, 2016).

#### 4.7. Escenario de aplicación y arquitectura

El escenario de aplicación propuesto en Calado, Ferreira, Sarraipa & Jardim-Gonçalves (2017) detalla los casos de uso propuestas para la implementación

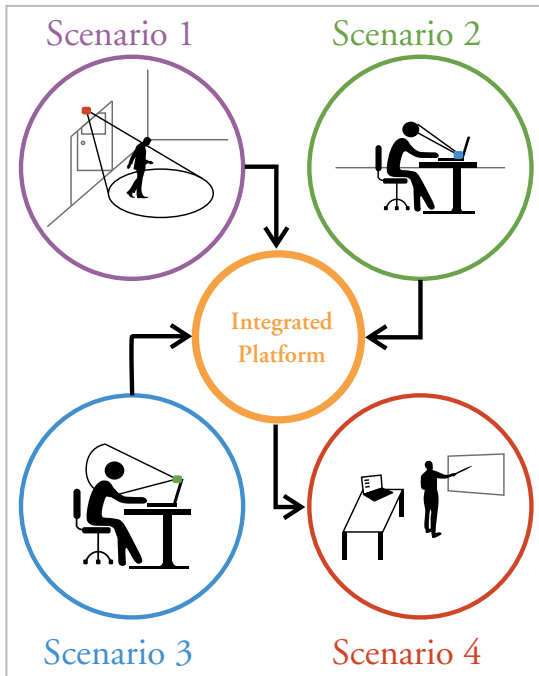
de los objetivos del módulo Apoya. Los escenarios educativos se centran en las costumbres educativas del entorno de aprendizaje ubicuo sensible al contexto. Con el fin de prevenir una alta deserción en las instituciones educativas y otros problemas relacionados con el aprendizaje, ahora es posible un enfoque tecnológico, con la multitud de sistemas de análisis de la emoción disponibles. La solución tecnológica propuesta tiene por objetivo aumentar el rendimiento de los estudiantes durante la asistencia a clase y desarrollar un *framework* a través del paradigma del internet de las cosas (IoT) mediante la integración de varios dispositivos, tales como sensores biomédicos y rastreadores oculares para recopilar información de los estudiantes. El objetivo de este trabajo fue utilizar esa información recopilada de diferentes fuentes para apoyar a los educadores en la identificación y administración del estado emocional de los estudiantes durante la asistencia a clase, fundamentalmente para la identificación de las desviaciones de la normalidad. El escenario propuesto para la evaluación de la administración del estado afectivo-emocional del estudiante se representa en la Figura 4.3.

En la Figura 4.3., se muestran cuatro estudios de caso: análisis de la marcha y la postura; seguimiento de detección de ojos, detección automática de la emoción facial y registro emocional basado en la integración de datos.

El estudio de la marcha y el análisis de la postura utiliza un dispositivo de captura de movimiento 3D, compuesto de una cámara RGB y un sensor de profundidad de infrarrojos (es decir, el dispositivo Kinect), para realizar un seguimiento de la persona con el fin de analizar su postura y la marcha, mientras que al entrar y salir del aula se espera que un cambio en la marcha regular del estudiante también indique un cambio en su estado emocional.

Este escenario usa un dispositivo remoto *eye tracker* (dispositivo de seguimiento de movimiento de ojos) que generalmente se compone de una fuente de luz infrarroja, una cámara de infrarrojos y una cámara RGB. El *eye tracker* está colocado en el escritorio, dirigido a la persona y registra los movimientos de la cabeza, movimientos del ojo (sacádicos, de búsqueda suave, convergencia y movimientos vestibulo-oculares, entre otros), tamaño de la pupila y patrones de dilatación y mirada.

El análisis de estos datos biométricos permite el reconocimiento de la persona en diferentes estados afectivos durante el proceso de aprendizaje y también se



**Figura 4.3.**

Escenario para la evaluación emocional de los estudiantes en cuatro casos de estudio: 1) el análisis de marcha y la postura; 2) detección de seguimiento de los ojos; 3) detección facial automática de la emoción; 4) registro emocional basado en la integración.

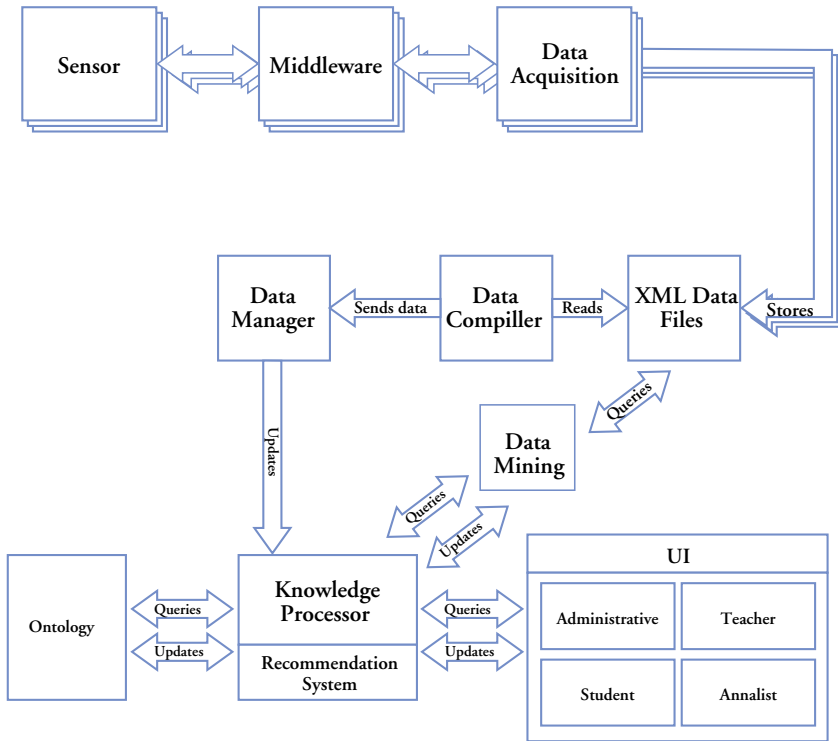
puede utilizar para medir el nivel de compromiso del estudiante. El estudio de caso de detección de emociones faciales automática se lleva a cabo cuando el estudiante está sentado en un escritorio. Como las emociones son responsables de las modificaciones en los músculos faciales, se utilizó una cámara para registrar las expresiones faciales como un reflejo de los estados emocionales de los estudiantes. Con un algoritmo se analiza posibles emociones detectadas en los rasgos faciales.

Se puede configurar el dispositivo para la detección y seguimiento de los ojos para detección de emociones.

Los datos de los estudios de casos anteriores se recogen y se procesan en tiempo real con el fin de crear un mapa emocional que permita la detección de posibles situaciones problemáticas. Entre esas situaciones podemos nombrar la desconexión, trastornos de atención, problemas de aprendizaje, estrés emocional y, en general, las tendencias que ayudan a explicar los abandonos. El caso de estudio propuesto se llevó a cabo en el entorno del aula y estuvo dirigido a potenciar el profesor para gestionar la actividad de la clase en una

base de tiempo real. Esta plataforma de integración proporciona en tiempo real un sistema de alerta temprana activa cuando se detectan desviaciones de los patrones esperados. El uso de este enfoque es posible al final de cada clase para generar un informe destinado a los actores interesados, que tienden a ser el maestro, los estudiantes, los padres, la escuela en general y, en última instancia, las autoridades responsables de la orientación educativa.

**Figura 4.4.**  
Diagrama del *framework*



#### 4.8. El *framework*

El *framework* diseñado para gestionar estos escenarios está representado en la Figura 4.4. y se compone de módulos interoperables para la adquisición y procesamiento de la métrica del estudiante, que utilizan sensores de *hardware*, *middleware* SDK (*software* de mediación e interconexión) y/o de API con una base de datos biométricos, un compilador de datos y los procesadores de

gestor de datos, para la extracción y la transmisión de las características biométricas; y el procesador de conocimiento se utiliza con una ontología para el razonamiento y la inferencia de las condiciones de activación que identifican los problemas del estudiante. Este procesador del conocimiento también es responsable del sistema de recomendación que utiliza algoritmos entrenados con *machine learning* (sistema de aprendizaje automático basado en la inteligencia artificial) para detectar en tiempo real las situaciones de comportamiento anormal del estudiante y emitir alertas sobre los problemas y sugerencias detectados para las herramientas de apoyo que están diseñadas para ayudar en la mitigación de dichos problemas.

#### 4.9. La ontología

La ontología se utiliza en el *framework*, sirve como base de datos de conocimiento relacional y se desarrolla con un núcleo influenciado por el protocolo de monitoreo de Baker Rodrigo Ocumpaugh (BROMP) (Ocumpaugh, 2015). Es una metodología que sirve para adquirir observaciones cuantificables de los comportamientos y afectos del estudiante, para lo cual utiliza varios esquemas de codificación en el aula. El modelo consta de siete clases principales, a saber: usuario, sesión, observación, características, emisión y recomendación y otras clases adicionales que se utilizan. En la Figura 4.5. se representa un diagrama parcial de este modelo.

La clase de usuario, que representa la información personal relativa a los estudiantes y profesores, se pone de relieve en la figura 4.5.(A). La sesión contiene las propiedades asociadas con la conferencia, y se pone de relieve en la figura 4.5. (B).

Cuando se recoge la información sobre la emoción, el comportamiento o afecto del estudiante, se utiliza la clase de observaciones para describir cada caso individual correspondiente a un periodo de observación. Las instancias de las observaciones pueden ser de dos tipos: Human\_Observation (reportada manualmente por el profesor) y Digital\_Observation (informada automáticamente por los sensores). Esto se presenta en la Figura 4.5. (C).

La clase de entidad agrega los conjuntos de conocimientos de los datos biométricos capturados de los estudiantes. La clase Emoción representa las emo-

ciones reportadas y sus respectivos valores. Las clases del comportamiento y afecto se basan en BROMP (Ocumpaugh, 2015), que comprende esquemas de codificación y también contiene las propiedades y valores respectivos que son reportados por las observaciones.

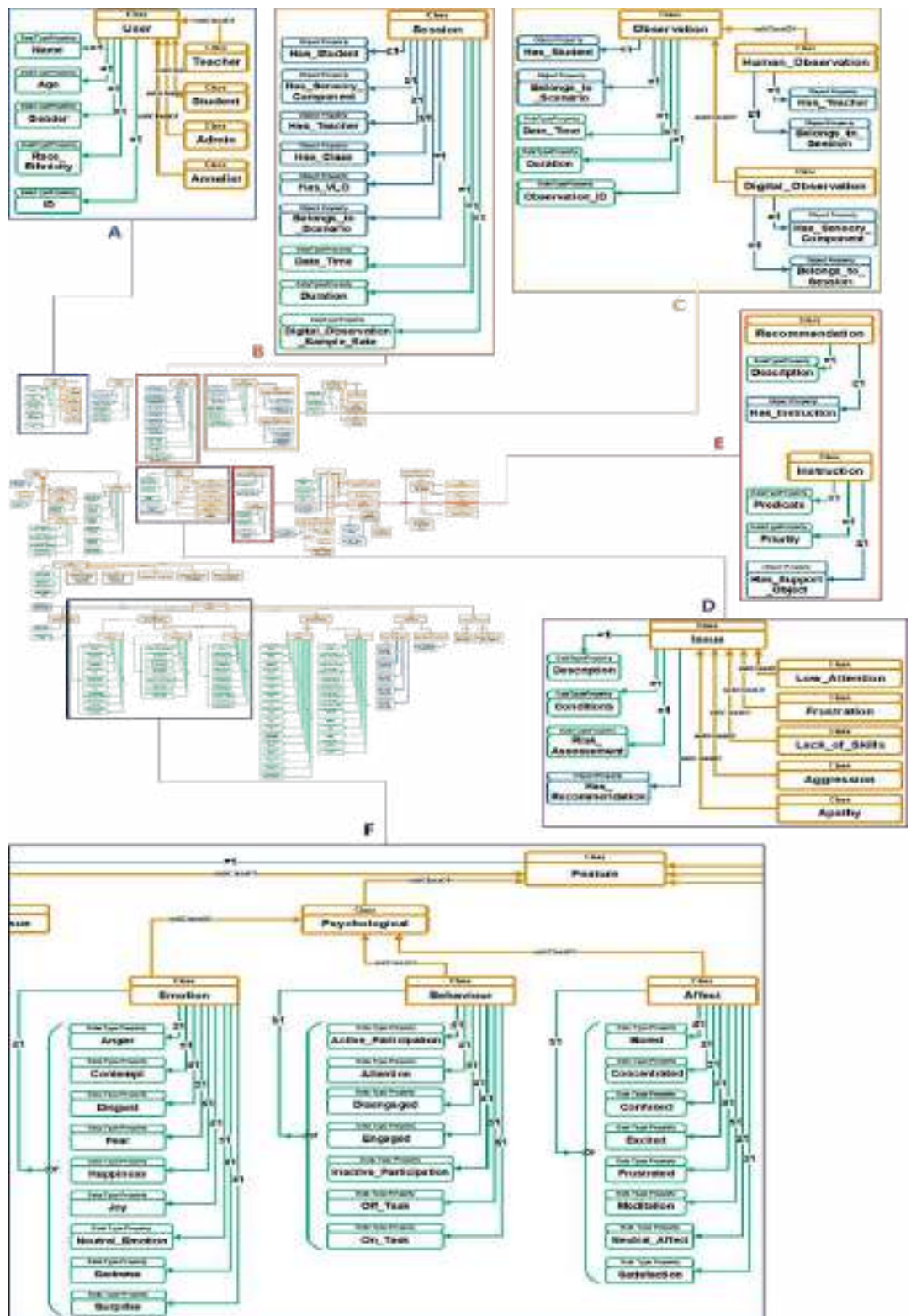
La Figura 4.5. (F) detalla las propiedades respectivas. La clase de emisión contiene los valores de las propiedades que definen las condiciones necesarias para crear alertas dirigidas a cada estudiante que exhibe señales correspondientes a la cuestión conjunto, y se pone de relieve en la Figura 4.5.(D). La clase Recomendación apoya las alertas de los problemas con las instrucciones y el contenido de soporte específicos para cada tema y personalizable para diferentes estudiantes. El modelo correspondiente se detalla en la Figura 4.5. (E).

## 5. Mejora de la atención del estudiante apoyada por mediciones fisiológicas

El enfoque de las más recientes teorías de análisis del estado emocional es el Sistema Nervioso Autónomo (SNA). Esas teorías proponen que los sistemas nerviosos simpático y parasimpático interactúan antagonicamente de acuerdo con cada estado emocional, lo que implica variaciones de intervalos entre latidos cardiacos consecutivos. La excitación emocional y la atención se pueden inferir basándonos en el electrocardiograma (ECG), específicamente a través de análisis de variabilidad del ritmo cardíaco (HRV), incluyendo el de baja frecuencia (LF), alta frecuencia (HF) y la relación LF/HF. El objetivo de este estudio es analizar el impacto de la música clásica de fondo en la excitación y atención emocionales de los estudiantes y la atención y el desempeño en el contexto de los cursos de formación e-Learning. Como resultado, se prevé el desarrollo de un sistema que integra los *wearables* (lo que se lleva o se tiene puesto y tiene microprocesador) para recopilar sin problemas las bioseñales mencionadas, *wearables* que podrán sentir las emociones de los usuarios y proponer recomendaciones automáticas para mejorar los enfoques y contenidos de aprendizaje, con el objetivo de mejorar la atención de los alumnos.

El presente trabajo de investigación analiza el papel de la música clásica de fondo en la atención de los estudiantes, la excitación emocional y el rendimiento en el entorno e-Learning. El enfoque propuesto se basa en lecturas de ECG con el objetivo de alimentar un sistema inteligente capaz de realizar análisis y proponer recomendaciones para la mejora de los métodos de aprendizaje.

Figura 4.5.  
Detalle de la ontología de clases primarias



En el contexto de la enseñanza basada en internet, el e-Learning se está convirtiendo en un enfoque innovador para la entrega bien diseñada de metodología interactiva centrada en el alumno. En ese contexto e-Learning está proporcionando un entorno de aprendizaje a cualquier persona, en cualquier lugar, en cualquier momento mediante la utilización de los atributos y recursos de diversas tecnologías digitales, razón por la que está creciendo su importancia en el mercado (Khan, 2005). En un futuro cercano, la integración de la detección, el diagnóstico, la descripción y calificación de una situación dada muy probablemente darán soporte al e-Learning. Así, la característica deseada de los sistemas inteligentes sería la posibilidad de detectar y medir, con biosensores adecuados, diversos parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca (HR), la respuesta galvánica de la piel (GSR), el electroencefalograma (EEG) y el electrocardiograma (ECG) (Kaufmann, Sütterlin, Schulz & Vögele, 2011; Appelhans & Luecken, 2006).

El trabajo de investigación presentado a continuación sigue el método de investigación tradicional y encierra la siguiente pregunta de investigación: «¿Los cursos de capacitación e-Learning con música clásica de fondo influyen en los estados emocionales y tendrán un impacto en la atención y el rendimiento?». En cuanto a la pregunta de la investigación propuesta, se argumenta, por hipótesis, que si definimos un prototipo capaz de llevar a cabo el análisis de la excitación y la atención en base a señales biológicas, entonces el proceso para determinar la activación emocional y la atención de los estudiantes de aprendizaje podría ejecutarse sin problemas. Tal desarrollo podría probar la utilidad de la música de fondo en los materiales e-Learning.

### 5.1. Sistemas inteligentes y *e-Learning*

Los sistemas inteligentes se entienden como sistemas que pueden detectar, diagnosticar, describir y calificar una situación dada, y que son capaces de dirigirse mutuamente e identificarse el uno al otro. También pueden interactuar, relacionarse y comunicarse con su entorno y con otros sistemas inteligentes. Los sensores y actuadores, que son parte del ecosistema de sistemas inteligentes, se convertirán, la mayoría de las veces, en su componente central. Se han propuesto diferentes enfoques en el contexto *e-Learning*, entre los que podemos destacar el desarrollo de sistemas basados en el contexto y la percepción

emocional. Zarrad & Zaguia (2015) proponen un sistema inteligente con un enfoque arquitectónico en el que las modalidades son seleccionadas dinámicamente en el contexto operativo. El sistema considera el contexto desde diferentes características incluyendo la iluminación, nivel de ruido, la conectividad de red, los costos de comunicación, el ancho de banda de comunicación y las situaciones sociales y médicas.

Las emociones desempeñan un papel importante en el aprendizaje y están significativamente relacionadas con la motivación de los alumnos, las estrategias de aprendizaje, los recursos cognitivos, la autorregulación y los logros académicos (Pekrun, Goetz & Perry, 2002). Se desarrollaron varias contribuciones basadas en la identificación del estado emocional de un usuario con el objetivo de mejorar la experiencia de aprendizaje electrónico. El marco para mejorar el aprendizaje a través de cámaras web y micrófonos (FILTWAM, Framework for Improving Learning Through Webcams and Microphones) (Bahreini, Naldski & Westera, 2016) se desarrolló con el objetivo de interpretar el estado emocional de los usuarios en un entorno de aprendizaje. Este estudio se centró sólo en la detección del estado de ánimo facial y presenta un *framework* estructurado compuesto por las siguientes capas: aprendiz, dispositivo, aplicación y datos con la capa de aplicación más compleja en la parte superior e incluye una herramienta de computación afectiva.

En ese mismo sentido, Santos, Saneiro, Boticario & Rodriguez-Sanchez (2016) llevaron a cabo una investigación en el aprendizaje de idiomas asistido por ordenador utilizando una infraestructura basada en Arduino, que podía detectar el estado afectivo de los alumnos y entregar recomendaciones interactivas. Para ello se desarrolló la Plataforma de Recomendación Afectiva sensible al Contexto de Inteligencia Ambiental (AICARP), una plataforma como la que se desarrollará en el contexto de este estudio. Una particularidad de la plataforma es el módulo sensor que recibe señales biológicas del alumno e información del entorno y un módulo de recomendación que aprovecha la inteligencia del entorno mediante actuadores internos y/o externos, lo que ofrece un apoyo personalizado interactivo para el alumno. Este resumen presenta los sistemas inteligentes relevantes relacionados con el trabajo desarrollado en el ámbito de la pregunta de investigación propuesta. Buscamos diseñar un sistema inteligente que analiza los datos de los sensores conectados al cuerpo y que al razonar sobre algoritmos seleccionados identifica el estado emocional de una per-

sona. Estos sistemas, aunque están conectados con otros sistemas inteligentes similares, pueden producir marcadores que dan indicaciones de propiedades comunes de diferentes personas mientras escuchan música y realizan una tarea de aprendizaje (por ejemplo, asistiendo a un curso de e-Learning).

## 5.2. Música de fondo

El «efecto Mozart», es decir, el descubrimiento científico que indica que escuchar la sonata para piano de Mozart mejoró el razonamiento espacial (Steele, Bass & Crook, 1999), fue respaldado por McCuntheon (2000), mientras que otros estudios no lo corroboraron (Ransdell & Gilroy, 2001; Kallinen, 2002). A pesar de eso, el estudio condujo a nuevas investigaciones e hipótesis en el campo. Un estudio realizado por Thompson, Schellenberg & Hussain (2001) sugirió que el «efecto Mozart» realiza una especie de manipulación de la excitación y el estado de ánimo que condujo a un mejor rendimiento. Según Wilson & Brown (1997), el efecto de la música de fondo es bastante específico y, por tanto, debe probarse en una situación específica seleccionada

Respecto de los entornos basados en computadora, era visible que al leer noticias de una computadora de bolsillo en un entorno que distraía, la velocidad de lectura y la eficiencia mejoraban en presencia de música rápida en comparación con la audición de música lenta. El estudio de Thompson, Schellenberg & Hussain (2001) reveló que la música de fondo interrumpía la capacidad de escribir con fluidez.

Para estudiar el efecto de la música de fondo en entornos virtuales para el aprendizaje (Richards, Fassbender, Bilgin & Thompson, 2008), se creó un entorno específico para una lección de historia. Los resultados revelaron que escuchar la banda sonora de Oblivion llevó a una mejora en el número de hechos recordados por los participantes. Es importante tener en cuenta que la mayoría de los hallazgos informados sobre la música de fondo no son representativos de los entornos informáticos. Por tanto, considerando el impacto real de la tecnología en la vida diaria, es crucial continuar progresando en ese campo de investigación específico.

### 5.3. Estado emocional y detección de atención usando electrocardiograma

Las mediciones fisiológicas, junto con el reconocimiento facial u otras mediciones (por ejemplo, la postura y los movimientos corporales), son las pistas indirectas sobre los estados emocionales de una persona, ya que no se pueden evaluar con algún tipo de mediciones directas. Por eso, las señales biológicas como el electrocardiograma (ECG), el electromiograma (EMG), el electroencefalograma (EEG), la respuesta galvánica de la piel (GSR), la presión del volumen sanguíneo (BVP), la frecuencia cardíaca (HR) o la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), la temperatura (T) y la frecuencia respiratoria (RR) se convierten en las señales vitales más importantes del cuerpo humano para una evaluación emocional. Aunque la mayoría de los estudios utilizan diferentes señales biológicas junto con el ECG para detectar los estados emocionales (Kim & André, 2008; Schaaff & Adam, 2013; Kreibig, 2010), hay estudios enfocados sólo en relacionar el ECG con la expresión de emociones humanas (Katsis, Kater, Ganiatsas & Fotiadis, 2008; Appelhans & Luecken, 2006).

Las emociones y el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) están interrelacionados. La actividad del SNA es vista como el componente principal de las emociones en muchas teorías recientes sobre la evaluación emocional (McCorry, 2017). El SNA está compuesto por el sistema nervioso simpático y el parasimpático. El sistema nervioso simpático es estimulado por cambios en el ambiente externo y reacciona principalmente ante cualquier situación percibida como una emergencia. La función principal del sistema nervioso parasimpático es, por ejemplo, coordinar actividades relacionadas con la restauración y conservación del cuerpo (Freeman, Dewey, Hadley & Myers, 2006). Ambos sistemas interactúan de manera antagónica y causan variaciones en los intervalos entre latidos cardíacos consecutivos (Appelhans & Luecken, 2006). El sistema nervioso parasimpático es más activo en períodos de calma que disminuyen la frecuencia cardíaca (HR) (Schaaff & Adam, 2013). Sin embargo, la actividad simpática es predominante cuando la excitación aumenta, lo que conduce a la aceleración de FC (Schaaff & Adam, 2013).

La HRV es una medida de la interacción continua entre las influencias simpáticas y parasimpáticas en la frecuencia cardíaca, que proporciona información sobre la flexibilidad autónoma y, por tanto, representa la capacidad de respuesta emocional regulada (Appelhans & Luecken, 2006).

Se pueden medir varios parámetros de HRV como resultado del análisis del dominio del tiempo o del análisis del dominio de la frecuencia. Entre esos parámetros se encuentra la relación entre LF/HF, que se conoce como el indicador activo de la actividad del sistema nervioso simpático. Los valores altos de LF/HF corresponden al predominio de la actividad simpática y, por tanto, la activación alta en oposición a la actividad parasimpática para la cual la relación LF / HF es menor, correspondiente a una activación baja (Fruhata, Miyachi & Adachi, 2011).

Avanzando aún más hacia la relevancia de dichos parámetros para el estudio actual, es importante valorar las señales fisiológicas del ECG como una buena fuente para analizar y predecir la falta o presencia de atención cognitiva en individuos durante la ejecución de la tarea, que puede lograr rendimiento similar al del EEG. La evidencia científica muestra que existe una relación estrecha entre la variabilidad en la frecuencia cardíaca y la atención en adultos. También se ha demostrado que durante las tareas que requieren atención los parámetros HF y LF de HRV disminuyen (Tripathi, Mukundan & Mathew, 2003).

#### 5.4. Experimento

El experimento propuesto fue diseñado para estudiar la excitación emocional y la atención en el contexto del aprendizaje electrónico y se preparó de la siguiente manera. Diez individuos se inscribieron en el estudio: una mujer y nueve hombres. Sus edades eran entre 32 y 47 años. Los participantes tienen diferentes antecedentes educativos, todos completaron al menos la escuela secundaria, y ninguno estaba empleado en el negocio de la acuicultura. Este hecho no se consideró relevante, pues el objetivo no era el contenido del curso, pero se consideró pertinente, ya que serían similares a un candidato a la acuicultura que desea recibir capacitación en tales asuntos.

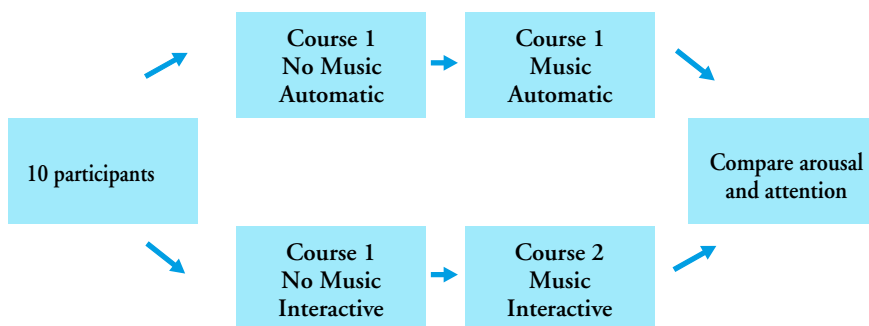
El experimento se realizó en el ámbito del proyecto AquaSmart, que se centra en la minería de datos y las tecnologías de *big data* aplicadas al sector de la acuicultura. AquaSmart ayuda a las empresas a transformar los datos sin procesar en conocimiento a través de modelos analíticos precisos impulsados por la empresa en un proceso eficiente y sin problemas. El proyecto AquaSmart tiene un componente de capacitación y eso lleva a la relevancia de tal experimento en el alcance del *framework* de capacitación del proyecto.

Los materiales para la ejecución del experimento se adoptaron del programa de capacitación de AquaSmart y se adaptaron para la configuración experimental que aquí se describe. El estudio comprende dos cursos de aprendizaje electrónico: a) introducción a AquaSmart (curso 1); b) historia de la acuicultura (curso 2). El segundo curso se entregó con un extracto del comienzo de la primera parte del *Concierto de Brandenburgo N.º 2* de Bach como música de fondo, que fue calificada como expresión de felicidad (Kallinen, 2005). Ambos cursos consistieron en un componente de aprendizaje compuesto por 4 diapositivas seguido de una prueba con 5 preguntas sobre los materiales aprendidos. Los estudios previos ya evaluaron el impacto de la música en el estado de ánimo de una persona; en este caso se trata de un paso más en la evaluación del impacto de la música en la atención (Gião, Sarraipa, Xavier & Ferr, 2016).

Durante las sesiones, las mediciones de ECG se realizaron utilizando un Olimex SHIELDDEKG-EMG. Al final de la sesión se tomó un cuestionario para cuantificar: a) la atención de los participantes en cada curso de capacitación; b) la simpatía de cada curso; c) la dificultad de cada curso.

La muestra se dividió en dos grupos (Figura 4.6.): a) un grupo que realizó el curso de entrenamiento 1 sin música, seguido del curso de entrenamiento 2 con música en forma automática, es decir, con un intervalo de tiempo predeterminado entre diapositivas; b) un grupo que realizó el curso de capacitación 1 sin música, seguido por el curso de capacitación 2 con música en forma interactiva, es decir, que el usuario debía presionar el botón «Siguiente» de la interfaz para pasar a la siguiente diapositiva.

**Figura 4.6.**  
Muestra del grupo



Los participantes fueron informados sobre los procedimientos y al mismo tiempo firmaron un formulario de consentimiento. La ejecución del procedimiento comenzó instalando electrodos clínicos en su brazo izquierdo, brazo derecho y pierna derecha. La frecuencia cardíaca se midió 30 segundos antes del comienzo de cada curso de capacitación de aprendizaje electrónico para fines de referencia y los datos se recopilaron durante la asistencia a los cursos de aprendizaje electrónico. Después de la sesión, cada sujeto calificó el nivel de dificultad, atención y motivación de cada curso de capacitación en una escala de siete puntos, con calificación de «muy poco» (1) a «mucho» (7).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca se midió, según la especificación, como variación latido a latido en la frecuencia cardíaca (intervalos R-R) del ECG. Dicha medida cuantifica la interacción entre el sistema simpático y el sistema parasimpático del SNA y se obtuvo utilizando el *software* Artifact. Se hizo especial énfasis en LF y HF de HRV, relacionados con la atención, y el índice de estimulación LF/HF de la activación (más detalles en la Sección 3.2), que se midieron durante el descanso y las tareas de aprendizaje propuestas.

## 5.5. Los resultados de los experimentos

Como ejemplo, los resultados del participante 1 (P1), relacionados con el curso de capacitación «AquaSmart» (curso 1) sin música, revelaron que la relación LF/HF aumentó durante la fase de aprendizaje, como se esperaba. Dado que disminuyeron los valores de LF y HF calculados en milisegundos al cuadrado, se puede admitir que dicho participante estuvo más atento durante la etapa de aprendizaje (Tabla 4.1). El rendimiento alcanzado durante la fase de prueba para el curso de entrenamiento 1 en forma automática fue del 80 %.

Las Tablas 4.1. y 4.2. presentan mediciones de LF y HF para el Curso 1 (sin música) y el Curso 2 (con música), respectivamente, para la misma persona designada como P1.

El participante P1 comentó, después de realizar el curso de capacitación «Historia de la acuicultura» (curso 2), con música, que el volumen era excesivamente alto y que por lo general no aprecia los contenidos relacionados con la historia. Esos comentarios podrían explicar la razón por la que el análisis HRV reveló una disminución en la relación LF / HF durante la fase de aprendizaje

(Tabla 4.2.), es decir, el bajo nivel del indicador de activación emocional significa que no le gustaron los contenidos del curso. Los parámetros relacionados con la atención (valores absolutos de LF y HF) disminuyeron (Tabla 4.2.), lo que revela un alto nivel de atención en comparación con las otras etapas del curso. El rendimiento alcanzado por este participante durante la fase de prueba en el Curso 2 en forma automática fue del 60 %. Además, de la información recopilada de todos los cuestionarios se llegó a la conclusión de que a algunos les gusta estudiar con música y a otros no.

**Tabla 4.1.**

Curso de formación 1 sin música para P1

	Restibg	Learning	Test
LF (ms <sup>2</sup> )	8074,65	4899,53	1453,03
HF (ms <sup>2</sup> )	6336,96	2479,01	4787,75
LF/HF	1,27	1,98	0,95

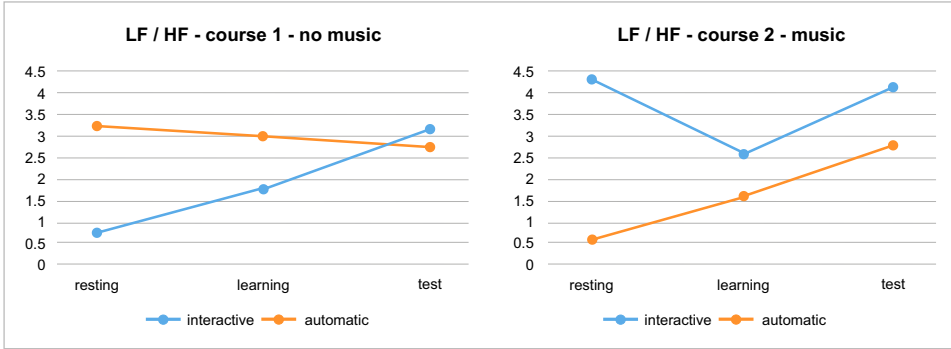
**Tabla 4.2.**

Curso de capacitación 2 con música para P1

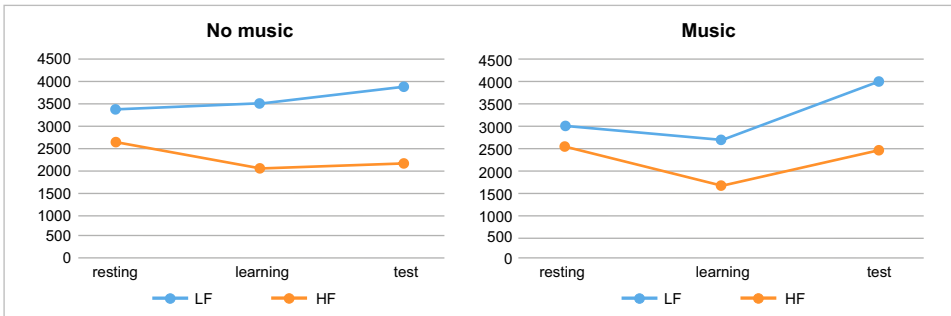
	Restibg	Learning	Test
LF (ms <sup>2</sup> )	7377,99	2868,48	2996,58
HF (ms <sup>2</sup> )	4995,74	2761,50	2341,79
LF/HF	1,48	1,04	1,28

De los datos recolectados usando el ECG, fue posible inferir lo mismo. Esto significa que la música ayuda en las fases de aprendizaje y prueba solo a una parte de los participantes. Tal conclusión está en línea con el estudio realizado por Gião *et al.* (2016), el cual indica que una misma música puede producir diferentes estados emocionales para cada persona. Esto también está en línea con la desviación estándar del gráfico en la Figura 4.7., donde con música (Figura 4.7., a la derecha) tiene un  $\sigma = 4.67$  y sin música (Figura 4.7., a la izquierda) tiene un  $\sigma = 2.48$ .

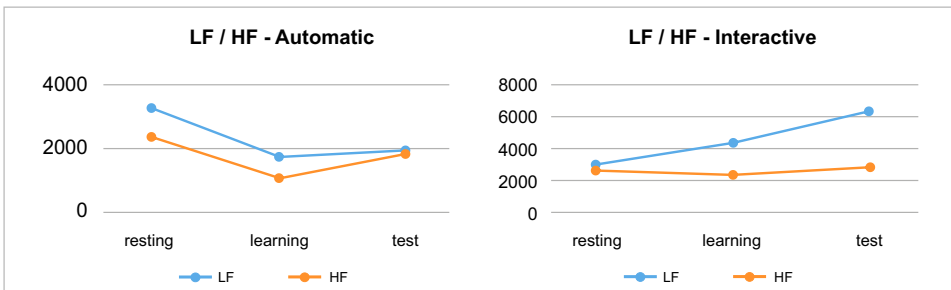
**Figura 4.7.** A la izquierda: Promedio de relación LF/HF para el Curso 1 sin música presentada de forma automática e interactiva; a la derecha: Promedio de LF/HF para el Curso 2 con música, presentada también en ambos sentidos.



**Figura 4.8.** A la izquierda: Promedio LF ( $ms^2$ ) y HF ( $ms^2$ ) para el Curso 1 sin música; a la derecha: Promedio LF ( $ms^2$ ) y HF ( $ms^2$ ) para el Curso 2 con música.



**Figura 4.9.** A la izquierda: LF promedio ( $ms^2$ ) y HF promedio ( $ms^2$ ), para los cursos presentados en forma automática; a la derecha: Promedio HF ( $ms^2$ ) y promedio LF ( $ms^2$ ) para cursos presentados en forma interactiva.



Esto significa que hay una mayor variabilidad de valores en el primer caso (curso con música), que representa su tendencia a resultados amplificados, lo que implica también una excitación amplificada (intensidad emocional).

Eso quiere decir, en consecuencia, que la gente siente que la música genera reacción independientemente de si es de una manera positiva o negativa. En conclusión, se podría decir que, a pesar de ser positiva o negativa, la música de fondo clásica aumenta la intensidad de la emoción en las experiencias de aprendizaje electrónico.

Cuando se analiza el nivel de compromiso de los estudiantes, se obtiene una mayor atención en cursos con música, en comparación con aquellos cursos en los que no empleaban música. Esto se puede verificar en la Figura 4.8. mediante valores de LF y HF promedio más bajos en términos absolutos en cursos con música.

La Figura 4.9 presenta los valores promedio de LF y HF de todos los estudiantes, de los cuales se podría inferir que los estudiantes estuvieron más atentos o comprometidos en el curso automático. Esto significa que no tenían la posibilidad de retroceder, avanzar o volver a ver los contenidos. Indica que para no fallar en la prueba intentaron estar más atentos a los contenidos. Esto se explica por la reducción en el tiempo de los valores absolutos de LF y HF. La Figura 4.9. muestra la relación LF-HF para los cursos presentados en forma automática (izquierda), frente a los cursos presentados en forma interactiva (derecha).

## 5.6. Conclusiones y trabajo futuro

El uso de dispositivos portátiles capaces de obtener los valores de LF y HF de un ECG potencia la creación de sistemas inteligentes. Esto se puede aplicar a la esfera de la educación, lo que permitirá que el sistema detecte señales fisiológicas de los estudiantes, lo cual a su vez hará posible inferir situaciones sobre el nivel de la atención del estudiante.

A través de este tipo de sistemas, se podrían implementar servicios de recomendación específicos que sugerirán contenidos o temas para recuperar la atención del estudiante. Se propone un prototipo de sistema inteligente capaz de realizar análisis de activación y atención basados en señales biológicas que

usan dispositivos portátiles para medir el ECG con la incorporación de los parámetros HRV analizados. Por tanto, se puede facilitar el proceso para determinar la excitación emocional y la atención de los alumnos que aprenden; y el sistema inteligente puede sugerir una pausa en el estudio, ajustar el volumen y la presencia o ausencia de la música.

# Capítulo 5

## Nuevos enfoques en la promoción de la transferencia de conocimiento

*Daniel Alves, Andreia Artífice, Jesús G. Boticario,  
Jorge Calado, Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo,  
Ricardo Jardim-Gonçalves, Manuella Kadar,  
Fernando Luís-Ferreira, Elsa Marcelino-Jesus,  
Celson Pantoja Lima, Carla Marina Paxiúba,  
Joao Sarraipa, Majid Zamiri*

### 1. Soluciones innovadoras y analítica Acacia

Este trabajo propone una metodología para medir la atención. La metodología propuesta, basada en la variabilidad del ritmo cardíaco (HRV), se compone de las siguientes fases: preprocesamiento, extracción de características y análisis de datos. Durante la etapa de preprocesamiento, la señal de electrocardiograma (ECG) se filtra para eliminar el ruido y se calcula la señal HRV del ECG. En la fase de extracción de características se calculan las 12 funciones para la descripción de la señal HRV basadas en métodos lineales. Estas 12 funciones lineales incluyen tanto las características de dominio de tiempo como de dominio de frecuencia. La tercera etapa, de análisis de datos, es responsable de

analizar tanto la potencia espectral en la banda de alta frecuencia (HF) de la señal de la VFC como en la banda de baja frecuencia (LF). La metodología propuesta se puso a prueba en un escenario de juego. Este escenario consiste en jugar el juego en dos circunstancias distintas: con música de fondo clásica, facilitadora; después, con música molesta. El análisis de los parámetros HF y LF reveló una disminución en determinados momentos de la experiencia, el cual está alineado con un estudio que argumenta que esos parámetros disminuyen en tareas atencionales. Estas variaciones del trabajo de esos parámetros se correlacionaron con la percepción que tienen los jugadores de su atención.

## 1.1. Introducción

Hay un entendimiento común de lo que es la atención. La esencia implícita de la atención fue capturada por William James en su famosa declaración (James, 1980): «es tomar posesión de la mente, en forma clara y vívida, de uno de lo que parecen varios objetos o trenes de pensamiento simultáneamente posibles». Esto significa que la atención puede verse como la capacidad de centrarse en una tarea o idea.

En lo que respecta a la atención, se ha informado la evidencia «consistente con la hipótesis que las emociones positivas amplían el alcance de la atención y la cognición» (Branigan & Fredrickson, 2005). Una forma de evocar estados emocionales es escuchar tipos específicos de música según el perfil personal (Gião, Sarraipa, Xavier & Ferr, 2016).

Según Cohen, Sparling-Cohen & O'Donnell (1993), la atención «facilita la selección de información relevante y la asignación del procesamiento cognitivo adecuado a esa información». Hoy en día se sabe que la actividad bioeléctrica refleja los procesos cognitivos y conductuales. Por un lado, «no hay evidencia de que la actividad del sistema nervioso autónomo se correlaciona con cambios en la atención» (Cohen *et al.*, 1993). Por otro lado, se sabe que el sistema nervioso autónomo es tema de muchos estudios sobre las emociones (McCorry, 2017). Por ejemplo, una posible manera de medir el sistema nervioso autónomo es a través de análisis de variabilidad del ritmo cardíaco de ECG (Sztajzel, 2004).

Este trabajo de investigación sigue el método de investigación tradicional y se centra en la siguiente pregunta de investigación: «¿Cómo se puede mejorar la atención personal en las tareas que requieren concentración?».

Con respecto a esto, argumentamos por hipótesis que si definimos una metodología capaz de realizar un análisis de atención basado en señales biológicas, entonces se puede facilitar el proceso para determinar mejores condiciones de concentración para una persona.

La demencia es un trastorno del cerebro caracterizado por un deterioro de la función cognitiva que afecta la memoria, el pensamiento, la orientación, la comprensión, el cálculo, la capacidad de aprendizaje, el lenguaje y el juicio. Se acompaña de comportamientos típicos como la conducta agresiva y el deambular (Colling, 2010).

Por definición, el deambular se puede ver como «la tendencia a moverse ya sea aparentemente sin rumbo o desorientación, en busca de un objetivo indefinible» (Snyder, Rupperecht, Pyrek & Brekhus, 1978). Un déficit de atención puede interferir con la capacidad de mantener una meta o destino en mente (Algase, 2010). Además, la atención, es decir, la capacidad de concentrarse en una tarea y mantener la concentración, se ve afectada pronto en las personas con demencia.

El deambular es uno de los problemas que aborda el proyecto de investigación Carelink AAL, al cual contribuye esta investigación. La solución propuesta por Carelink supone desarrollar una tecnología integrada, con la inclusión de varios dispositivos del IoT en una plataforma. Esa solución tiene el potencial de monitorear el comportamiento de la persona con demencia y proporcionarle comentarios y recomendaciones apropiados a ella o a sus cuidadores.

La investigación en curso preveía la aplicación de la metodología descrita para la detección de atención en el alcance del proyecto Carelink en los siguientes aspectos: a) identificar la contribución de las características del ECG relacionadas con la atención en los patrones de cuestionamiento; y b) crear una interfaz atenta, deduciendo los niveles de atención de los usuarios al interactuar con el prototipo Carelink.

## 1.2. Relación de sistemas resilientes

La propiedad de resiliencia se puede definir como «la capacidad intrínseca de un sistema para ajustar su funcionamiento antes, durante o después de los cambios y perturbaciones, para que pueda sostener las operaciones requeridas

en condiciones tanto esperadas como inesperadas» (Hollnagel, Pariès, Woods & Wreathall, 2011). Además, según Hollnagel, un sistema resiliente tiene las siguientes propiedades: a) capacidad para responder a eventos; b) monitorear desarrollos en curso; c) anticipar futuras amenazas y oportunidades; d) aprender de los fracasos y éxitos pasados por igual.

En este trabajo seguimos el mismo argumento de Matthews (2016), quien declaró: «los sistemas autónomos resilientes deben ser capaces de sobrevivir a las debilidades tanto en el funcionamiento de la máquina como en el humano».

Una forma de hacer que un sistema sea resiliente al nivel de funcionamiento humano es darle la capacidad de percibir los estados cognitivos y emocionales humanos, detectar las debilidades y reaccionar de manera apropiada. Por ejemplo, se sabe que la atención, un facilitador del rendimiento cognitivo y del comportamiento, tiene una relación con la actividad fisiológica. Bioseñales como electrocardiogramas, electroencefalogramas o dispositivos portátiles de respuesta galvánica de la piel pueden ser utilizados por esos sistemas para detectar las respuestas humanas al procesamiento cognitivo. Una posible solución en el contexto del aprendizaje electrónico es un sistema que optimice la atención del usuario a través de la metodología propuesta, reajustando y sugiriendo música y/o contenidos apropiados para mejorar la atención de los estudiantes. Eso permitiría que el sistema sea resiliente a nivel humano y reaccione a las fluctuaciones de la atención.

### **1.3. Metodologías de análisis de datos**

Se han analizado metodologías de análisis de datos, herramientas para obtener características del ECG y cómo las características de HRV pueden medir la atención para responder a la pregunta de investigación mencionada anteriormente.

#### **A. Metodologías de análisis de datos**

Las metodologías de análisis de datos imponen un cierto orden lógico al análisis de datos en proyectos industriales o científicos. Según Mariscal, Marbán & Fernández (2010), el enfoque inicial fue el proceso de Descubrimiento de Conocimientos en Bases de Datos (KDD, Knowledge Discovery in Databases), mientras que el enfoque central fue el Proceso Estándar Interindustrial para la Minería de Datos (CRISP-DM, Cross Industry Standard Process for Data Mining).

El proceso KDD une varias áreas de investigación cuyo objetivo es realizar análisis de datos y extracción de conocimientos, como matemática e inteligencia artificial (IA). Esta metodología incluye los siguientes pasos (Mariscal, Marbán, & Fernández, 2010): preparación de datos, búsqueda de patrones, evaluación de conocimiento y refinamiento. En comparación, la metodología CRISP-DM presenta seis fases diferentes (Shearer, 2000): comprensión de negocios, comprensión de datos, preparación de datos, modelado, evaluación y despliegue.

Una metodología simplificada para los proyectos de análisis de datos fue considerada por Runkler (2016), quien define solo tres fases para los proyectos de análisis de datos: preparación, preprocesamiento y posprocesamiento. En la etapa de preparación, el autor incluye planificación, recopilación de datos, generación de características y selección de datos. En el paso de preprocesamiento entran limpieza, filtrado, finalización, corrección, estandarización y transformación. La etapa de análisis es responsable de la visualización y la aplicación de técnicas apropiadas, como correlación, regresión, pronóstico, clasificación y agrupación. Finalmente, la interpretación, documentación y evaluación son realizadas en la etapa de posprocesamiento.

## **B. Herramientas para obtener características del ECG**

Para calcular el análisis de la HRV del ECG, se computa un conjunto de características. Hay varios métodos que se pueden usar para medir la HRV: dominio de tiempo, dominio de frecuencia, dominio de frecuencia de tiempo y métodos no lineales. Diversas herramientas en línea gratuitas están disponibles para obtener esos parámetros (Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele, 2011). Como ejemplo tenemos Kubios (Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-aho & Karjalainen, 2014), que permite analizar la HRV en relación con el dominio del tiempo, el dominio de la frecuencia y los índices no lineales. También puede realizar operaciones de preprocesamiento, como la corrección de artefactos. Otra herramienta que permite la corrección de artefactos es ARTIFACT (Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele, 2011); sin embargo, sólo calcula las características del dominio del tiempo y del dominio de la frecuencia. Grove (Rodríguez-Liñares, Lado, Vila, Méndez, & Cuesta, 2014) proporciona remociones e interpolaciones

de valores atípicos en el preprocesamiento y calcula el dominio del tiempo, la frecuencia y las características no lineales.

En términos generales, desde una perspectiva técnica, es deseable que el *software* elegido para esta investigación determine las características del dominio de la frecuencia (para más detalles, consultar la sección 3.3). También es valioso para la detección y corrección automática de los artefactos. Por tanto, se utilizó la aplicación ARTIIFACT (Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele, 2011), que además de satisfacer los requisitos técnicos tiene una interfaz muy fácil de usar.

### C. HRV para medir la atención

La HRV, entendida como «la cantidad de fluctuaciones de la frecuencia cardíaca entre la frecuencia cardíaca media» (Van Ravenswaaij-Arts, Kollee, Hopman, Stoelinga & Van Geijn, 1993), ha sido objeto de estudio en varios dominios y se ha utilizado para inferir patrones en los datos de ECG.

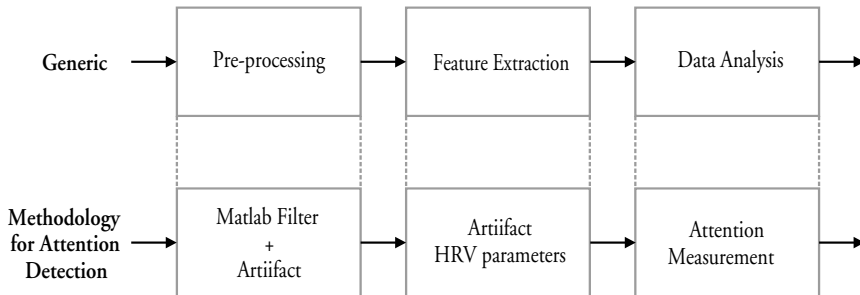
Se sabe que existe una estrecha relación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca en lactantes (Richards, Fassbender, Bilgin, & Thompson, 2008; Col, Tripathi, Mukundan, & Mathew, 2003). Además, se ha demostrado que la detección y clasificación de atención basadas en los datos de ECG son bastante comparables con los datos basados en el electroencefalograma (EEG) (Belle, Hargraves, & Najarian, 2012).

Además, un estudio realizado por Col, Tripathi, Mukundan & Mathew (2003) informa que los parámetros del dominio de la frecuencia específicamente la baja frecuencia (LF), es decir, los componentes espectrales entre 0.04 y 0.15 Hz y la baja frecuencia alta(HF), que son los componentes espectrales entre 0,15 y 0,4 disminuyen durante las tareas que requieren atención. Este estudio es la base principal para la etapa de análisis de la metodología propuesta para la detección de la atención.

### 1.4. Metodología para la detección de atención

La metodología propuesta para la detección de la atención se basa en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC, HRV en inglés) y está compuesta por las siguientes fases: preprocesamiento, extracción de características y análisis de

**Figura 5.1.**  
Metodología para la variabilidad del ritmo cardíaco (HRV)



*Nota:* Parámetros de análisis, compuestos por las fases de preprocesamiento, extracción de características y análisis de datos y las herramientas correspondientes utilizadas en cada etapa.

datos. En la Figura 5.1. se representa de forma genérica la caracterización de ese proceso. En la parte inferior de la misma figura, se puede expandir cada paso que contiene los procedimientos principales. En la fase de preprocesamiento se elimina el ruido y tanto los artefactos detectados como corregidos. En el paso de extracción de características, se sacan las características de dominio de frecuencia y de tiempo que caracterizan la HRV. La etapa de análisis de fecha inspecciona los datos para detectar información útil que respalde la toma de decisiones.

### A. Preprocesamiento

El ECG puede estar contaminado por ruido y artefactos que se pueden clasificar en (Clifford, Azuaje, & MacSharry, 2006): a) interferencia de la línea de alimentación; b) ruido de vacío del electrodo y ruido de contacto; c) artefactos de movimiento del electrodo del paciente; d) ruido electromiográfico (EMG); e) deriva de referencia; f) ruido del dispositivo recolector de datos; g) ruido electroquirúrgico; h) ruido de cuantización y solapamiento; e i) artefactos de procesamiento de señales.

Esos elementos dañan la señal y hacen que las fases de extracción y análisis de características sean menos precisas. Por tanto, es importante reducir esos efectos negativos, implementando un procedimiento de eliminación de ruido.

En primer lugar, en esta metodología usamos un filtro digital, es decir, «un sistema que transforma una secuencia, aplicada en la entrada del filtro, cambian-

do sus frecuencias de una manera predefinida». Específicamente, se aplica un filtro de paro de banda, que permite todas las frecuencias excepto las de la banda de parada especificada. Un filtro de parada de banda ideal tiene la siguiente función de transferencia (Snyder, Rupprecht, Pyrek, & Brekhus, 1978):

$$(1) \quad H(\Omega) = \begin{cases} 0, & \Omega_{c1} \leq |\Omega| \leq \Omega_{c2} \\ 1, & |\Omega| < \Omega_{c1} \text{ and } \Omega_{c2} < |\Omega| \leq \pi \end{cases} \quad (1)$$

Which has a bandpass of  $|\Omega| < \Omega_{c1}$  and  $\Omega_{c2} < |\Omega| \leq \pi$  and stop band of  $\Omega_{c1} \leq |\Omega| \leq \Omega_{c2}$ .

Luego se realizó la detección automatizada de artefactos basada en el algoritmo propuesto por Berntson, Quigley, Jang, & Boysen (1990) que utiliza las características distribuidas de las sucesivas diferencias del período del corazón. La detección de artefactos se deriva de la distribución de las diferencias de intervalos interbeat (IBI). Luego se aplica un índice de distribución basado en percentiles. A continuación, como se explica en Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele (2011), se evalúan los parámetros de distribución del conjunto de datos IBI de un individuo, luego se eliminan los artefactos en el primer y cuarto cuartil y se estima la norma general de desviación. Para finalizar, esos datos se utilizan en el criterio de umbral individual para diferencias de latido a latido para detectar artefactos. Luego, los artefactos se tratan por estimación basada en la interpolación *spline* cúbica.

En la etapa de procesamiento previo para aplicar el filtro de banda de detención se utilizó MATLAB®, mientras que el *software* ARTIIFACT (Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele, 2011) se empleó solamente para la detección y corrección de artefacto.

## B. Extracción de características

La extracción de características está relacionada con la búsqueda del conjunto de características más relevante para mejorar su almacenamiento y procesamiento (Guyon, 2008). Con respecto al ECG, la «cantidad de fluctuaciones de la frecuencia cardíaca en torno a la frecuencia cardíaca media» (HRV) (Van Ravenswaaij-Arts, Kollee, Hopman, Stoeltinga & Van Geijn,

1993) es una fuente de información valiosa. Además, la HRV tiene una fuerte relación con los procesos de atención. Las funciones de la HRV más utilizadas se agrupan en el dominio de tiempo y los métodos de dominio de frecuencia. En la etapa de extracción de características, se calcula la HRV y se extraen las características lineales para su posterior análisis. Se extraen 12 características lineales que pueden clasificarse en dominio de tiempo y dominio de frecuencia. Las características del dominio del tiempo consideradas en este trabajo se muestran en la Tabla 5.1: RR medio, RR mediano, SDNN, RMSSD, NN50 y pNN50.

**Tabla 5.1.**  
Características de dominio de tiempo

Time Domain features	
Mean RR	Mean of interbeat intervals
Median RR	Median of interbeat intervals
SDNN	Standard Deviation of interbeat intervals
RMSSD	Root mean square of successive interbeat intervals
NN50	Number of interbeat intervals that differ in more than 50 ms
pNN50	NN50 expressed as a percentage

Las características de dominio de frecuencia seleccionadas en el ámbito de aplicación de la metodología propuesta son VLF, LF, HF y LF / HF (Tabla 5.2).

**Tabla 5.2.**  
Características de frecuencia de dominio

Frequency Domain features	
VLF	Very - low - frequency component
LF (ms <sup>2</sup> )	Low - frequency component
HF (ms <sup>2</sup> )	High - frequency component
LF (n.u.)	Normalized units of LF
LF (n.u.)	Normalized units of HF
LF / HF	Ratio between low and high frequency

En la fase de extracción de características, el cálculo de la HRV y la extracción de características también se calcularon utilizando el *software* de ARTIIFACT (Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele, 2011).

### C. Análisis de datos

Específicamente, en la metodología propuesta, la etapa de análisis de datos es responsable de analizar las características de LF y HF con el objetivo de detectar un patrón específico, es decir, si LF y HF tienen una disminución simultánea. Si es así, esto indica que el individuo está realizando una tarea que requiere atención (Col, Tripathi, Mukundan & Mathew, 2003). Las variaciones simultáneas de los parámetros LF y HF se analizan gráficamente. En este momento, los gráficos para la visualización de datos se analizan manualmente; sin embargo, en un futuro próximo se producirán y analizarán automáticamente.

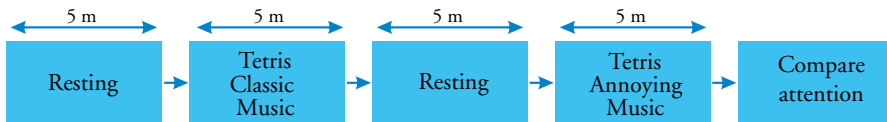
La expansión de la metodología presupone la inclusión del aprendizaje automático que «utiliza la teoría de las estadísticas en la construcción de modelos matemáticos, porque la tarea principal es hacer una inferencia a partir de una muestra» (Alpaydin, 2014), aprendizaje que es una subárea de inteligencia artificial que estudia algoritmos para aprender a hacerlo mejor en el futuro según las experiencias pasadas. En concreto, se usará el aprendizaje supervisado. El aprendizaje supervisado «implica aprender un mapa entre un conjunto de variables de entrada X y una variable de salida Y, y aplicar este mapeo para predecir la salida de datos invisibles» (P. Cunningham, M. Cord y S. J. Delany, 2008). Entre los posibles algoritmos para aplicar están los árboles de decisión [34], los bosques aleatorios [35], las máquinas de vectores de soporte [36] o las redes bayesianas (D. Heckerman, 1997).

## 1.5. Experimento

La metodología propuesta se aplicó con 10 participantes en un estudio anterior que investiga la atención del estudiante en el entorno de aprendizaje electrónico (Cunningham, Cord & Delany, 2008). El objetivo de ese estudio fue analizar la atención del alumno durante los cursos de aprendizaje electrónico mientras escuchaba música clásica y mientras no escuchaba música. Los resultados revelaron que, en promedio, los estudiantes están más atentos durante el curso de aprendizaje electrónico con música de fondo clásica.

En el presente trabajo, para probar la metodología propuesta de medición de atención, se diseñó un experimento en el escenario de juego de Tetris (Figura 5.2.), que es un popular videojuego de rompecabezas, que permite a los jugadores rotar y mover bloques que caen. El objetivo es completar líneas para prolongar el juego. El experimento se compone de dos tareas de atención: a) jugar Tetris mientras se escucha música clásica de fondo; y b) jugar Tetris mientras se escucha música molesta de fondo. Cada una de esas tareas principales tuvo una duración de 5 minutos y fueron precedidas por un período de descanso de 5 minutos. En el experimento participaron dos individuos.

**Figura 5.2.**  
Diseño experimental



Durante el experimento, las grabaciones de ECG se midieron utilizando un Olimex SHIELD-EKG-EMG que convierte la señal diferencial analógica en un flujo de datos. Al final de cada sesión, los participantes informaron su percepción sobre su nivel de atención en las diferentes etapas del experimento.

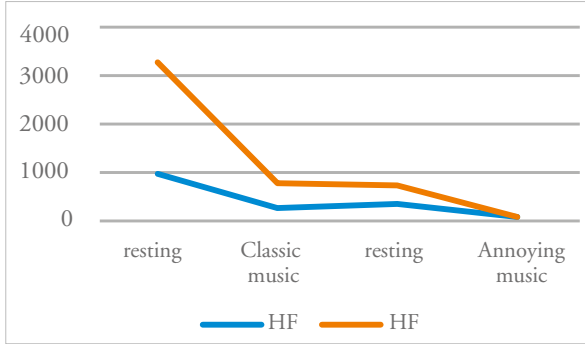
## 1.6. Resultados

El jugador 1 informó que estaba más atento al jugar Tetris escuchando música molesta, comparado con realizarlo escuchando música clásica. Esto sucedió porque el jugador realmente quería ganar a pesar de la música en el juego. Eso coincide con las oscilaciones de LF y HF (Figura 5.3.): en la primera fase de reposo, los parámetros de HF y LF tienen los valores más altos; sin embargo, durante el juego con música clásica hubo una disminución de esos parámetros. Eso representa un período con más atención. Esa disminución significativa en LF y HF se observa nuevamente en el juego con música molesta de fondo.

El jugador 2 tenía una actitud y un comportamiento más relajado, en comparación con el primer jugador, a pesar de que, como se observa en la Figura 5.3., estaba más atento durante el juego cuando se comparan en fases de descanso del experimento, ya que los parámetros de LF y HF presentan valores más pequeños.

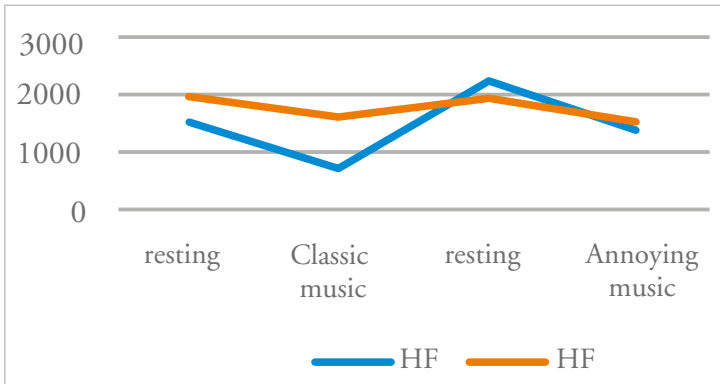
**Figura 5.3.**

Parámetros del jugador 1 LF y HF durante las tareas de juego y descanso



**Figura 5.4.**

Parámetros LF y HF del jugador 2 durante juegos y tareas de descanso



Se verificó que una disminución de las características de LF y HF se correlaciona simultáneamente con el aumento de atención, lo que está alineado con un estudio realizado por (Col, Tripathi, Mukundan, & Mathew, 2003). El estudio también corrobora los logros reportados por una investigación anterior (Artífice et al., 2017), en que evaluaron el mismo enfoque para determinar el nivel de atención basado en la señal ECG.

### 1.7. Conclusiones y trabajo futuro

Teniendo en cuenta lo que se dijo, la metodología aplicada permite analizar la atención del ECG y se ha demostrado que logra su propósito de medir

la atención tanto en los experimentos informados en el contexto de juego como en un estudio anterior (Artífice *et al.*, 2017), que se realizaron en el campo del e-Learning. Por tanto, la metodología propuesta se puede aplicar en varios campos, no sólo en el juego sino también en otras situaciones en las que la atención es un requisito, como en la educación, o mejorar la vida diaria de las personas con demencia. Para el trabajo futuro, se planea realizar más pruebas con la metodología descrita para la detección de la atención y su extensión para hacerla computacionalmente más robusta y automatizada, con elaboración de pasos de extracción de características y análisis de datos. En la fase de extracción de características se aplicarán técnicas de reducción de dimensión para obtener la información más relevante a partir de datos, como el análisis de componentes principales. En el paso de análisis de datos se aplicarán algoritmos de aprendizaje automático en el campo del aprendizaje supervisado para el reconocimiento de patrones de atención.

## **2. Soluciones afectivas para prevenir / reducir el abandono en la educación superior a través de un centro de cooperación**

La creación de un centro de cooperación regional en cada institución es una solución para centralizar todo el sistema educativo burocrático y una manera de encontrar o implementar soluciones, modelos o métodos para ayudar a los estudiantes no sólo a prevenir la deserción sino también a generar métodos para incentivar a los alumnos que pertenecen a grupos de riesgo a que se mantengan en las instituciones, demostrando la importancia que tienen los estudiantes en el futuro de la sociedad, la economía local y su propia vida generando métodos que ayudan a los alumnos a terminar sus estudios con éxito. Para eso es necesario crear planes enfocados en el estudiante, tales como el Plan de Éxito del Estudiante (SSP), que está centrado en el estudiante, es decir, trata de un modelo holístico que se enfoca completamente en el estudiante. Esto ayuda a los estudiantes a eliminar obstáculos y crear un camino académico claro, lo que repercute positivamente en el éxito estudiantil.

También hay algunas «estrategias» que pueden aplicarse en las instituciones para ayudar en la prevención de estas situaciones, como desarrollar la participación de los estudiantes y el sentido de pertenencia a su institución, facultad o departamento a través de actividades extracurriculares en el campus, volun-

tariado, asociación, etc. Otro punto es apoyar la transición e interacción de los estudiantes porque una diversidad de buenos métodos de enseñanza-aprendizaje es fundamental para involucrarlos. Conviene brindar retroalimentación temprana y frecuente sobre el progreso, porque existe la necesidad de una comprensión clara de lo que se espera de ellos (estudiantes). La evaluación formativa constructiva y de apoyo se debe administrar al principio de cada asignatura. Es más probable que los estudiantes persistan si reciben comentarios frecuentes sobre su progreso. Y al mejorar la financiación y apoyo a los alumnos, será menos probable que aquellos con SES bajos abandonen la escuela debido a falta de dinero, las obligaciones familiares, la salud, el estrés y el «manejo de situación». Esto sugiere que el gobierno aumentaría las tasas de finalización mejorando su débil apoyo a los ingresos de los estudiantes y aumentando el apoyo para el cuidado de los niños, la salud y otros servicios estudiantiles.

Además de estos factores, el proyecto Acacia, a través de Convoca, pretende organizar y controlar las actividades en el establecimiento de los diferentes centros (por ejemplo, recursos ambientales, físicos y reglas institucionales) y abordar el desarrollo y la evaluación continua de la creación de capacidades en los distintos Cadep.

Así, en respuesta a estas necesidades actuales, en un futuro próximo, el Cadep de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), a través de sus diversos módulos como Innova, Convoca, Apoya y Empodera, principalmente en conjunto, tiene la intención de desarrollar herramientas tecnológicas y mecanismos de asistencia efectiva para evitar y prevenir la deserción estudiantil debido a obstáculos causados por enfermedades (como en el caso de Carla) y, en otros casos, para superar estados de crisis emocionales como parte de experiencias traumáticas de vida generadas por accidentes e intimidación (como en el caso de Milagros), además de discriminación, exclusión por género, estatus socioeconómico, etc.

Técnicamente, dentro del Cadep propuesto, el módulo Convoca pretende proporcionar una infraestructura y un servicio específico para dar apoyo en estos problemas. El servicio pretende ser una interfaz de la página web, donde un usuario puede presentar la pregunta o problema que le incumbe, y como respuesta se presentan las guías para ayudarlo en esa tarea. Las guías pueden ser un centro o un conjunto de pasos o instrucciones definidas para ayudarlo

en su problema, que puede corresponder a otros módulos Cadep (por ejemplo, Apoya). Internamente se realizará un informe para iniciar una observación de antecedentes o supervisión de la situación por parte de los expertos, como en el caso de Milagros, para evitar situaciones de acoso entre estudiantes. Una plataforma de colaboración para apoyar el intercambio de experiencias y conocimientos es otra característica que técnicamente debe proporcionar el módulo Convoca de un Cadep. Su objetivo es ser la interfaz de usuario de Cadep, que agregue todos los servicios y otras funciones de colaboración regulares como chats, foros, etc. Agregada a esta función, también se espera que incluya una función para recopilar conocimientos de las interacciones realizadas por los usuarios en la plataforma para mejorar más acciones o discusiones similares de un problema. Por ejemplo, Carla accedió a la plataforma tratando de presentar sus problemas desde el estudio de caso presentado; y alguien que use a la plataforma más adelante podrá acceder a las guías específicas que los expertos le dieron a Carla. Obviamente, se puede acceder a dicha información después de eliminar cualquier nombre o situación que pueda identificar a los actores, por lo que esto significa que dicha verificación se haría por un moderador.

## 2.1. Prototipo prueba de concepto

Se realizó un ensayo de prueba de concepto con 6 participantes, 3 hombres y 3 mujeres, de edades de 28 a 30. Cinco participantes llevaban gafas durante las pruebas. El experimento consistió en una prueba de aprendizaje electrónico simulado, en la que se pidió a los participantes que leyeran dos extractos de un documento en un ordenador, mientras sus afectos, emociones y comportamientos estaban siendo registrados por sensores y por un observador.

Los sensores utilizados fueron el rastreador ocular GP3 y una cámara web, para el algoritmo Afectiva, apuntando a los ojos de los participantes y la cara, respectivamente. El observador, un psicólogo educativo, hizo anotaciones manuales del comportamiento y estado afectivo retratado por cada participante durante las pruebas. Durante una de las dos lecturas de extractos (elegido al azar), se introdujeron estímulos Externa para distraer al participante de la tarea determinada, con el fin de simular problemas de atención.

Cada lectura fue programada en diez minutos y al final de cada uno se formuló cinco preguntas a los participantes, para evaluar su desempeño. Todos los

participantes leyeron menos palabras y tuvieron un desempeño deficiente al responder las preguntas cuando leyeron el extracto con estímulos, validando así la premisa de que su atención fue notablemente menor durante la lectura del extracto estimulado. Esta conclusión también fue confirmada por las observaciones de los expertos. Teniendo dos conjuntos de datos distintos para diferentes niveles de atención, fue posible comparar entre cada conjunto, los valores de propiedad de observación automática recopilados por los sensores y también las observaciones realizadas por el experto. Los valores de propiedad más significativos utilizados en esta comparación se presentan en la Tabla 5.3. La diferencia en los valores promedio de la Tarea de desactivación de los sensores, comparando los dos tipos de extractos, osciló entre el 8,8 % y el 25,9 %. El análisis de propiedades de Emotion, detectado con los sensores, reveló cambios más significativos en los valores promedio de desprecio (*contempt*), alegría (*joy*) y sorpresa (*surprise*), en la mayoría de los participantes. Entre cada lectura diferente el cambio en el valor promedio fue más significativo con alegría (*joy*), que osciló entre 3,2 % y 17,1 %. Entre cada lectura diferente los valores promedio de sorpresa cambiaron entre 1.5 % y 6.9 %, mientras los valores promedio de desprecio cambiaron entre 0,8 % y 5,9 %.

Comparando las emociones detectadas a través de los sensores con las observaciones hechas por el experto, los valores promedio para alegría fueron análogos, mientras que las otras emociones no lo fueron, en parte porque el experto no reconoció su manifestación. Estas pruebas iniciales permitieron validar la hipótesis de que la propiedad de comportamiento de Tarea libre y la propiedad de emoción de alegría son clasificadores adecuados para el intento de detectar déficits de atención (Calado, Ferreira, Sarraipa & Jardim-Gonçalves, 2017).

## 2.2. Extensiones de experiencia sensorial en entornos de aprendizaje

Uno de los requisitos más importantes para iniciar un emprendimiento innovador, de negocios, de investigación o cualquier otra actividad, es estar bien informado con lo más actualizado sobre el tema, ya que de eso tratan las prácticas actuales y el conocimiento. Esas habilidades ya pueden ser parte del conocimiento individual o grupal, pero también pueden adquirirse de acuerdo con las necesidades identificadas.

**Tabla 5.3.**  
Medición de emociones

Observation made with:				Affective	Eye Tracker	Expert	
Participant	Excerpt	Stimuli	Emotion	Behaviour	Emotion	Behaviour	
			Joy	Off_Task	Joy	Off_Task	
1	A	No	0.0208	0.2146	0.0000	0.0000	
	B	Yes	0.1522	0.3510	0.0545	0.1727	
2	A	Yes	0.0316	0.3900	0.1455	0.1818	
	B	No	0.0000	0.2949	0.0000	0.0000	
3	A	No	0.0000	0.2650	0.0000	0.0000	
	B	Yes	0.1220	0.3536	0.0909	0.3909	
4	A	Yes	0.0621	0.4230	0.0364	0.2727	
	B	No	0.0269	0.1632	0.0909	0.0000	
5	A	No	0.0016	0.2535	0.0000	0.0000	
	B	Yes	0.0958	0.3748	0.1182	0.2636	
6	A	Yes	0.1712	0.4116	0.0000	0.3818	
	B	No	0.0000	0.2944	0.0000	0.0000	

Con el fin de promover la transferencia de conocimientos en diferentes áreas, lo que puede ser importante para promover la innovación, Innova ofrecerá orientación específica o cursos. Esos deben ser accesibles para una amplia variedad de estudiantes en diferentes ubicaciones y con diferentes habilidades básicas. El tema principal de dicha orientación será promover el espíritu empresarial, pero también la evaluación de las innovaciones para garantizar la calidad de las propuestas. Dicho curso o programa también será sujeto de una autoevaluación con el objetivo de analizar la transmisión de conocimientos y el efecto que un curso dado tiene sobre los estudiantes. Esto significa que será de gran interés saber si están motivados y si el curso les está brindando esa motivación interesante. Ese es uno de los objetivos detrás del presente trabajo de investigación. Además, Innova también contribuye al proyecto al apoyar el desarrollo de ciertas soluciones innovadoras que se relacionan con los temas principales de Innova.

### 2.3. Arquitectura de inteligencia ambiental

La excitación emocional significaría el compromiso de los participantes hacia el estudio con el fin de mejorar las condiciones de aprendizaje. Para evaluar la excitación emocional, el método elegido se basó en las mediciones del ECG. Este estudio contribuye al ámbito de soluciones propuestas para evitar el abandono de los estudios, ya que los autores quieren demostrar que el estado emocional de los estudiantes puede mejorarse bajo influjo de la música, incrementando así el rendimiento de aprendizaje y, en consecuencia, disminuyendo el riesgo de abandono de los estudios.

Los métodos adoptados en este estudio exploran la hipótesis de que el estado fisiológico de una persona puede ejercer una estimulación sensorial adecuada para proporcionar diversos niveles de información relacionados con el estado emocional de una persona. De esta manera, sería posible inferir el estado emocional de una persona considerando medidas fisiológicas, una vez que sepamos que los estados emocionales no se pueden clasificar por evaluación directa.

Otra pregunta que se considera en este trabajo es verificar si es posible usar los datos recopilados para construir una lista de reproducción musical de un usuario que intente hacer coincidir un estado psicológico con los estímulos evocados por la música que él o ella está escuchando. A partir de ese emparejamiento, sería posible mejorar el bienestar de una persona proporcionando la música más adecuada para elevar el estado emocional del individuo. Tomando ese enfoque y los resultados del estudio que confirman positivamente tales proposiciones iniciales, es posible mejorar el estado emocional de una persona con la música más adecuada para esa persona en ese momento. Los beneficios son obvios, ya que la persona que se siente mejor tendrá un mejor desempeño, especialmente cuando se refiere a funciones cognitivas como estudiar y aprendizajes nuevos (Gião, Sarraipa, Xavier & Ferr, 2016).

El estudio referido, que recopiló e integra varias señales biológicas del usuario, puede verse como una solución innovadora en el escenario de deserción del estudiante, ya que puede sugerir automáticamente la música apropiada para el estudiante con el fin de mejorar su estado emocional. Es posible pensar que el ejemplo anterior puede ser utilizado por los estudiantes incluso más allá del entorno de enseñanza para que puedan sentirse mejor y también se extrapolan a otros profesionales, como los profesores, promoviendo así el bienestar de

otras personas, ya sea en el entorno de enseñanza o en otras circunstancias en la vida (Sarraipa, 2016).

Las tecnologías emergentes ofrecen una amplia gama de beneficios para las personas en sus diferentes actividades. Este hecho abarca desde las actividades de la vida diaria, los negocios, la enseñanza o simplemente la recreación. En lo que respecta a las personas con necesidades especiales, existe una amplia gama de dispositivos y aplicaciones que pueden ser útiles para abordar esas necesidades y la voluntad de progresar en la vida. Observando en perspectiva, el apoyo proporcionado por la tecnología puede verse como un aumento de nuestra experiencia sensorial al proporcionar información adicional como en el caso de la realidad virtual y la realidad aumentada.

Los dispositivos proporcionan información adicional para lo que las personas perciben, añaden información y amplían la experiencia sensorial mientras aportan información adicional. Este documento describe una estrategia para extender, a través de la tecnología de uso común, la conciencia de las personas con experiencia sensorial limitada y alinearse con otras tecnologías emergentes ampliamente aplicables a diferentes situaciones mientras se mantiene el enfoque en los entornos de enseñanza. Esto incluye dispositivos sensoriales como el dispositivo Leap Motion y materiales impresos en 3D, que combinados brindan nuevas oportunidades para que las personas ciegas puedan detectar y recuperar nueva información.

Las innovaciones tecnológicas existentes están generalizadas en diversos tipos de dispositivos, incluido el teléfono inteligente ubicuo o cualquier otro dispositivo portátil. La computación está en todas partes, respaldada por una amplia gama de sensores que proporcionan información contextual (por ejemplo, ubicación, aceleración, iluminación).

Todos esos dispositivos y las funcionalidades asociadas se pueden usar para abordar múltiples necesidades en la vida diaria y brindar apoyo para el trabajo y la diversión. Teniendo en cuenta los sensores y sus aplicaciones asociadas, al recuperar la información del mundo circundante, resultan útiles para ampliar el sensorial.

El uso combinado de esos sensores con otros dispositivos de detección e impresión tecnológicos emergentes, como es el caso de los rastreadores oculares y

las impresoras 3D, proporciona información adicional que puede ser útil para esas extensiones sensoriales. Por lo tanto, la estrategia del *framework* actual es encapsular diversas funcionalidades que, una vez adoptadas, pueden proporcionar una configuración para la mejora del entorno de aprendizaje. Dicha estrategia se explicará en las siguientes secciones, donde los autores proponen una metodología para mejorar la experiencia docente y promover la inclusión entre los estudiantes con experiencia sensorial limitada.

La primera sección presenta la experiencia sensorial que proporciona la importancia de cada sentido del proceso de aprendizaje y cómo puede mejorarse mediante el uso de la tecnología que está disponible actualmente. A continuación, se presenta un *framework* que apunta a dar soporte a diferentes dimensiones de extensiones sensoriales y que está diseñado con un enfoque particular en estudiantes con discapacidades diversas. La sección después de este *framework* conceptual crea una instanciación de un demostrador real con un sensor de movimiento de salto (MLS) y una maqueta impresa en 3D. Finalmente, se extraen algunas conclusiones junto con la presentación de los caminos para el trabajo futuro.

### **2.3.1. Visión**

La importancia de la visión en el proceso de aprendizaje asume una relevancia particular, ya que los seres humanos usan los ojos como un sentido primario para adquirir información sobre el mundo circundante, generalmente alineado con las funciones motoras (Fletcher-Janzen & Reynolds, 2007). La mayoría de los artefactos y dispositivos dependen de nuestra agudeza visual para ser manejados y la percepción ambiental a través de los ojos condiciona nuestras actividades, desde leer hasta conducir y caminar; todo depende en gran medida de la efectividad del sentido de la visión. Es posible ejecutar algunas de esas tareas sin usar las capacidades de los ojos, pero eso se convierte en una operación muy difícil.

En lo que respecta al proceso de adquisición de información, sobre objetos o situaciones remotos o ficticios, la visión se utiliza como entrada sensorial a través del uso de dispositivos locales (por ejemplo, computadora, TV, proyector). En la mayoría de los casos, la visión se utiliza para adquirir información codificada, en texto u otros mensajes de alto nivel que serán interpretados por

el cerebro. En lo que respecta a la importancia de la visión para el entorno de aprendizaje, se sabe que la mayor parte de los aportes en las clases, ya sean locales o remotas, se basan en ver objetos imágenes y texto. El uso de diferentes materiales, diferentes formas y colores puede convertirse en un activo valioso para promover la motivación y la participación de los estudiantes en las actividades de enseñanza en curso.

En estos días, la mayoría de las presentaciones de negocios y académicas están hechas de diapositivas y otros medios que adquieren especial importancia para demostrar las materias que se enseñan de una manera más rápida y, a veces, esquemática. También es importante saber que la visión permite una rápida movilidad tanto en interiores como en exteriores, lo que permite una movilidad más rápida y deja más tiempo para las actividades de aprendizaje. Es el caso de las personas con ceguera parcial o total y de la ambliopía, que pueden tener acceso a la experiencia geométrica mediante el uso de la impresión 3D. El uso más extendido para la impresión 3D es el diseño e impresión de formas para la diversión, para la sustitución de piezas o para crear nuevos dispositivos y formas.

Este documento parte del estudio de las nuevas técnicas de aprendizaje y la adopción de la impresión en 3D para que los alumnos puedan acceder a formas en 3D que de otra manera solo podrían describirse oralmente y que dependerían principalmente de la imaginación. La inclusión de la definición de partes en 3D en documentos que de otro modo serían textuales puede ser útil en diversas situaciones para apoyar la transmisión de información a estudiantes y personas en general que tienen experiencia visual limitada o inexistente.

El seguimiento ocular es un proceso que consiste en medir el punto de la mirada («donde estamos mirando») o el movimiento de un ojo en relación con la cabeza. Un rastreador ocular es una configuración o un dispositivo integrado que mide las posiciones y el movimiento ocular. Unas amplias variedades de disciplinas utilizan técnicas de seguimiento ocular, que incluyen ciencia cognitiva, psicología, interacción hombre-computadora, investigación de mercado e investigación médica (Yang, Dempere-Marco, Hu & Rowe, 2002). Las aplicaciones específicas incluyen el seguimiento del movimiento ocular en la lectura de idiomas, la lectura de música, el reconocimiento de la actividad humana, el impacto de la publicidad y la asistencia a personas con discapacidades (Ferreira, Sarraipa & Jardim-Gonçalves, 2016). Los sistemas de seguimiento ocular

son útiles para ayudar a los investigadores a analizar los diseños de usabilidad o la psicología humana a partir de la información de la mirada tal como se presenta (Lin, Spraragen, & Zyda, 2012).

### **2.3.2. Audición**

La audición es fundamental para los estudiantes, ya que el proceso de enseñanza generalmente asume la forma de un maestro que habla en clase. El mensaje proporciona información sobre los temas que se deben enseñar, pero también promueve la interacción social entre el profesor y el estudiante. En el proceso de aprendizaje, la audición da contenidos y forma: significa que un estudiante escucha no solo el mensaje, sino también la forma en que se pronuncia. Esto es particularmente importante para resaltar la importancia de los contenidos y será más importante para aprender el lenguaje en lugar de las matemáticas o la geometría, donde los contenidos no son subjetivos. La pronunciación será un contenido agregado, pero también la expresión enfática del profesor puede cambiar la relevancia de los asuntos que se explican. En este caso podemos considerar el ritmo del habla o los aspectos emocionales en el tono del hablante y las pausas y avances. Otro aspecto relevante de la audición es el acceso a los contenidos de otros materiales de aprendizaje. Los estudiantes pueden escuchar canciones de otros idiomas para ayudarse a comprender los contenidos y tener otras oportunidades para memorizar palabras.

Los videos y las presentaciones generadas por computadora pueden beneficiarse del sonido y la música para mejorar los contenidos y aumentar la información que se transmite. Más allá de ese rol de apoyo, la música también es una forma de saber (Levinowitz, 1998). La música tiene una importancia fundamental para el psicólogo de Harvard Howard Gardner, pues la inteligencia musical —según este investigador— tiene la misma importancia que la inteligencia matemática, la inteligencia lingüística, la inteligencia espacial, la inteligencia cinestésica corporal, la inteligencia interpersonal y la inteligencia intrapersonal (Gardner, 2011).

Últimamente hay otra función que se puede adoptar en la interacción de audio entre humanos y computadoras y es la entrada de instrucciones de comandos de voz o dictados de texto. En eso el *mouse* y el teclado pueden ser anulados por la transmisión de voz del texto a la computadora y la activación de los

dispositivos computacionales (por ejemplo, computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, computadoras para autos) por comandos audibles. En los avances generales en tecnología, en particular en el reconocimiento de voz y el procesamiento del lenguaje natural, el audio colgado en la red se convierte en una forma de interacción bidireccional entre humanos y sistemas computacionales, que pueden ser explotados por su efectividad, comodidad y para superar limitaciones físicas. La voz se puede utilizar como una entrada para la interfaz de la computadora humana, ya que existen diversos programas y sistemas operativos capaces de reconocer y convertir la voz en texto, que además proporcionan medios para transducir una característica humana, la voz, en señales de computadora que se pueden usar como texto o comandos. Al usar tales funciones, es posible usar comandos de voz, ya sea en el trabajo o en el aprendizaje entorno, y para activar los menús y comandos que normalmente se escriben en un teclado y un mouse. El reconocimiento de voz automático ofrece la posibilidad de hacer que la enseñanza sea accesible para todos (Wald, 2005).

Los programas de reconocimiento de voz proporcionan medios configurables para mejorar las condiciones en las que la voz de un usuario se percibe y se convierte en texto o comandos. Incluso si la tendencia actual es para el procesamiento de lenguaje natural (NLP por sus siglas en inglés), ese rendimiento no es tan relevante cuando el objetivo es ingresar comandos o seleccionar opciones. En ese caso, es necesario que las instrucciones se traduzcan correctamente para la computadora y que se puedan mejorar mediante la capacitación de los programas mencionados anteriormente. En pruebas anteriores, las características estándar de reconocimiento de voz que vienen con los sistemas operativos han demostrado ser lo suficientemente eficientes para los objetivos propuestos. El seguimiento ocular es una tecnología que se ha utilizado para aplicaciones como la evaluación de sitios web, mediciones de fatiga y estados emocionales, entre otras aplicaciones.

En general, se deben realizar cuatro clases de medición en la evaluación de seguimiento ocular (Holmqvist, et al., 2011):

- **Medidas de movimiento.** Relacionadas con una gran variedad de movimientos oculares en diferentes direcciones y las propiedades de estos movimientos.

- **Medidas de posición.** Se ocupan solo de donde un participante ha estado o no ha estado mirando, y las propiedades de los movimientos de los ojos en ubicaciones espaciales.
- **Medidas de latencia.** Relacionadas con el número, la proporción o la velocidad de cualquier evento de movimiento ocular que se registre.
- **Medidas de numerosidad.** Expresan la duración desde el inicio de un evento hasta el inicio de un segundo evento. Las medidas de este tipo también aparecen en forma de distancias espaciales.

En el caso de que el rastreador ocular tenga por objetivo mover el cursor para ir a un punto de selección o *rafting*, es necesario determinar la posición. Si se trata de seleccionar un punto o un objeto, la latencia será la medida más importante ya que, de acuerdo con el uso típico de la tecla derecha, confirmará un objeto o un conjunto de objetos, una opción o un comando para ser ejecutado. El objetivo es permitir el movimiento del ojo a un cierto punto que establecerá un punto de inicio para dibujar (por ejemplo, de un arco o similar) y detener los ojos durante un tiempo limitado (por ejemplo, 1 ~ 2 segundos) para confirmar con dicha latencia que este es el punto seleccionado para comenzar el dibujo. Luego, al moverse a otra posición, se puede establecer otro parámetro (por ejemplo, el punto final) u otra entrada necesaria, simplemente deteniendo la mirada sobre dicho punto. También debe tenerse en cuenta que algunos puntos de ajuste funcionan como atractores que ayudarán en el proceso de diseño y que ya son características del software AutoCAD y serán una contribución útil.

### **2.3.3. Dilatación de pupila**

Los ojos funcionan como un sensor con componentes orgánicos ópticos con el objetivo de capturar información del entorno circundante. El rango visual es limitado y, por tanto, se dirige a los objetos que principalmente captan nuestra atención. Los ojos dirigen nuestro campo visual a lo que queremos ver y nuestro alumno se adapta para enfocar mejor lo que capta la atención de nuestro cerebro; y su movimiento depende de lo que se supone que se debe observar en un momento dado en esa escena real. El ojo es la abertura a través de la cual entra la luz, con lo que comienza el proceso de percepción visual. El diámetro de esa abertura está determinado por la reacción relativa de dos conjuntos opuestos de músculos dentro del iris, el esfínter y las pupilas dilatado-

ras, y está determinado principalmente por la luz y los reflejos de acomodación (Luís-Ferreira, Sarraipa, & Jardim-Goncalves, 2016). Pero además del control reflexivo del tamaño de la pupila, también existen pequeñas fluctuaciones en el diámetro de la pupila, cognitivamente relacionadas y visualmente insignificantes, que parecen no tener ningún propósito funcional en absoluto. Estos movimientos pupilares en miniatura, generalmente de menos de 0,5 mm de variación, parecen ser reflejos atenuados de cambios en los sistemas de activación cerebral que subyacen en la cognición humana. Estas pequeñas pero ubicuas fluctuaciones pupilares forman la base de la pupilometría cognitiva y proporcionan un índice psicofisiológico único de la actividad cerebral dinámica en la cognición humana (Beatty, 2000).

#### **2.3.4. Tacto**

La importancia del tacto es tal, que se hace presente en casi todas las actividades que una persona ejecuta en un día. A partir de las necesidades básicas de comer y beber, la mayoría de las tareas ejecutadas requieren el sentido del tacto. Escribir en cualquier tipo de máquina o tocar una pantalla, o incluso agarrar un bolígrafo o un lápiz, todos requieren habilidades táctiles.

El toque tiene una relevancia que varía entre las habilidades que se enseñan asumiendo una relevancia especial, en particular al enseñar artes, manufactura, manualidades u otras habilidades para el trabajo manual. Los niños obtienen una experiencia diferente cuando tocan los objetos en lugar de solo hablar o mirar imágenes de dichos elementos. Al tocar y modelar, como en el caso de la plastilina u otro material de moldeo, las conexiones con los sujetos se hacen más fuertes y es menos probable que se olviden de lo que han sentido. Las actividades que involucran movimiento y tacto benefician la creatividad y promueven diversos tipos de habilidades que activan diferentes partes del cerebro.

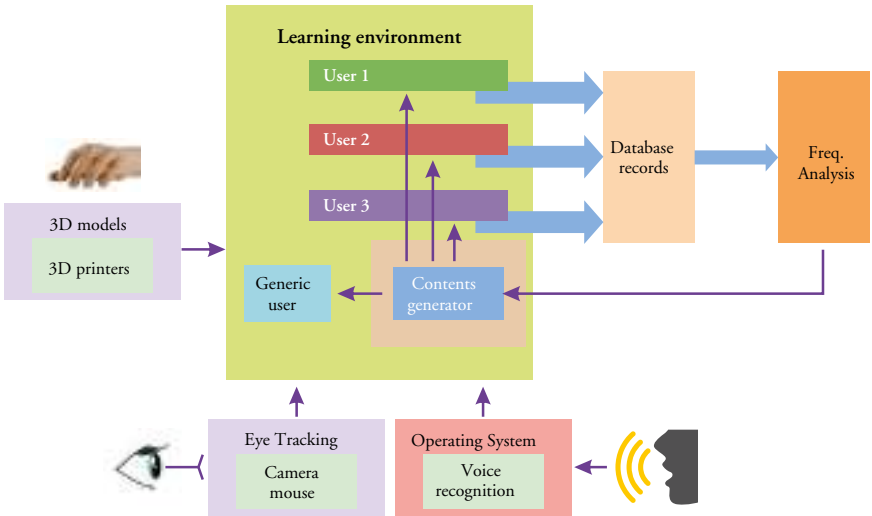
La interacción con las computadoras comprende diversos tipos de dispositivos de entrada y salida. Incluso con las nuevas tecnologías, la entrada se realiza principalmente con dispositivos de tipo mouse y teclado, que instrumentalizan nuestros pensamientos e ideas al formato electrónico que se manejará electrónicamente con el clic de las teclas o la rueda del mouse y los sensores de luz. De hecho, el toque no se usa como recurso porque cuando una persona toca un teclado, no recibe ninguna otra información que no sea la confirmación de

presionar una tecla o el manejo de un mouse que en realidad no tiene rugosidad ni geometría. Pero en el otro lado, el toque como salida solo recientemente ha adquirido cierta importancia con las impresoras 3D. Teniendo en cuenta que la información se transmite principalmente mediante la visión y, a veces, por la audición, existe una nueva gama de oportunidades al utilizar el sentido del tacto para imprimir diversas geometrías que se vuelven accesibles para los estudiantes y trabajadores con discapacidades visuales.

### 2.4. El *framework* propuesto

Con el uso de toda la tecnología presentada es posible construir un ambiente de aprendizaje que promueva el uso de esas tecnologías en beneficio del entorno de enseñanza. La clave de este objetivo es hacer un sistema que aprende con opciones para los maestros y las partes grabadas anteriores con el fin de generar los contenidos más apropiados para la situación de enseñanza que se haya identificado.

Figura 5.5.  
Marco propuesto



La arquitectura propuesta (Figura 5.5.) estableció perfiles individuales para cada usuario, basándose en las necesidades de los usuarios y la información

a ser transmitida. La base de datos tendrá la información acumulada de las sesiones anteriores y será cada vez mayor en el entorno de enseñanza. Ese repositorio sugerirá al docente (y al alumno en el e-Learning o aprendizaje autoguiado) las mejores soluciones en cuanto a contenidos que, de hecho, se benefician de las opciones anteriores y soluciones presentadas. El sistema es adaptable a la situación actual de la enseñanza y promoverá el mejor uso de la tecnología existente para el entorno actual. Con esto en mente, la experiencia sensorial beneficiará a todos los estudiantes y será una ayuda especial para las personas con algún tipo de discapacidad sensorial.

El enfoque propuesto tiene múltiples aplicaciones como las mencionadas en los apartados siguientes, pero algunos ejemplos de aplicación destacarán su uso y cómo beneficiarse de múltiples maneras. Por ejemplo, si un estudiante está usando un programa y se registra la secuencia de instrucciones, el análisis de la frecuencia de tales instrucciones de uso generará un menú personalizado con las instrucciones más probables que puedan utilizarse después de otra instrucción. De este modo, el sistema hará que dichas instrucciones sean más accesibles a otro estudiante que se acopla a la misma secuencia de procedimientos. Ilustración de esto es, por ejemplo, el caso de la elaboración de las operaciones con un *software* de CAD, donde comandos de dibujo en 2D tienden a ser seguidos por otras instrucciones 2D en 3D. Tal ejemplo es la ejecución más simple de un circuito de retroalimentación que puede ser muy mejorado con algoritmos adecuados, que manejará ejemplos más complejos.

El análisis de todos los casos se alimentará mediante un usuario genérico que se proporciona con la secuencia más genérica de comandos. Otros usuarios que coinciden con uno de los perfiles identificados serían provistos de un menú de pantalla ajustada con una selección estrecha de los comandos que muy probablemente serán necesarios. Esto será de gran ayuda para las personas con movilidad limitada que, de esta manera, tendrían mayor beneficio en el acceso los comandos que lo más probable es ser necesarios próxima. Por último, se sugiere la impresión 3D para el apoyo de los casos más adecuados. El análisis del perfil permitirá la utilización de diferentes modelos para las necesidades de usuarios específicos. Una base de datos de modelos 3D se puede utilizar para diferentes usuarios en función de sus necesidades. Habrá un beneficio de frecuencia de análisis tanto para el gestor de la red, por lo general el maestro o el director de formación, como para el estudiante, con los modelos más ade-

cuados para una determinada tarea o un proceso de aprendizaje que se ajuste a un perfil de usuario.

En el caso de las personas con visión deficiente, la configuración de seguimiento ocular será capaz de proporcionar el contenido correcto mediante el control de la secuencia de movimiento de la mirada en un perfil determinado. Tal análisis ayudaría a preparar los contenidos más apropiados.

#### ***2.4.1. La inclusión de modelos 3D en los documentos***

Los documentos tienen contenidos textuales y gráficos y están destinados a ser visualizados e impresos en dos dimensiones. Dentro del ámbito del presente trabajo, en el marco del proyecto de Acacia, que está dirigido a ayudar a las personas con discapacidad a que tengan una mejor accesibilidad a los documentos según sus limitaciones. Una primera aproximación a tales objetivos sería incluir modelos 3D que podrían ser impresos y así ilustrar los contenidos con objetos palpables. Estos modelos constituyen una información adicional al texto y gráficos, no un reemplazo de cualquier información existente. De esta manera, los materiales didácticos siguen teniendo valor para los estudiantes sin problemas de visión y también para aquellos estudiantes con necesidades especiales; así los modelos adicionales proporcionan información adicional útil a los dos grupos mencionados. En este punto se considera la inclusión de archivos STL en archivos PDF comunes.

Los archivos de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) de modelos 3D se exportan a STL sin mucho problema y se utilizan ampliamente. Otros formatos de modelado 3D tienen características diferentes, entre los más importantes tenemos OBJ de Wavefront Technologies (ahora parte de Autodesk), PLY (*Pólígono File Format*), de la Universidad de Stanford, se utiliza sobre todo para los archivos de exploración en 3D y 3MF del Consorcio 3MF1. Aquellas instrucciones se traducen a la código-G, que es el lenguaje que se adapta el modelo 3D a las especificidades de la impresora 3D actual. En las bibliotecas en línea se pueden encontrar diferentes tipos de objetos y algunos objetos arquitectónicos conocidos o incluso objetos de arte, entre esculturas famosas como en el Proyecto Michelangelo digital.

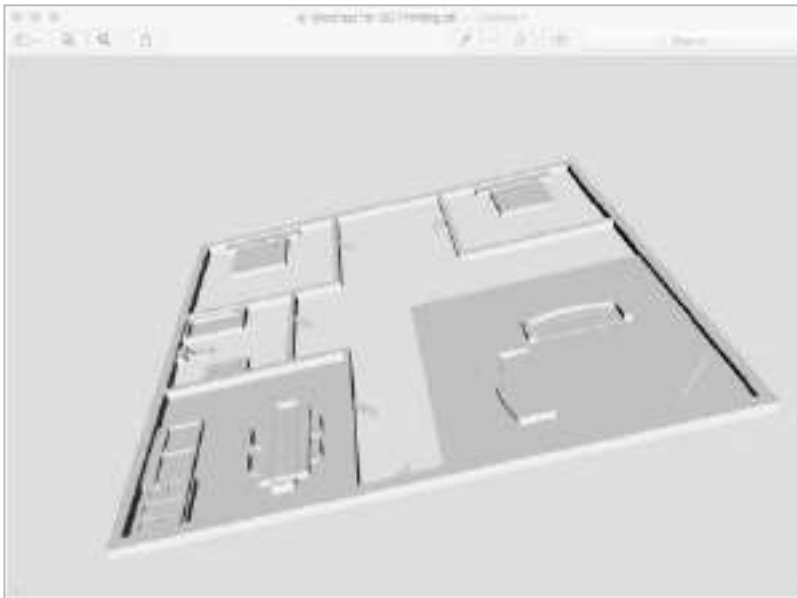
El proceso de adjuntar un archivo STL (u otro) a un PDF es bastante simple y vale la pena por los resultados esperados. La operación consiste en seleccionar el

botón Tools en Acrobat Reader y luego adjuntar el archivo. Se puede seleccionar el archivo STL para anexarlo al documento PDF. Por otro lado, es posible, además, grabar el sonido que describe la escena y también se adjunta al archivo.

La visualización de modelos en 3D, así como el *zoom* y rotación, se convierte en una operación directa en entornos Mac, ya que pueden ser visualizados con vista previa, como en la Figura 5.6. En cuanto a los sistemas Windows, las aplicaciones STL están disponibles para descargarlas gratuitamente e instalarlas.

**Figura 5.6.**

Modelo STL de una maqueta 3D visualizada con vista previa



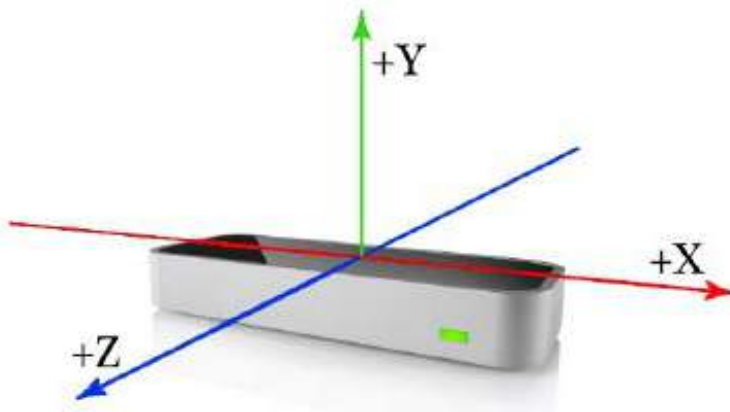
Los modelos pueden ser visualizados por los estudiantes con visión clara y se los puede imprimir en 3D para que perciban la geometría, o se puede recurrir a la exploración táctil el caso de los que no tienen una opción para explorar visualmente dicha geometría.

#### **2.4.2. Instanciación del Marco utilizando LMS y la impresión en 3D**

El objetivo de la experiencia piloto es crear una instancia del marco propuesto de manera que una persona ciega pueda examinar un modelo 3D con las manos, mientras que el sistema proporciona información audible sobre la pieza

que se está analizando. La identificación de los movimientos se hace con un sensor de movimiento de salto (LMS), como en la Figura 5.7. La razón principal es que el dispositivo va más allá de una cámara que captura una imagen, pues tiene dos cámaras y luces infrarrojas que son componentes de un *hardware* con configuración orientada para la identificación del movimiento de la mano.

**Figura 5.7.**  
Sistema de posicionamiento de los LMS



El sistema axial presentado tiene un origen en el centro del dispositivo, con las mediciones que se realizan en milímetros desde ese origen, teniendo al usuario al frente del dispositivo. En la configuración propuesta, el plan se invirtió y la cámara funciona con orientación arriba-abajo, de modo que los usuarios pueden pasear las manos sobre un elemento 3D impreso, mientras que el LMS realiza un seguimiento de la mano y los dedos. El resultado es que para determinar las coordenadas de un dedo seleccionado, es posible la recuperación de la posición, que se puede conseguir con una tasa de error de 7,8 % (contra 2,8 % de un ratón estándar) (Bachmann, Weichert & Rinckenauer, 2014). Como puede verse a continuación en la Figura 5.8, se puede utilizar un LMS suspendido hacia abajo a través de un diseño de 3D impreso de una casa, para determinar qué división está siendo señalada por el dedo. El marco proporcionará entonces información de audio sobre la división seleccionada que describe su contenido. La descripción se recoge desde el archivo PDF, que puede tener un guión sobre características y contenidos de cada división; o tal contenido puede ser proporcionado en un archivo adjunto, que también se asocia al archivo PDF de la misma manera que el archivo STL.

**Figura 5.8.**  
 Instalación con LMC en la geometría superior y 3D impreso



Los movimientos son seguidos con una precisión razonable, cuantificada en el hecho de que en la maqueta las divisiones son claramente distinguibles por el sistema, mientras que para los muebles no es posible determinar con precisión los elementos adyacentes. En la descripción sonora se explica a continuación qué son los objetos en cada división que se pueden alcanzar mediante el tacto y la información relevante que se preste.

El presente trabajo pone de manifiesto la utilidad de los LMS, con una configuración geométrica adecuada, para determinar la posición de la mano y los dedos en una geometría impresa. Eso puede ser, por sí mismo, útil para activar la descripción correspondiente. En el caso de las personas ciegas, la solución será mucho más interesante con una geometría 3D impresa, ya que puede ser palpable.

Esas presentaciones geométricas deben estar alineadas con el sistema de posicionamiento con el fin de garantizar la precisión y exactitud en la determinación

de la posición de las manos. Es importante destacar que con la disposición a transferir documentos o incluso modelos STL, esas experiencias exitosas pueden ser cargadas y sin demora puestas a disposición de otros profesores y sus ambientes de enseñanza. Una comunidad puede construir un repositorio de modelos y documentos, incluso con las narrativas, cargado en la nube.

### **2.4.3. Conclusiones**

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo apoyar a los estudiantes con necesidades especiales y también a cualquier otro estudiante para que pueda tener acceso al marco presentado y beneficiarse de su uso. Junto con el marco genérico, se presentan dos características principales que mejoran la calidad y la información para la inclusión en el entorno de aprendizaje; una es la inclusión de modelos 3D en los documentos y la otra es una configuración que proporciona información mientras se toca un modelo impreso en 3D.

Este documento se inicia mediante la presentación de un análisis de la experiencia sensorial y su relación con la clase, que proporciona terreno para un proceso de innovación que puede ser adoptado para mejorar con los estudiantes un ambiente de aprendizaje con la tecnología actual. Después de comprender el papel de la experiencia sensorial en el proceso de aprendizaje, se desarrolla un marco que reúne a los dispositivos tecnológicos y funcionalidades que amplían la experiencia sensorial del cuerpo humano. Este tipo de ejercicio es particularmente relevante para aquellos que carecen de capacidades en órganos sensoriales o con capacidades limitadas.

Los resultados muestran que es posible mejorar el ambiente de aprendizaje con la tecnología actualmente disponible y que la impresión 3D puede mejorar las posibilidades de los estudiantes con problemas de visión para obtener el conocimiento tocando y escuchando las descripciones de audio.

Este es un avance tecnológico con especial incidencia en aquellos con capacidades sensoriales limitadas. Futuros trabajos estarán dirigidos a extender el uso de las capacidades de aprendizaje con máquina para lograr soluciones evolutivas que se adapten al estudiante y a las directrices en torno a la enseñanza para un aula inclusiva del futuro.

## 2.5. Uso de expresiones faciales para ayudar a evaluar el proceso de aprendizaje

Las emociones juegan un papel muy importante en el proceso de aprendizaje, debido a la forma en que nuestras acciones están determinadas por ellas, ya sea si somos conscientes de nuestro estado emocional o no. Las emociones pueden influir en nuestra atención, la forma en que procesamos la información y nuestro sesgo hacia ella.

Aunque el término «emoción» se utiliza comúnmente para muchos fenómenos afectivos, estos fenómenos deben ser definidos por el término genérico «estado afectivo». Un estado afectivo puede ser visto como un término más amplio, que incluye estados distintos de emociones, como humor (Scherer, 2000) y (Fridja, 1994). Las emociones y estado de ánimo son los dos principales tipos de estados afectivos que se consideran en el proceso educativo.

Según Shearer (2000), la emoción toma un tiempo relativamente breve para la mayoría de los seres vivos. Algunos ejemplos de las emociones son la ira, la tristeza, la alegría, el miedo, la desesperación y la vergüenza. Ortony, Clore, & Collins (1988) proponen una definición similar pero más precisa para las emociones. Según ellos, las emociones son reacciones a los eventos de la cenefa, agentes u objetos, cuya naturaleza está determinada por la forma en que se construye la situación que dispara las emociones. (Fridja, 1994) considera que una emoción es un estado intencional de la mente, ya que se dirige a un objeto.

De acuerdo con (Piaget, 1989), es innegable el papel angustiante o de aceleración de la afectividad en el aprendizaje. Afirmar que la mayoría de los estudiantes que son débiles en matemática fallan debido a un bloqueo afectivo. (Goleman, 1995) señala la forma en que los trastornos emocionales afectan la vida mental. Se llama la atención sobre el hecho bien conocido de que los estudiantes deprimidos, de mal humor y ansiosos tienen más dificultades para aprender.

El factor fundamental para el aprendizaje es la motivación. Si están bien motivados, los estudiantes tratan de encontrar respuestas a sus problemas y satisfacer sus necesidades. Para (Vygotzky, 1994), la motivación es la razón detrás de la acción, es la motivación la que impulsa a las necesidades de los individuos, sus intereses, deseos y actitudes. En relación con el papel de la afectividad en el aprendizaje, (Vygotzky, 1994) propone la unidad de los procesos intelectuales, afectivos y evolutivos. Afirmar que el afecto no puede dissociarse de la cognición.

Teniendo en cuenta las teorías presentadas y el papel relevante de las emociones y la motivación en el proceso de enseñanza y aprendizaje, este trabajo propone un método de enseñanza que tenga en cuenta las emociones como una parte integral del proceso de enseñanza-aprendizaje y las utiliza para verificar las hipótesis de la asociación entre las emociones y el rendimiento de los estudiantes.

## A. Marco para la automática de perfiles de estudiantes

### A.1. ESCENARIO DE APLICACIÓN Y ARQUITECTURA

El escenario de aplicación propuesto por Calado, Ferreira, Sarraipa & Jardim-Goncalves (2017) detalla los casos de uso propuestos para la aplicación de los objetivos del módulo Apoya.

Un escenario es hacer uso de algoritmos de reconocimiento de expresiones faciales para detectar las emociones del estudiante retratadas durante el transcurso de la actividad de conferencia o de aprendizaje. CADAP utiliza Affective SDK, que captura a través de la cámara web del ordenador las reacciones de los estudiantes cuando ven una conferencia de vídeo y establece una clasificación para cada emoción.

Otro escenario es el uso de los seguidores de visión para adquirir las métricas de los ojos del estudiante, tales como el punto de la mirada, la velocidad de parpadeo y los puntos de fijación, para evaluar los niveles de compromiso y actividad cognitiva.

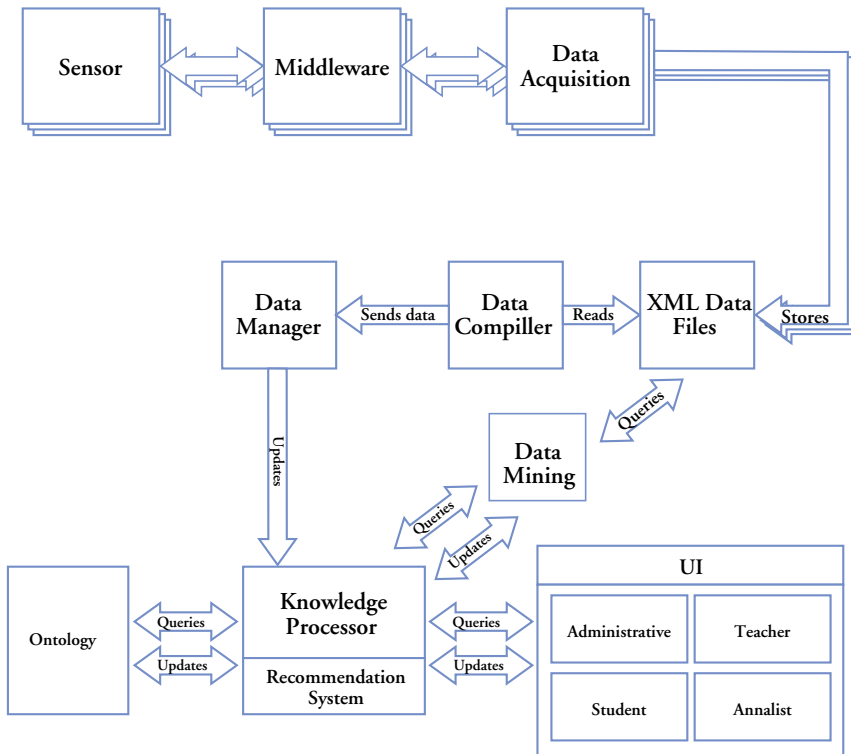
Toda esta información se integra y gestiona el escenario del sistema de base de conocimientos, que brinda un análisis de los indicadores recogidos y un sistema de información que proporciona alertas en tiempo real de los cambios en los patrones regulares observados en los estudiantes.

El marco diseñado para gestionar estos escenarios, representado en la Figura 5.9., está compuesto por módulos interoperables para la adquisición y procesamiento de las métricas del estudiante, utilizando los sensores de *hardware*, *middleware* SDK y/o API, una base de datos de los datos biométricos primas capturados, un compilador de datos y el gestor de datos de procesadores, para realizar la extracción y la transmisión de las características biométricas al procesador de conocimiento, que se utiliza con una ontología para el razonamiento y la inferencia

de las condiciones de activación que identifican los problemas del estudiante.

Este procesador de conocimiento también es responsable del sistema de recomendación que utiliza algoritmos de aprendizaje automático para detectar en tiempo real las situaciones de comportamiento anormal del estudiante y emitir alertas sobre los problemas y sugerencias detectados por las herramientas de apoyo que están diseñadas para ayudar en la mitigación de dichos problemas.

**Figura 5.9.**  
Diagrama del marco



## A.2. LA ONTOLOGÍA

La ontología que se utiliza en el *framework* sirve como una base de datos de conocimiento relacional y se desarrolló como un modelo de base

influido por el protocolo de monitoreo de Baker Rodrigo Ocumpaugh (BROMP) (Ocumpaugh & College, Baker Rodrigo Ocumpaugh Monitoring Protocol, 2014), una metodología para adquirir observaciones cuantificables de los comportamientos afectivos del estudiante, utilizando varios esquemas de codificación en el aula.

El modelo consta de siete clases principales, a saber: usuario, sesión, observación, feature, emisión y recomendación, más las clases adicionales que se utilizan para apoyar la primera. Se muestra en la Figura 5.10. un diagrama parcial que representa este modelo.

La clase de usuario representa la información personal con respecto a los estudiantes y profesores y se pone de relieve en la Figura 5.10. (A). La sesión contiene las propiedades asociadas con la conferencia, y se pone de relieve en la Figura 5.10. (B).

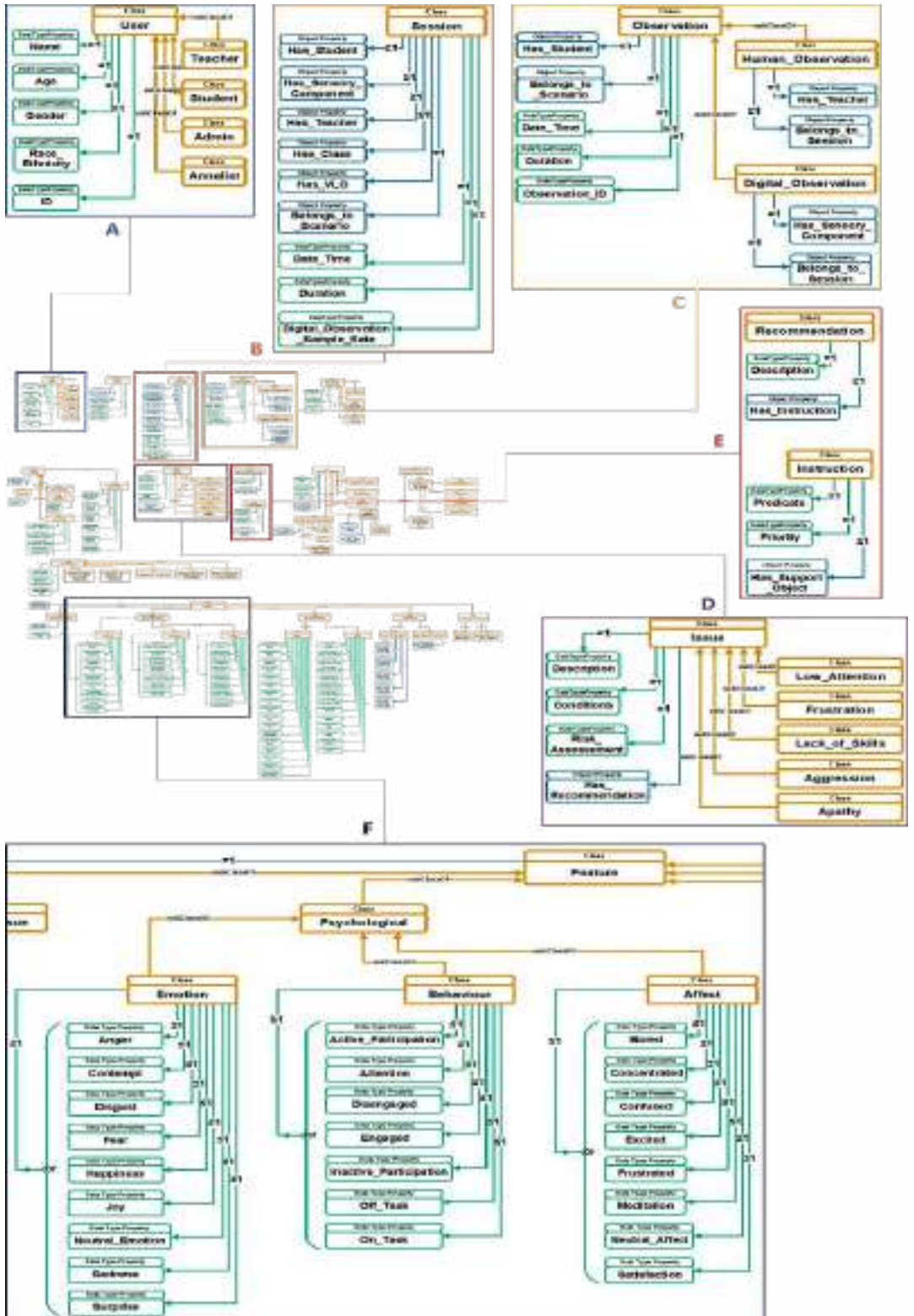
Las clases de observaciones que se utilizan para describir cada caso individual corresponden a un periodo de observación cuando la información sobre la emoción afecta el comportamiento del estudiante. Las instancias y las observaciones pueden ser de dos tipos o subclases: Human\_Observation (reportado manualmente por el profesor) y Digital\_Observation (informado automáticamente por los sensores), que se presentan en la Figura 5.10. (DO).

La clase Entidad agrega los conjuntos de conocimientos de los datos biométricos capturados de los estudiantes. La clase Emoción representa las emociones reportadas y sus respectivos valores. El comportamiento y las clases Afectar se basan en esquemas de codificación BROMP y también contienen las propiedades y valores respectivos que son reportados por las observaciones. La Figura 5.10. (F) detalla las propiedades respectivas.

La clase de emisión contiene los valores de las propiedades que definen las condiciones necesarias que crean alertas para cada estudiante que exhibe señales correspondientes a la edición de conjunto, y se destaca en la Figura 5.10. (RE).

La clase Recomendación apoya las alertas de los problemas con las instrucciones y el contenido de apoyo, específicos para cada tema y personalizables para diferentes estudiantes. El modelo correspondiente se detalla en la Figura 5.10. (MI).

Figura 5.10.  
Detalle de la ontología clases primarias



## B. Teniendo en cuenta las expresiones faciales de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje

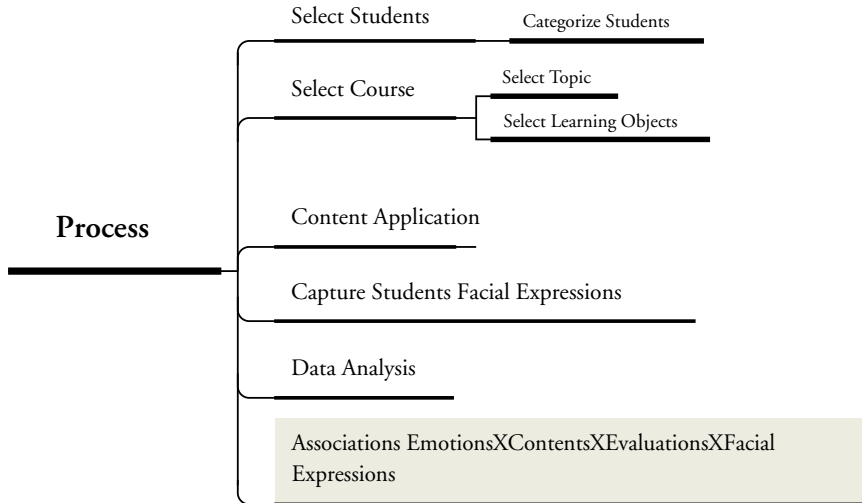
Uno de los problemas más comunes en los estudios de análisis de la emoción es la conciencia de los participantes de ser monitorizados y la consiguiente alteración de su comportamiento, lo que puede dar lugar a la ansiedad, la inseguridad, la tendencia a fingir o mostrar emociones que enmascaran sentimientos, lo que a su vez puede causar mediciones incorrectas.

El uso de sensores discretos para controlar las emociones del estudiante, tales como *software* de reconocimiento de expresiones faciales mediante una cámara web, ayuda a reducir sus niveles de malestar y de distracción.

Los psicólogos y pedagogos han señalado cómo las emociones pueden interferir positivamente (cuando el estudiante está motivado y siente emociones positivas) y negativamente (cuando el estudiante está de mal humor y con depresión, por ejemplo) en el aprendizaje del estudiante. Para poder utilizar esta información en el proceso de enseñanza, es importante reconocer las emociones de los estudiantes y para ello este trabajo se propone el uso de un enfoque metodológico que utiliza el soporte tecnológico de una herramienta —«Cara de Aprender» (en portugués) o CADAP— que capta las expresiones faciales de los estudiantes durante las clases de video y las correlaciona con siete tipos distintos de emociones básicas: alegría, tristeza, sorpresa, miedo, desprecio, disgusto e ira.

La captura de datos se realiza en períodos predefinidos de tiempo durante una clase dada y al final el CADAP proporciona un informe individual que representa las emociones que prevalecieron durante la clase. CADAP proporciona análisis de datos que ayudan a los maestros a evaluar las emociones que causan sus clases en los estudiantes y luego utilizar esta información para establecer correlaciones de emociones de los estudiantes con las disciplinas, contenidos, objetos de segunda mano, la evaluación, el perfil del estudiante, entre otros. La herramienta permite la creación/adaptación de las metodologías de enseñanza teniendo en cuenta las emociones de los estudiantes como parte del proceso de aprendizaje. La adopción de esta de CADAP se basa en el proceso de flujo de trabajo presentado en la Figura 5.11.

**Figura 5.11.**  
Flujo de trabajo de CADAP



El primer paso es la selección y clasificación de los estudiantes para que participen en las clases, después el maestro prepara y selecciona las clases de vídeo y los objetos de aprendizaje que se utilizarán.

Los alumnos verán las lecciones de CADAP y a medida que visualizan y responden a preguntas sobre el contenido que se filmó y sus expresiones faciales capturadas, se correlaciona con las siete emociones básicas anteriormente mencionadas. Al final se lleva a cabo un análisis de las relaciones entre las expresiones faciales y las emociones y se presentan contenidos.

### C. Herramienta CADAP

La herramienta CADAP tiene por objetivo estudiar las relaciones entre las emociones de los estudiantes, los dispositivos de aprendizaje utilizadas por los profesores, los contenidos aplicados y el rendimiento de los estudiantes. En este contexto, las emociones que se han capturado de los estudiantes pueden provenir de muchas fuentes (por ejemplo, latidos cardiacos, expresiones faciales y temperatura, para nombrar unos pocos), mientras que la herramienta CADAP utiliza datos de las expresiones faciales.

### C.1. FUNCIONALIDADES

La herramienta CADAP permite el registro de las clases (grupo de estudiantes que estudian un tema determinado), las clases de vídeo (lecciones); además expone un contenido dado a los estudiantes, las evaluaciones de los estudiantes, así como la visualización de las lecciones, la captura de expresiones faciales y resultados relacionados, clase tras clase. La Tabla 5.4 presenta las principales funcionalidades de la herramienta, disponible para los perfiles de estudiantes y profesores, así como las controladas por el sistema. Todas estas características se implementan en la versión actual de la herramienta.

**Tabla 5.4.**  
Funcionalidades de CADAP

Profesor	Estudiante	Sistema
1. Entrar	1. Entrar	1. Capture expresiones faciales
2. Registro de Usuario	2. Registrar información de perfil	2. Resultados de exportación
3. Registro de Clase	3. Lecciones Registro	
4. Lecciones Registro	4. Opiniones	
5. Opiniones	5. Evaluar Lecciones	
6. Ver resultados		

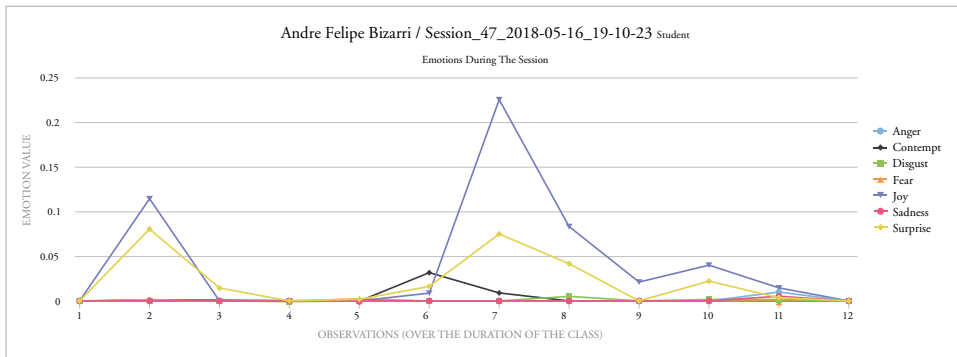
La principal funcionalidad de CADAP es la visualización de las lecciones de los estudiantes, lapso en que sus expresiones faciales son capturadas mientras miran los vídeos disponibles en la herramienta CADAP. En la Figura 5.12., en el menú superior derecho, es posible visualizar la imagen de la cara del estudiante que va a ser capturada mientras está viendo una lección de la herramienta.

Durante la lección, CADAP captura las emociones expresadas por el estudiante mientras se visualiza el contenido. La Figura 5.13. muestra un gráfico generado a partir de los datos capturados a partir de un estudiante dado. En este gráfico se puede seguir la variación de las siete emociones que analiza la herramienta: alegría, tristeza, sorpresa, miedo, ira, asco y desprecio. Teniendo este análisis, es posible verificar el momento de la lección en que hubo una variación significativa de las emociones y las

**Figura 5.12.**  
Visualización y captura de la clase de las expresiones faciales



**Figura 5.13.**  
Las emociones de los estudiantes. Variación gráfica



emociones que prevalecieron durante la clase, para más tarde analizar si el rendimiento del estudiante está relacionado con las emociones positivas y/o negativas observadas durante la clase, entre otras posibles conclusiones.

Los maestros hacen las lecciones disponibles, y cada lección tiene el contenido en sí y las preguntas de evaluación relacionadas con las clases. Las preguntas de la evaluación se utilizan para conocer el nivel de comprensión de los estudiantes en cada lección.

**C.2 COMPONENTE DE EXPRESIONES DE ANÁLISIS DE FACIAL**

El rostro humano ofrece un rico tejido de nuestras emociones. La tecnología desarrollada por Affective (McDuff, et al., 2013) identifica primero la cara humana en tiempo real en una imagen o video; y los algoritmos de visión computacional identifican los principales puntos de referencia en la cara, por ejemplo, las esquinas de las cejas, la punta de la nariz, las comisuras de la boca. Los algoritmos de aprendizaje automático analizan a continuación los píxeles en esas regiones para clasificar las expresiones faciales. Las combinaciones de estas expresiones faciales son entonces mapeadas para representar las emociones. La tecnología afectiva mide siete métricas de emociones: ira, desprecio, asco, miedo, alegría, tristeza y sorpresa. En el marco de este trabajo la herramienta CADAP utiliza Affective SDK para capturar datos sobre las expresiones faciales de los estudiantes durante las clases de vídeo.

**D. Análisis de los resultados**

Los datos que se reúnen por CADAP se almacenan en un archivo CSV. Las puntuaciones de emoción indican en qué instante los usuarios muestran una emoción o expresión particular, lo que puede considerarse como señal indicadora: cuando se produce y se intensifica una emoción o expresión facial, la puntuación se incrementa de 0 (sin expresión de la emoción) a 100 (expresión de la emoción totalmente presente). La Tabla 5.5. muestra el extracto de los datos recogidos.

**Tabla 5.5.**  
Extracto de los datos recogidos por CADAP

Joy	Fear	Anger	Disgust	Sadness	Contempt	Surprise
0	0	0	0	0	0	22
0	0	0	0	0	0	24
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	83	25
0	0	0	0	0	95	26
0	0	0	0	0	97	26
0	0	0	0	0	97	28

Los datos recopilados se utilizan para analizar y correlacionar las emociones de los estudiantes, con el contenido que se les presentó en una lección determinada. Además, es posible monitorizar la variación de las emociones que se producen durante la lección para saber exactamente en qué momento se produjo un mayor índice de emociones positivas o negativas.

#### D.1 ESCENARIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La formación de la herramienta y los experimentos se llevan a cabo en algunas universidades de América Latina, donde los maestros preparan las clases y las ponen a disposición de los estudiantes a través de la herramienta de CADAP, para vigilar y controlar sus emociones (Figura 5.15, Figura 5.16, Figura 5.17 y Figura 5.18). Estos experimentos se llevan a cabo en diferentes áreas del conocimiento, tales como la electrónica digital, la química y la literatura, ya que la herramienta se puede utilizar para cualquier disciplina o contexto en que se realizan las clases disponibles en los videos que contienen las lecciones.

**Figura 5.15.**

Clase de química en la PUC - Valparaíso Chile



**Figura 5.16.**

Experimento de la herramienta - SENAI - Jaraguá do Sul - Brasil



**Figura 5.17.**

Herramienta de formación. Profesores de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Bogotá - Colombia



**Figura 5.18.**  
Herramienta de formación. Profesores de la Universidad  
Nacional Mayor de San Marcos - Lima - Perú



A través de estos experimentos fue posible verificar que la herramienta posibilita los siguientes acontecimientos, que son de gran utilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje:

- i) *Rendimiento de los alumnos por aula.* Análisis de la media de emociones tanto positivas como negativas en las clases y correlacionar esta información con la evaluación realizada sobre los temas expuestos en las clases;
- ii) *Supervisión de las emociones de la clase.* Análisis de la media de las emociones durante las clases, lo que permite a los maestros saber si los objetos de aprendizaje utilizados en la disciplina provocaron emociones positivas o negativas en los estudiantes; y
- iii) *Seguimiento individual de los estudiantes.* Análisis de la variación individual de las emociones de los estudiantes y sus posibles causas. Se sabe que la variación de las emociones de los estudiantes no siempre se relaciona con el ambiente de aprendizaje, porque el alumno puede estar con el estado emocional ya afectado por condicionamientos externos; sin embargo, la herramienta puede ayudar al maestro a identificar estas situaciones. Un estudiante que incluso con la

variación de los contenidos y objetos de aprendizaje se mantiene siempre con un cierto estado emocional —tristeza, por ejemplo— puede estar experimentando algunas dificultades y el uso de una herramienta como la que se propone en este trabajo puede ayudar al maestro a percibir esta situación.

### 2.5.1. Conclusión

En este trabajo se presenta la propuesta de una herramienta que utiliza las emociones del estudiante para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. En este método, las expresiones faciales de los estudiantes se extraen automáticamente usando una herramienta de reconocimiento de expresiones faciales, CADAP. Este enfoque está siendo utilizado en algunos experimentos en diferentes universidades y disciplinas, con el objetivo de analizar el enfoque propuesto y los datos generados por la herramienta. Hasta el momento, los resultados prometedores que se han obtenido indican la viabilidad de la utilización de este enfoque en los entornos de aprendizaje a distancia y «en persona». En trabajos futuros, los algoritmos de aprendizaje automático se desarrollarán para ayudar en la interpretación de las emociones de los estudiantes y establecer mayores correlaciones entre las emociones, los dispositivos de aprendizaje, las metodologías de enseñanza y el rendimiento de los estudiantes.

## 3. Artemisa: una *chatbot* contra el acoso sexual en la universidad

Desde hace más de diez años el uso de *chatbots*, agentes de conversación o asistentes virtuales, viene implantándose en las universidades para llevar a cabo distintas tareas de interacción con los alumnos.

Se han demostrado buenos resultados en su utilización en cursos masivos en línea (MOOC, por sus siglas en inglés: Massive Open Online Course), en especial a la hora de evaluar los conocimientos de los estudiantes (Bollweg, Kurzke, Shahriar & Weber 2018). También ha tenido considerable éxito su utilización en tareas informativas o de gestión, como apoyo a la matriculación, por ejemplo; tanto es así que existen varias empresas dedicadas principalmente a crear estos agentes para universidades en el área hispanohablante. Pero el uso de estos agentes como profesores escasea, pues no ha demostrado mejoras sustanciales desde el punto de vista académico (Heller, Procter, Mah, Jewell

& Cheung, 2005) y se están obteniendo resultados contrarios a lo esperado, como por ejemplo que la interfaz basada en texto haya sido calificada significativamente más alta que el *chatbot* en las medidas de disfrute y utilidad y conducido a mejores resultados de aprendizaje en comparación con el agente conversacional (Heller & Procter, 2007).

Otro uso que está demostrando buenos resultados es el de convertirlos en asistentes de aprendizaje basado en contenidos para sugerir rutas de aprendizaje de manera empática y persuasiva (Akcora, y otros, 2018).

En el marco del proyecto europeo Acacia, se creó una chatbot llamada Artemisa (Gutiérrez y Restrepo, 2018) para, en primera instancia, servir al módulo Apoya del Cadep Acacia de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Perú y, posteriormente, ser implementada en otros Centros Acacia, de manera que proporcione información sobre el protocolo de actuación ante el hostigamiento o acoso sexual, facilitando a las personas interponer una denuncia por acoso y, por otra parte, alentando y facilitando la inscripción de los miembros de la comunidad universitaria en diversos tipos de voluntariado para contribuir a la labor del citado módulo Apoya.

**Figura 5.19.**

Inicio de conversación con Artemisa y las tres primeras opciones que ofrece



Artemisa ofrece tres opciones en la primera interacción que se establece con ella: «Denunciar», «Voluntariado» e «Informarme», cuya interfaz podemos ver en la Figura 5.19.

Si el usuario elige la opción «Denunciar», se le ofrece la posibilidad de identificar el tipo de abuso y se le hace una serie de preguntas para consignar su denuncia siguiendo el protocolo definido por las autoridades universitarias. La persona puede facilitar su localización de manera automática o manual y se le ofrece también la posibilidad de comunicarse con un ser humano en vez de seguir siendo atendida por el robot.

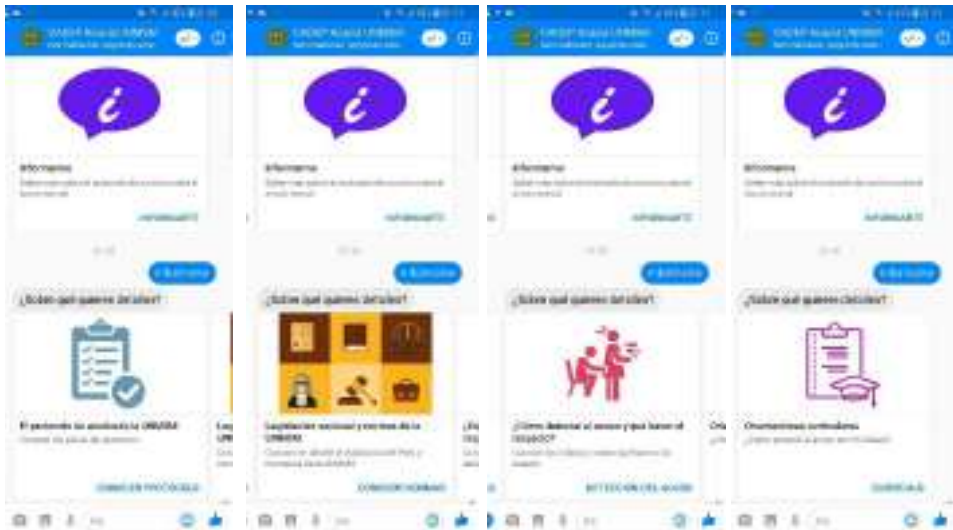
Si el usuario elige la opción de «Voluntariado», se le ofrecen tres opciones (Figura 5.20.): «Ángel custodio», «Profesores por la diversidad» e «Impulsores de la comunidad». Convertirse en un Ángel custodio significa que la persona, tras un entrenamiento, está dispuesta a apoyar a otros que están siendo acosados, dificultando, en algunos casos, las acciones del acosador. Los ángeles custodios lo son también de los alumnos o profesores con discapacidad si así lo desean, tras pasar por la formación adecuada. De esta manera pueden ayudar a eliminar barreras existentes en la universidad. Apuntarse como voluntario del grupo de «Profesores por la diversidad» tiene por misión ayudar a otros profesores a aplicar en sus clases las orientaciones curriculares recogidas en las Guías del Módulo Apoya, que son una serie de documentos guía sobre situaciones que pueden llevar a la exclusión social e incluso al abandono de la carrera universitaria a algunos estudiantes, como la intolerancia religiosa, la intolerancia hacia la diversidad étnica y cultural, hacia la diversidad sexual, la drogodependencia, al violencia intrafamiliar, la violencia de género, el conflicto armado o los problemas psicosociales, la discapacidad y, naturalmente también, el acoso sexual. Las guías tratan, pues, diez temas sobre la tolerancia y aceptación de la diversidad, dando pautas concretas de actuación cuando se detecta algún caso en la comunidad universitaria y también orientaciones para incluir estos temas en las asignaturas de cualquier área de conocimiento (2018). Por su parte, los voluntarios «Impulsores de la comunidad» son alumnos y profesores versados en la creación y gestión de elementos comunicativos y redes sociales que colaboran para la difusión de los temas que centran la labor del Módulo Apoya.

Si el usuario elige la opción «Informarme», se le presentan, entonces, cuatro opciones sobre las cuales obtener información, como vemos en la Figura 5.21

**Figura 5.20.**  
Opciones al solicitar hacerse voluntario



**Figura 5.21.**  
Cuatro opciones al solicitar más información



el Protocolo de Acción de la UNMSM, es decir, el procedimiento que se sigue para una denuncia de hostigamiento sexual, la legislación nacional de Perú y las normas de la UNMSM, información sobre cómo detectar el acoso y qué hacer al respecto y, finalmente, algunas orientaciones curriculares sobre cómo incluir este espinoso tema en cualquier campo de conocimiento para que los profesores puedan convertirse en agentes multiplicadores de la prevención del acoso sexual.

Artemisa tiene una inteligencia limitada, pero aprende de la interacción con los usuarios. Es un agente conversacional que tiene por misión principal facilitar



el interponer denuncias de acoso sexual por un medio muy utilizado hoy en día como es la aplicación de mensajería de la red social Facebook y, además, pretende hacer más ameno el conocimiento del protocolo ante el hostigamiento creado en la UNMSM; da las orientaciones y pautas para profesores sobre este tema y facilita la implicación de los miembros de la comunidad universitaria en la labor del módulo Apoya.

Hoy en día existen *chatbot* capaces de detectar las emociones expresadas facialmente por su interlocutor. Artemisa aún no puede hacerlo, pero esperamos evolucionarla en un futuro para que pueda detectar las emociones de las personas con las que interactúa y ofrecer así una respuesta más ajustada a las necesidades de sus usuarios, es decir, dotarla de una inteligencia tolerante e inclusiva.

Para ello, habremos de tener cuidado, pues los sesgos humanos son directamente transmitidos a las inteligencias artificiales, razón por la que es imprescindible que reforcemos la enseñanza de la accesibilidad y promovamos la tolerancia y aceptación de la diversidad en la comunidad universitaria, tal como sugeríamos en *Responsive and responsible higher education through advanced technology Accessibility, empathy and diversity the keys of our future* (Gutierrez y Restrepo & Boticario, 2017).

Aún sigue siendo fundamental hacer un análisis crítico y mantener una investigación constante sobre las soluciones de utilización de este tipo de tecnologías propuestas, para garantizar que las universidades sigan siendo instituciones capaces de mantener la civilización, promover y desarrollar el conocimiento y la sabiduría (Popenici & Kerr, 2017).

#### **4. Metodología para promover la transferencia de conocimientos**

Dado que los productos evolucionan a partir de las ideas iniciales o proyectos de prototipo y diseño conceptual, la evaluación ayuda para comprobar si pueden satisfacer las demandas de los consumidores o no. Para cualquier evaluación, se necesita un método integral para evaluar diferentes aspectos relacionados con la recolección de datos, presentación de datos, análisis de datos, toma de decisiones, la idea y el desarrollo de productos, supervisión, ejecución y así sucesivamente. Con este fin, es imprescindible contar con un instrumento seleccionado que debe manifestar claramente cómo el proyecto y sus componentes van a evaluar la idea o proyecto con el fin de alcanzar los objetivos deseados. Dependiendo de los objetivos de la evaluación, puede determinarse el instrumento más adecuado. En este estudio se presenta una metodología denominada Metodología de Evaluación de Emprendimiento (E2M), con el fin de evaluar la idea generada o proyectos de diferentes maneras. Esta metodología proporciona la guía junto con muchos equipos de apoyo desde la concepción de una idea; y si la idea después de la evaluación a lo largo de las diversas etapas se manifiesta como factible, sigue hasta que sea la transformación en un producto. El propósito de aplicar esta metodología es persuadir a los profesores, estudiantes y empresarios para que trabajen con ella apoyándose en sus conocimientos y experiencias, así como la utilización de los recursos universitarios y equipos, contribuyendo de esta manera con la creación de nuevos productos o servicios o contribuir al desarrollo y/o implementación de las ideas o productos o servicios existentes.

##### **4.1. El E2M metodología de diseño en el proyecto Acacia**

El diseño de esta metodología se llevó a cabo en el proyecto Acacia, que es un proyecto Erasmus+ que promueve la cooperación entre los centros académicos para la promoción, el fortalecimiento y la transferencia de las

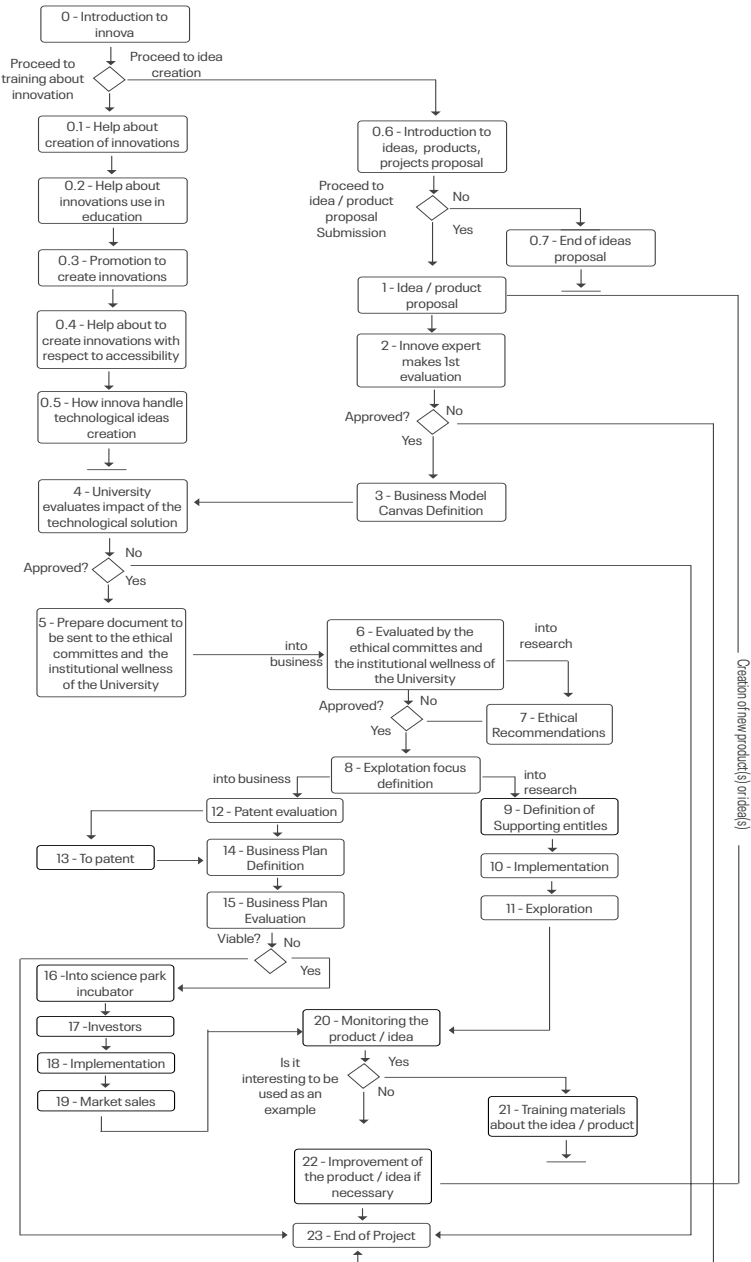
mejores prácticas que apoyan, educan, adaptan, comunican, innovan y dan la bienvenida a la comunidad universitaria (Marcelino-Jesus et al., 2016). El intercambio y el fortalecimiento de las prácticas entre las universidades europeas y latinoamericanas proporcionará capacitación para los profesores, y de esta manera será posible definir un modelo, basado en este proyecto Acacia, que tiene por objetivo intervenir en todas las etapas del proceso, las prácticas de resolución sólo se ven afectados si la detección se realiza de forma metódica. Como se dijo antes, este es un proyecto desarrollado no solo con la intención de detectar y erradicar los problemas de educación superior, sino también enfrentar nuevos problemas complejos que requieren soluciones precisas; por tanto, es importante intervenir tanto intra como interinstitucionalmente. Para completar estos objetivos, para proporcionar una mejor cooperación, mejores y más innovadoras herramientas tecnológicas, para intervenir en áreas sociales como la prevención de la deserción de los estudios, es obligatorio establecer organizaciones institucionales llamadas centros Cadep, que están divididos para lograr objetivos específicos, que cubren amplias áreas. Esta segmentación permitirá intervenir con mayor precisión y articular la conexión entre los centros de Cadep, y universidades; en consecuencia, estos centros harán uso de un sistema integrado de 5 módulos que son: 1) Empodera-Potenciar; 2) Innova-Innovar; 3) Cultiva-Educar; 4) Apoya-Apoyar; 5) Convoca-Convocar.

- *Innova Cadep*. Este módulo tiene el principal objetivo de acompañar la creación de aplicaciones y dispositivos para ayudar en las necesidades educativas especiales y la diversidad. También actúa como un catalizador para la creación de innovaciones para apoyar este tipo de desarrollo de aplicaciones. Adicionalmente, se tiene la intención de actuar como promotor para la creación de empresas que puedan surgir de tales innovaciones. En este sentido, la metodología E2M se definió dentro del proyecto Acacia con el objetivo de ser un producto para entregar al módulo Innova Cadep, por su mayor exploración.

## 4.2. Los pasos de la metodología E2M

La metodología E2M está compuesta por 23 pasos (Figura 5.22) que se explican de manera concisa en el seguimiento.

**Figura 5.22.**  
Metodología de evaluación de la capacidad empresarial (E2M)



- **PASO 0.** En el primer paso es el empresario potencial, que puede ser todo el mundo, que tiene una idea y necesita saber si la idea es muy interesante y factible de implementar. De esta manera, este actor entra en contacto con el centro de Innova con el fin de evaluar las ideas o producto o servicio. En este paso se proporciona información acerca de Innova, qué es y cómo funciona, es decir, qué servicios presta.

*Innova* está especializada en llevar el conocimiento vital y recursos para futuras empresas de nueva creación y el apoyo a los esfuerzos de comercialización del producto. Además, también contribuye como un laboratorio para que futuros empresarios implementen y prueben sus prototipos antes de su consolidación para convertirse en un producto. Los pasos 0,1 hasta 0,5 son módulos teóricos para ayudar al empresario a sentirse más cómodo con la innovación y el espíritu empresarial.

- En el **PASO 0.1**, los empresarios reciben apoyo para la creación de la innovación. El objetivo principal es invitar a los empresarios para dar a conocer sus nuevas ideas y conseguir el apoyo inicial.
- En el **PASO 0.2**, los empresarios reciben información acerca de cómo aplicar la innovación en la educación, guías específicas, plantillas y herramientas con el fin de que se familiaricen con sus ambientes de aprendizaje.
- **PASO 0.3** es acerca de la promoción para crear innovaciones. En este paso los empresarios pueden encontrar algunas ideas sobre cómo puede convertir su idea innovadora/proyecto en productos o servicios comercializables que pueden beneficiar a la gente.
- **PASO 0.4** promueve empresarios para crear innovaciones con respecto a la accesibilidad. Es algo como aprovechar las capacidades innovadoras y creativas de los empresarios para desarrollar productos y servicios rentables, con la documentación pertinente que sea práctica e innovadora, a la vez accesible y universal.
- En el **PASO 0.5**, se presenta una introducción acerca de cómo Innova se encarga de la creación de ideas tecnológicas.
- El **PASO 0.6** presenta una introducción acerca de lo que se necesita para crear ideas, proyectos o productos. En este paso tiene que decidir si quiere solicitar formalmente su ejecución. Hay, pues, dos alternativas:

- Si el empresario llega a la conclusión de que no quiere presentar su idea a Innova, que se traduciría en la terminación del proyecto en Innova, puede crear un tema de discusión acerca de su proyecto en las redes sociales, por ejemplo, en Twitter, si tiene interés para madurar su idea con otros.
- Si se decide por su presentación, se pasará a la etapa 1.

En estos pasos se invita al empresario a presentar su idea o proyecto en una forma específica con toda la información requerida. En el paso 2, la idea presentada será evaluada por el experto de Innova. Durante el proceso de evaluación, los evaluadores consideran básicamente algunos criterios técnicos tales como la eficacia, la coherencia, la sostenibilidad, aplicabilidad, así como la capacidad operativa y financiera de la propuesta sugerida. Sin embargo, en este paso se evalúa solamente la claridad y viabilidad de la idea o proyecto. Si la idea o el proyecto es aprobado va al paso 3; si no, es el final del proceso.

- En el paso 3 se invita al empresario a desarrollar un «modelo de negocio lienzo» (BMC, Business Model Canvas) de la idea o proyecto propuesto. BMC es una gestión estratégica y la plantilla de puesta en marcha para el desarrollo de nuevos modelos de negocio o documentar los existentes. Es un gráfico visual con elementos que describen la propuesta de valor de un producto, la infraestructura, los clientes y las finanzas (Barquet, Cunha, Oliveira & Rozenfeld, 2011).
- En el paso 4 la «Universidad evalúa el impacto de la solución tecnológica». Aquí la universidad tiene un papel evaluador, que hace un análisis del impacto de las soluciones tecnológicas. El evaluador valora los aspectos positivos y negativos de la idea o proyecto presentado, así como la comprobación de qué tipo de barreras se pueden superar y cómo podría beneficiarse la sociedad de sus resultados. Al completarse esta fase y darse a conocer los resultados de la evaluación, hay dos alternativas: si los resultados son negativos, el proyecto termina; si se aprueba la solución técnica, se avanza al siguiente paso.
- En el paso 5, «Preparar documento que se enviará al comité de ética y bienestar institucional de la universidad», el empresario debe presentar una documentación al comité de ética y bienestar institucional de la Universidad.

- El comité ético y de bienestar institucional de la Universidad evalúa el documento en el paso 6. Principalmente, se evaluará la documentación para asegurarse de si la idea o proyecto presentado está en conformidad con los principios morales, los derechos humanos y normas de cumplimiento.
- Si en este paso el documento presentado no fue aprobado, el comité puede sugerir algunas recomendaciones éticas (paso 7) al empresario, quien debe volver a escribir o revisar el documento para una segunda evaluación. Sin embargo, si el documento fue aprobado en el paso 6, avanza al siguiente (paso 8).
- El paso 8 se llama «definición de enfoque explotación»; aquí expertos deciden el campo en el que la idea o proyecto será más próspero, sea en la investigación o el negocio. Si la idea es más apropiada en la investigación, se pasa a la etapa 9; si tiene potencial para transformarse en un negocio, avanza al paso 12.
- El paso 9 se llama «Definición de entidades de apoyo». En esta fase se determina la idea o proyecto para el campo de la investigación, y depende de la formación o experiencia del empresario, sus intereses, así como el área de estudio en la que encaja la idea o proyecto. El experto identifica a las entidades o personas que pueden proporcionar apoyo para continuar el proceso.
- En el paso 10, «Aplicación», se lleva a cabo el plan de desarrollo del proyecto con el apoyo de entidades. En este caso se necesita un prototipo de aplicación y pruebas.
- La «Exploración» (Paso 11) representa el momento en que se despliega el prototipo que se va a utilizar. Por ejemplo, puede ser un prototipo técnico que tiene la intención de apoyar los procedimientos pedagógicos en las clases. Por tanto, en este momento se prueba su uso en clases.
- Si la idea o proyecto está determinado para el ámbito empresarial, en el paso 12, «Evaluación de Patentes», el experto evalúa si el producto reúne las condiciones para ser patentado. Después del análisis, y si la respuesta es positiva, se pasa a la etapa 13: «Para patente»; aquí la idea o producto se remite a las entidades pertinentes para registrar la patente. De esta manera, mediante la concesión de la patente al empresario, el gobierno otorga al creador los derechos exclusivos con el fin de proteger del plagio la idea del empresario.

- En este paso 14, de “Evaluación del plan de negocios”, el empresario es responsable de presentar un plan de negocio para la idea o proyecto propuesto. El plan de negocio será como una hoja de ruta para la idea o proyecto presentado, que establece las metas y detalles definidos con el fin de alcanzar los objetivos de negocio deseados, así como las razones por las que se pueden alcanzar. Aquí el empresario puede tener la oportunidad de mostrar su visión para los próximos cinco años de la idea o proyecto.
- En el paso 15, «Plan de evaluación de negocios», el plan de negocio es recibido, revisado y evaluado por el experto. Este es otro paso clave para el proyecto. Hacer una evaluación crítica del nuevo concepto de negocio en una etapa temprana y para los siguientes cinco años permite al empresario descubrir y corregir cualquier defecto en el plan de negocio antes de entrar en la fase de producción. Los factores que influyen en la evaluación y los comentarios de los expertos incluyen —pero no se limitan a ser— un plan bien estructurado, claro, viable, factible, útil, comercial, rentable y competitivo. Si el experto decide que el plan no es viable, el proyecto termina aquí. Pero, en el caso de que el plan es viable, se avanza al siguiente paso.
- Después de la aprobación del plan de negocio, en el paso 16, «En la ciencia Parque/Incubadora», el empresario es reenviado a un parque de incubadora o la ciencia para el acompañamiento del proyecto. Básicamente, ayudan a los proyectos y las empresas de nueva creación en los pasos iniciales, la prestación de diversos recursos y servicios destinados a fomentar y facilitar su desarrollo. Por tanto, los «Inversores», como ángeles de negocios representados en el paso 17, son uno de los recursos que las incubadoras normalmente proporcionan. Este paso adquiere sentido cuando los empresarios que tienen un plan de negocios favorable para su puesta en marcha conocen aproximadamente la cantidad de ayuda financiera que necesitan, pero les falta capital financiero para ponerlo en práctica. Así, con independencia de que tengan o no los inversores, en el paso 18 se inicia la ejecución de la idea. La mayor parte de tiempo del proyecto, el costo y los recursos se gastan en esta etapa.
- El siguiente paso, 19, «Ventas en el mercado», es la fase de poner el producto en el mercado, basado en una estrategia de mercado que el empresario anteriormente ha definido y que los expertos han analizado. Para tener éxito en este proceso, se recomiendan algunas estrategias probadas, por

ejemplo, la realización de estudios de mercado, la creación de un plan de ventas, desarrollo de un buen plan de marketing, entre otros.

- En el paso 20 «Supervisión del producto o idea», después de que el producto está en el mercado es necesario mantener vigilancia en la situación del producto. Resultado de esta monitorización se conoce la opinión de los clientes y se podrá predecir el ciclo de vida del producto, lo que podría ayudar a determinar si debe mejorarse (paso 22).
- El paso 21, «Material de formación sobre la idea o producto», pretende dar a conocer los resultados, conclusiones y lecciones aprendidas no sólo para promover los esfuerzos y la capacidad de los productores hacia los objetivos, sino también para que otros se enteren del éxito e impacto del proyecto, lo que puede motivar a otros empresarios a hacer lo mismo. Esto significa que el proyecto podría utilizarse como ejemplo de un caso de éxito.
- En el paso 22, si se reconoce que el producto puede mejorarse, se lleva a cabo un nuevo ciclo de la metodología, que puede verse como una nueva creación o innovación. En este sentido, se sugieren algunos procedimientos populares para mejorar los productos incluidos, añadiendo nuevas características, mejorando las características existentes, por ejemplo, construir una relación auténtica y permanente con los clientes, conseguir que los clientes queden involucrados, entre otras medidas. En esta última etapa de la «declinación producto», el empresario tiene dos opciones: o mejorar el producto para mantenerlo en el mercado si sigue siendo rentable y/o crea un nuevo producto para mantener la empresa en el mercado, o que termine el proyecto. Por tanto, procede de nuevo a la etapa 1, lo que es el final de un proyecto.
- El paso 23, «Final del proyecto», es la última fase de un producto. Cada producto tiene su propio ciclo de vida (introducción, crecimiento, madurez y declive) y también llega a su final.

### 4.3. La aplicación de la herramienta E2M

La implementación de la herramienta se realiza mediante Mantis Bug Tracker (MantisBT), que es de fuente libre y abierta. Es un sistema de seguimiento de fallos basado en la web. La idea era adaptar Mantis a los pasos E2M. Funciona

**Figura 5.23.**  
Entrada de detalles de ideas

The screenshot shows a web form titled "Enter Idea Details". The form has several sections:

- Category:** A dropdown menu with "Daily necessities" selected.
- Name:** A text input field containing "SOhelmetS".
- Description:** A large text area containing the text: "SOhelmetS is an intelligent application, that uses sensors precisely placed on bikers's helmets to evaluate the impact caused by an accident. This sensors will be able to monitor basic life signs and process them. This way, and based on all data recovered from the sensors, emergency services will automatically be called to the place where the accident happens. This is possible because will be installed an Arduino or similar, and this sistem will communicate via bluetooth with bikers's cellphorals".
- Target:** A text input field containing "Bikers".
- Goal:** A text input field containing "Reduce motorcycle deaths".
- Type:** Radio buttons for "Product" (selected), "Service", "Investigation", and "Other".
- Report Stay:** A checkbox labeled "check to report more issues" which is currently unchecked.
- Submit idea:** A button at the bottom of the form.

en el sentido de que existen diversas interacciones necesarias entre los diferentes actores en función de la etapa de evaluación de la innovación. A modo de ejemplo, no es el responsable de ética que sólo proporcionan entradas en el paso 7, por lo que sólo en ese momento se puede ver que se evalúan las ideas.

Uno de los formularios que permite a los empresarios presentar sus propias ideas se ilustra en la Figura 5.23. Luego de que los empresarios han llenado y suscrito este formulario, el experto evaluará la idea y decidirá si es lo suficientemente buena para proceder a los pasos subsiguientes.

Con el fin de probar la herramienta, se utilizó una idea desarrollada por estudiantes de FCT-UNL, que consiste en un sistema que puede ser instalado en el casco de un motorista y en situaciones específicas que se conecta a los teléfonos inteligentes a través de Bluetooth para comunicar una situación de alarma. Este sistema funciona con sensores que miden y leen las señales básicas de la vida. En conjunto, todo este sistema llamado SOhelmetS, en caso de accidente medirá los signos vitales de la víctima y, si es necesario, llamará a una ambulancia. Debido a las condiciones a que los ciclistas están sujetos, el sistema también dará coordenadas al sistema de emergencia, dándoles la oportunidad de ser más rápido y salvar una vida más.

**Figura 5.24.**  
Herramientas de evaluación

The image shows a screenshot of a web-based evaluation form titled "Evaluate Issue". The form includes several sections: "Assigned To" with a dropdown menu showing "yvesal"; "Innovative" with a 5-point Likert scale where the 4th point is selected; "Useful" with a 5-point Likert scale where the 5th point is selected; "Approved" with radio buttons for "Yes" (selected) and "No"; "View Status" with a dropdown menu showing "private"; and "Add Note" with a text area containing the text: "This is a really good idea that can save many lives across the globe. I want to hear more from you and to let this floating idea to customers." Below the text area is an "End Evaluating" button.

Sobre la base de las descripciones, el evaluador tendrá que decidir si esta idea es innovadora, interesante, útil, con potencial para un producto o no. El formulario reproducido en la Figura 5.24 muestra un resultado de evaluación con una sección de notas en la que se introducen sugerencias y observaciones para mejorar la idea o para justificar la clasificación. En este ejemplo, el evaluador dice que no es la idea más innovadora porque ya hay cosas similares en el mercado. Sin embargo, debido al hecho de que es un sistema que salva vidas, lo valora como considerablemente útil.

La herramienta E2M también va a ser implementada en el proyecto CARE-LINK, cuyo objetivo es el desarrollo de soluciones para ayudar a personas que deambulan por enfermedad mental como el Alzheimer. Durante este proyecto se pretende crear un sistema de seguimiento personal innovador para las personas con demencia. La idea es utilizar la metodología E2M para guiar el desarrollo y su evaluación como un elemento de innovación habitual.

Como preparación para la evaluación en un entorno real se evaluarán los prototipos de sistemas Carelink en los ensayos de laboratorio que implican 20-25 personas con demencia. El principal objetivo de estos ensayos es la identificación precoz de posibles problemas relacionados con la usabilidad, la accesibilidad y la experiencia del usuario. Se evaluará los diferentes requisitos de *hardware* y

se realizará una prueba en una situación de la vida real para asegurar que cada cosa funcione como se esperaba.

#### 4.4. Conclusiones

En los días actuales, para la creación de metodologías, es primordial tener un proceso a seguir en la implementación de un objetivo del proyecto. Los autores presentaron la Metodología de Evaluación de Emprendimiento (E2M) para promover la transferencia de conocimiento.

Esta metodología está destinada a ser utilizada por universidades o entidades con el objetivo principal de ayudar a los futuros empresarios en la implementación de sus ideas y transformarlas en productos viables que pueden colocarse en los mercados. Al mismo tiempo, cuando se aplica esta metodología en las universidades, el objetivo es contribuir a disminuir la deserción de los estudiantes, motivándolos a permanecer en las universidades hasta terminar sus estudios y ayudarles a valorar su propia persona y sus ideas, creando sus propias empresas y, en consecuencia, creando sus propios puestos de trabajo, contribuyendo al mismo tiempo a la economía local, regional y nacional del país. Por tanto, si los empresarios tienen una metodología a seguir será más fácil que pongan en práctica sus ideas y las transformen en productos comerciales.

Para el futuro, los autores desean continuar la aplicación de la E2M en piloto, a través del Proyecto Acacia, en universidades de América Latina como la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), en Lima, Perú; Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN), en Nicaragua; y la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), en Colombia. Además, tienen la intención de verificar la herramienta en una situación diferente, lo que permitirá el intercambio de resultados científicos y técnicos entre los diferentes proyectos.

# Capítulo 6

## Estudios de caso

*Andreia Artífice, Jorge Calado  
Fernando Luís-Ferreira, Elsa Marcelino-Jesus  
Celson Pantoja Lima, Carla Marina Paxiúba  
Joao Sarraipa*

### 1. Estudio de caso de un soporte multisensorial en AutoCAD para usuarios con discapacidad

La disponibilidad de dispositivos de *hardware*, aplicaciones y conectividad externa en nuestros ordenadores y teléfonos inteligentes abre una amplia gama de oportunidades para el desarrollo de sistemas inteligentes. Las personas con algún tipo de discapacidad motora pueden hacer uso de tales sistemas con un costo mínimo, ya que hay diversos componentes de *hardware* que ya están disponibles en productos de consumo estándar. La investigación reportada en esta obra presenta soluciones multisensoriales basadas en equipos y características ya existentes, con una adaptación mínima que puede ayudar a las personas con discapacidades a adquirir competencia en el uso de herramientas computacionales. El objetivo aquí es el uso de la cámara para el seguimiento ocular (*eye tracker*) y reconocimiento de voz junto con el ratón y el teclado. En este estudio de caso tal enfoque se utiliza con el *software* AutoCAD que, por lo general, no es adecuado para personas con discapacidad física, especialmente si tienen afectadas las extremidades superiores o el habla. El sistema inteligente propuesto

tiene por objetivo proporcionar medios para aquellas personas que sean capaces de elaborar, crear y acoger una nueva oportunidad de empleo inclusivo.

Las tecnologías disponibles hoy en día tienen el propósito de mejorar de nuestra calidad de vida y extender, en varias dimensiones, nuestras capacidades físicas y cognitivas. La adopción de equipamiento tecnológico ofrece innumerables características y oportunidades que se pueden explotar para definir funciones innovadoras en las más diversas áreas. Uno de los aspectos en crecimiento es el uso de estas tecnologías para facilitar la recuperación de información, organización y despliegue de información para apoyar nuestro trabajo y nuestra vida diaria.

Los sistemas informáticos y dispositivos periféricos (micrófonos, audífonos, cámaras, sensores, etc.) pueden proporcionar diversos métodos para obtener información de los usuarios. Típicamente, para la mayoría de las aplicaciones, una pantalla se utiliza para mostrar información y un teclado y un ratón para la introducción de datos por parte del usuario. Ese es el equipo básico para la interacción persona-ordenador. Las cámaras de ordenador se utilizan sobre todo para la comunicación a distancia y en el uso de programas que ponen a los usuarios en contacto visual con los demás. En lo que respecta a la creación y modelado de imagen, existen diversos tipos de programas informáticos que facilitan este tipo de operaciones. Entre los que están orientados a áreas específicas, como a la creación artística, tenemos, por ejemplo, Photoshop (Adobe Photoshop, 1990), CorelDraw (Corel, 1989), Paint Shop Pro (Jasc Software, 1990); y en dibujo y diseño asistido por ordenador (CAD 'computer-assisted design') se conoce, por ejemplo, AutoCAD (AutoCAD, 2016) y Catia (Dassault Systèmes, 2018). Últimamente, con la aparición de tecnologías como la impresión 3D y la fabricación aditiva, el *software* de CAD ha revelado ser una enorme oportunidad para los negocios y, por tanto, una posibilidad valiosa para aquellos que deseen tener un trabajo técnico.

Al mirar la sociedad y un perfil específico de usuarios, se estima que solamente en los Estados Unidos hay unos 15 millones de personas que tienen discapacidad en diverso grado, y se considera que al menos el 10 % de la población mundial experimenta algún tipo de discapacidad física (Noyes & Frankish, 2009). La discapacidad se tipifica como una categoría relacional en que las condiciones sociales excluyen a la persona de una participación plena en la

sociedad (Ginsburg & Rapp, 2013). En algunos casos, las personas con problemas de movilidad en las extremidades son resultado de diversos síntomas físicos, de percepción o cognitivos, originados, por ejemplo, en lesión de la médula espinal, accidente cerebrovascular, esclerosis múltiple, esclerosis lateral amiotrófica y parálisis cerebral (Simpson, LoPresti, & Cooper, 2008). El presente trabajo tiene por objetivo apoyar a las personas con discapacidad en el uso de ordenadores, ejemplificado en el uso del *software* AutoCAD, y se basa en las oportunidades de utilizar otros medios de interacción persona-ordenador más allá del uso del teclado y ratón tradicionales.

A continuación, en la sección siguiente se presenta la información más actualizada en cuanto a posibles configuraciones de *hardware* y *software* para asegurar medios alternativos de entrada. Esa sección presenta la metodología que se utiliza para el despliegue de la solución propuesta por medio de la programación de AutoCAD con el lenguaje AutoLISP. Más adelante se describe todo el código necesario y todas las características que se pueden utilizar para la presente solución. Un usuario dispuesto a desarrollar un enfoque de este tipo sólo tiene que repetir todo el código que figura aquí, dentro de la interfaz de programación Visual LISP en AutoCAD. Finalmente se presentan las conclusiones y el trabajo futuro de lo logrado hasta el momento. En esta sección el lector puede encontrar varias oportunidades para desarrollar nuevas formas de interacción con el *software* AutoCAD utilizando las soluciones de *hardware* además de programaciones convencionales, presentadas aquí en su totalidad.

### 1.1. Estado de la técnica y requisitos

El objetivo de este enfoque es tener un sistema con la inteligencia necesaria para permitir a los usuarios, sobre todo a los que tienen discapacidades, desarrollar las tareas de modelado y diseño utilizando la voz, teclado, ratón o los ojos en un entorno de AutoCAD. Debería ser posible utilizar cualquiera de los medios de entrada mencionados tanto como el usuario quiera utilizarlos. Otro requisito importante para este enfoque es que el sistema no debe tener costos adicionales al ordenador convencional con el *software* AutoCAD instalado. Para este estudio, se ha utilizado el sistema operativo Windows, pero la solución también debe ser posible en cualquier otro sistema operativo. La solución debe utilizar la cámara de la computadora, la misma que se utiliza para

la comunicación de vídeo (por ejemplo, Skype, GoToMeeting, Webex, etc.); y el reconocimiento de voz debe ser el que viene con el equipo (por ejemplo, reconocimiento de voz de Cortana o Siri). En el presente caso, para el sistema Windows, se adoptó el reconocimiento de voz que viene con Windows 10 (Configuración > Hora e idioma > Voz). En cuanto a las soluciones existentes, se basan esencialmente en el reconocimiento de voz, ya que el uso de *eye-trackers* se ha comercializado muy recientemente, aunque los primeros estudios fueron publicados ya en 1967 (Yarbus, 1967) (Roueche, Parnell, Kuttler & Jones, 1994). Incluso los libros especializados en este campo de estudio no mencionan la adaptación específica al dibujo y ninguna menciona el caso de uso de AutoCAD (Antona & Stephanidis, 2015).

El sistema debe tener la inteligencia necesaria para implementar y poner a disposición todas las opciones de entrada, incluyendo el teclado y el ratón, pero también ser capaz de apoyar las capacidades de dibujo utilizando comandos de voz o sólo los movimientos de los ojos. El sistema debe, por tanto, tener medios redundantes de entrada de forma que el usuario pueda elegir uno o más de uno, el que sirva mejor a su propósito en cada momento.

Se hizo una evaluación sobre el estado del arte para el reconocimiento de voz y para los rastreadores oculares (*eye-trackers*) y de las soluciones de programación que podrían utilizarse para adaptar el AutoCAD para los usuarios que deseen utilizar tales métodos alternativos de entrada. El software más utilizado para el reconocimiento de voz parece ser Dragon NaturallySpeaking (Nuance Communication, 1997). Se hicieron algunas pruebas y el software parece adaptarse a las características vocales del usuario tras entrenarlo. El reconocimiento de voz en Windows no es tan claro en la comprensión de la voz del usuario, pero también presenta un rendimiento interesante.

En lo que respecta a las cámaras, el objetivo sería no sólo tener un rastreador ocular, sino también mantener la convergencia hacia costo cero. Cabe señalar que los rastreadores oculares del mercado utilizan sus propias cámaras con luz infrarroja para mayor precisión y un poco de seguimiento fisiológico (por ejemplo, la mirada y la dilatación de la pupila). También existe una solución que utiliza la cámara incrustada en el ordenador, por ejemplo, en portátiles. No va a utilizar luz infrarroja, ya que no es el equipo estándar, pero merecía que hiciéramos algunas pruebas y comprobáramos los resultados. También he-

mos de tener en cuenta que el precio del equipo de los rastreadores oculares de alta precisión va desde alrededor de cien dólares a varios miles de dólares. De todos modos, era necesario hacer pruebas y comprobar si sería necesaria tal precisión. Luego, quisimos comprobar la adopción de un *software* específico de seguimiento ocular que utiliza la cámara de la computadora que, si fuera funcional, propondría la solución más económica a probar. En lo que respecta a los teclados, se debe probar un teclado virtual para que, junto con el rastreador ocular, el usuario pueda usarlo con los ojos, si es necesario, para escribir comandos o insertar datos.

## 1.2. Metodología

La elección de software de dibujo asistido por computadora implica la consideración de diversos aspectos relativos a la finalidad del trabajo. Para la presente investigación, AutoCAD fue elegido como una opción interesante por dos razones principales: tiene una amplia gama de aplicaciones y es programable, dentro del entorno del programa, con el lenguaje AutoLISP. De hecho, el AutoCAD tiene integrado el entorno VisualLISP, que puede compilar código e interpretar las instrucciones de AutoLISP, en tiempo real, sin ningún procedimiento de compilación adicional.

Como hemos dicho, el objetivo era desarrollar una solución basada en el *hardware* de un ordenador portátil convencional con AutoCAD instalado. Eso sería suficiente para las necesidades de los usuarios con discapacidad. Esta solución se basa en el uso de la voz y los ojos con la cámara y el micrófono incrustados del equipo. Para la voz, las pruebas se realizaron con el reconocimiento de voz de Windows, que viene con el sistema operativo, junto con otros programas como Dragon NaturallySpeaking. Este último resultó ser bastante exacto, siempre y cuando el usuario lo haya «entrenado» para que su voz sea reconocida correctamente. Sin embargo, identificamos un problema en el dictado de coordenadas en el formato X, Y o X, Y, Z, ya que los sistemas tienden a poner un espacio después de la coma, pues ello es de gran ayuda en la escritura natural. Usando AutoCAD, con estos espacios el problema es que tienen el mismo resultado que la tecla de retorno; esta dificultad puede abordarse mediante la configuración del reconocimiento de voz. En el presente caso se diseñó un sistema inteligente, mediante el cual el usuario puede utilizar doble clic del

ratón para cambiar entre los modos de entrada de coordenada única o de doble coordenada.

### 1.3. Implementación

Para hacer frente a todos los requisitos propuestos, se desarrolló un sistema inteligente de manera que un usuario pueda utilizar los ojos, ratón, teclado y voz para modelar y dibujar con AutoCAD. El sistema propuesto permite que todas esas interfaces de usuario puedan coexistir y ser funcionales al mismo tiempo.

Las principales características del sistema son a la vez la disponibilidad de los cuatro tipos de entrada y la inexistencia de costes adicionales. Para los ensayos con el cursor guiado por el movimiento del ojo se utilizó el *software* Camera Mouse, de Boston College, que es gratuito (Gips & Betke, s.f.). El comportamiento de este programa no es tan preciso como los rastreadores oculares que no utilizan la cámara del ordenador (por ejemplo, cámaras exteriores con luz infrarroja). La opción cámara de ratón no muestra la dilatación de la pupila e incluso el monitoreo de la mirada es limitado. No obstante, permite al usuario mover el cursor de una manera similar a la del ratón convencional. La Figura 6.1. muestra la ventana de configuración para la cámara de ratón en lo que respecta a pasar el control al programa o de vuelta al ratón físico. Esta transición fue perfecta y ambas versiones pueden coexistir al mismo tiempo de acuerdo con las necesidades del usuario.

AutoCAD proporciona herramientas auxiliares que —junto con las coordenadas polares, con el símbolo «<»; y coordenadas relativas, con el símbolo «@»— proporcionan ayuda para las operaciones de elaboración. Esas funcionalidades, tales como rastreo polar a objetos y de referencia a objetos de seguimiento, están disponibles para ayudar a encontrar las coordenadas y las ubicaciones con relación a los ángulos, distancias y los objetos existentes. El problema surge cuando es necesario introducir distancias o incluso coordenadas. Junto con las soluciones para el individuo, en esta sección se presentarán esas soluciones. Sin embargo, podría persistir el problema de escribir los números reales referentes a las coordenadas. Para ello, una posible solución es evocar el teclado virtual disponible en Windows, que también puede manejarse con el cursor del ratón de la cámara.

**Figura 6.1.** Configuración del ratón de la cámara



**Figura 6.2.** Cámara, ratón, velocidad del cursor



Con el fin de mover mejor el cursor, ya sea para la redacción o para coordinar la escritura con el teclado virtual, es necesario tener una velocidad cómoda de movimientos. En la Figura 6.2. se ve que es posible gestionar la ganancia tanto en dirección X como en Y, que se puede ajustar para el rendimiento de cada usuario.

A fin de permitir la activación de la entrada de coordenadas individual, se implementan dos reactores como funciones para activar las señales que indican doble clic y clic derecho del ratón, los que se pueden utilizar para implementar sistemas inteligentes para múltiples fines que le sean asignados por el programador. En el presente caso se utilizan para activar coordenada única entrada con X y Y por separado en lugar de x, y (por ejemplo,  $x = 10,2$  y entonces  $y = 23.1$ , en lugar de obtener  $x, y = 10,2, 23,1$ ).

La aplicación de los reactores se puede ver en la Figura 6.3. Función Double activa flagdouble cuando se pulsa el botón del ratón dos veces y la función FRight activa Flagright cuando se pulsa el botón derecho del ratón. En ambos casos funcionará si se utiliza el rastreador ocular en lugar del ratón.

**Figura 6.3.** Reactores que tienen uso múltiple

```
(vl-load-com)
(defun FDouble (react ponto3D) (setq flagdouble T) (princ)) (defun FRight (react ponto3D)
  (setq flagright T) (princ))
  (setq Reactor1 (vlr-mouse-reactor "ClickRight"
    '(:vlr-beginRightClick . FRight)))
  (setq Reactor2 (vlr-mouse-reactor "ClickLeft" '(:vlr-begindoubleclick . FDouble))))
```

Ambos reactores se implementan como Reactor1 y Reactor2 y se pueden utilizar para lo que sea necesario, para señalar con el botón derecho del ratón o doble clic izquierdo respectivamente.

A continuación, podemos diseñar una función GetPT que requerirá coordenadas independientes para X y Y (y Z si es necesario) en el caso de la variable Flagdouble se activa con el valor T. Esto se añade como resultado de la función de FDouble activado por reactor React2 tal como se aplica a continuación en la Figura 6.4.

**Figura 6.4.** Función que acepta individuo y coordina entrada

```
(defun GetPT ()
  (if flagdouble (setq pt1 (list (getreal "X coord:") (getreal "Y coord:")))(setq pti (getpoint
    "Point :"))))
```

A continuación, diseñamos un ambiente que muestra en la pantalla una ventana con un menú que contiene los comandos principales para ser utilizados por un usuario específico. Esto significa que en una primera etapa se hizo una recopilación de los principales comandos necesarios. El diseño de tales ventanas se presenta a continuación en la Figura 6.5. y su uso se explica a continuación, de modo que pueda reproducirse y adaptarse según sea necesario para cada caso de usuario.

El lenguaje de control de diálogo, también conocido como DCL, es un lenguaje utilizado en AutoCAD para generar los cuadros de diálogo de interfaz de usuario. En DCL los comentarios son precedidos por dos barras inclinadas "//", lo que significa que el próximo programador puede poner lo que quiera, que no será evaluado junto con el programa.

**Figura 6.5.** Construcción de un cuadro de diálogo para comandos seleccionados

```

sel_command : dialog {
  label = "Select a Command";
  : column {
    : boxed_column {
      : button {
        key = "Line"; label = "Line";}
      : button {
        key = "Circle"; label = "Circle";}
      : button {
        key = "Arc"; label = "Arc";}
      : button {
        key = "Rectang"; label = "Rectangle";}
      : button {
        key = "Erase"; label = "Erase";}
    } // End of boxed_column
    : boxed_row {
      : button {
        key = "Close"; label = "Close"; is_cancel = true;}
    } // End of boxed_row
  } // End of column
} // End of main dialog

```

El cuadro de diálogo DCL, una vez evocado por el programa, tendrá el aspecto que se muestra en la Figura 6.6. El menú aparece en una ventana flotante que se puede mostrar en cualquier lugar de la pantalla para la conveniencia del usuario.

**Figura 6.6.** Cuadro de diálogo en el entorno AutoCAD

Las etiquetas se van a mostrar, ya sea como el título de la ventana, en este caso «Seleccionar un comando», o nombrando un botón. En este caso, las etiquetas designan a los botones que evocan los comandos (por ejemplo, línea, arco, círculo, etc.). La clave es el vínculo con el código de AutoLisp que devuelve el nombre del botón presionado. Es fácil de insertar más como botón de bloques de código: cuadros de diálogo de botón están organizados en columnas o filas, de acuerdo a las preferencias del programador. En este caso se hace una columna en caja con todos los botones. Cada botón comprende una secuencia de tipo: botón {key = “command\_name”; label = “BUTTON\_LABEL”};}.

El programa principal carga el cuadro de diálogo y lo muestra en pantalla en el entorno de trabajo actual de AutoCAD. Este programa desarrollado con el objetivo de hacer fácil para el usuario acceder a los comandos más frecuentes se presenta a continuación en la Figura 6.7. y puede ser modificado y adaptado según sea necesario. El presente código (figura 6.7.) es una versión condensada para que pueda caber en el alcance de este trabajo, pero una versión en línea estará disponible y accesible con las palabras clave de este documento. El código está explicado después de la lista presentada a continuación.

El programa tiene una primera sección en la que se hace la preparación de la ejecución. Esa preparación termina con la función `unload_dialog` y comienza restableciendo las señales con el botón derecho o doble clic izquierdo. A continuación, el cuadro de diálogo se carga desde el disco y se asigna `opt` variable al valor. A continuación, la función `Cond` tiene una serie de módulos, cada uno para cada uno de los posibles botones pulsados en el cuadro de mando.

Cada módulo comienza con una verificación de `opt` variable (por ejemplo, `(= opt “Circle”)` para verificar si el `opt` variable tiene el contenido “círculo”), cuando el valor es cierto; entonces se ejecuta el siguiente código. Como en cualquier función se escribe `Cond` o `Si`; cuando el valor no es cierto se pasa a la siguiente condición. Esos módulos se preparan a continuación de un conjunto de comandos de acuerdo con lo que se espera de cada comando. Esos módulos pueden ser replicados según la orden para ser utilizados con mayor frecuencia. Para ello es necesario añadir la sección respectiva en el cuadro de diálogo con la sección del botón adecuado con la tecla correspondiente y la etiqueta para dicho comando.

**Figura 6.7.** Código para la ejecución de comandos

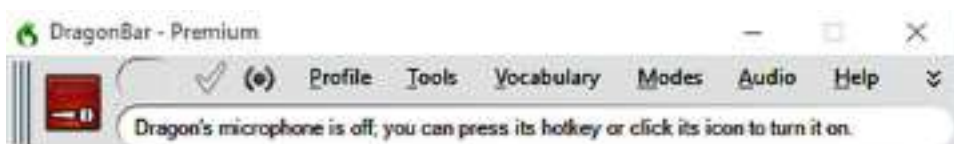
```

(defun C:GetInput ()
  (setq flagright nil flagleft nil)
  (setq dcl_id (load_dialog "c:/proglisp/selectorbox.dcl")) (new_dialog "sel_command" dcl_id)
  (action_tile "Line" "(setq opt \"Line\")") (action_tile "Circle" "(setq opt \"Circle\")") (ac-
  tion_tile "Arc" "(setq opt \"Arc\")") (action_tile "Rectang" "(setq opt \"Rectang\")") (action_
  tile "Erase" "(setq opt \"Erase\")") (action_tile "Close" "(done_dialog)") (start_dialog)
  (unload_dialog dcl_id) (cond
    ((= opt "Line")
     (setq pt1 (getpoint "From Point")) (while (not (null pt1))
       (setq pt2 (getpoint pt1 "To point:")) (command "line" pt1 pt2)
       (setq pt1 pt2))
      )
    ((= opt "Circle")
     (setq cen (getpoint "Center:") rad (getdist cen "Radius:")) (command "circle" cen rad)) ((=
     opt "Arc")(setq pt1 (getpoint "First Arc Point:") pt2 (getpoint pt2 "Second Arc Point:") pt3
     (getpoint pt3 "Last Arc Point:")) (command "Arc" pt1 pt2 pt3))
    ((= opt "Rectang")
     (setq corner1 (getpoint "First Corner:") corner2 (getcorner corner1 "Second Corner:"))
     (command "rectang" corner1 corner2))
    ((= opt "Erase") (command "Erase"))
  ); end of
); end of GetInput function

```

En lo que respecta al acceso por voz, se utiliza el reconocimiento de voz de Windows, para lo cual los usuarios pueden activar los botones que aparecen al seleccionar Iniciar reconocimiento de voz en el Panel de control de Windows.

En una versión comercial alternativa como la de Dragon Naturally Speaking, en la Figura 6.8., se puede utilizar para el mismo objetivo: dirigir y coordinar la entrada.

**Figura 6.8.** Barra del Dragon Naturally Speaking

La diferencia significativa con el uso de Dragón es el precio. DNS no es gratis, pero tiene muchas más características. Con el fin de lograr buenos resultados, el usuario tiene que pronunciar bien para que el programa se acostumbre a las características de su discurso. Los resultados fueron bastante interesantes y hay que hacer notar que el programa permite muchas opciones de configuración que pueden ser útiles para personalizar el vocabulario y adaptarse a las necesidades específicas.

#### 1.4. Sistema de perfil mejorado para AutoCAD

Las secciones anteriores proporcionan funciones para un soporte multisensorial para personas con discapacidad que utilicen AutoCAD. Estas funciones implementan dos señales que se pueden aplicar para personalizar las interfaces de usuario a perfiles de usuario particulares y para especificar cambios en el entorno de operación. Por tanto, representa dos soluciones enfocadas en adaptar los perfiles de uso a diferentes necesidades.

El uso de AutoCAD se puede controlar mediante reactores, como en el caso de las dos señales de botón derecho del ratón y haciendo el doble clic antes mencionado. Es posible registrar la frecuencia de uso de los comandos de AutoCAD por un determinado usuario. Esa tarea se puede ejecutar sobre la base del reactor VLR-Comando-reactor, que realiza el seguimiento de los comandos ejecutados, incluyendo el nivel de uso por cada usuario. Esto incluirá información sobre si el comando se ha ejecutado correctamente o si se cancela por cualquier motivo anormal. Esto constituiría un poderoso medio de recopilación para personalizar las necesidades identificadas de cada usuario, lo que también potencia el desarrollo de sistemas inteligentes. La adición de esto a las soluciones anteriores facilitará la estrategia que se ha propuesto para crear un sistema que adapte dinámicamente su comportamiento al perfil del usuario.

Como resultado de dichas funcionalidades se pretende desarrollar en un futuro próximo un generador de menú dinámico, según se describe a continuación. En el uso de evaluaciones específicas para cada usuario, es posible crear un menú con los comandos más utilizados para ese usuario específico o para el usuario que tenga más dificultades. El proceso de crear un menú es el mismo que se describe al principio de la sección de DCL (Figura 54). Dicho sistema inteligente consistiría en escribir en un archivo .DCL la descripción del cuadro de diálogo.

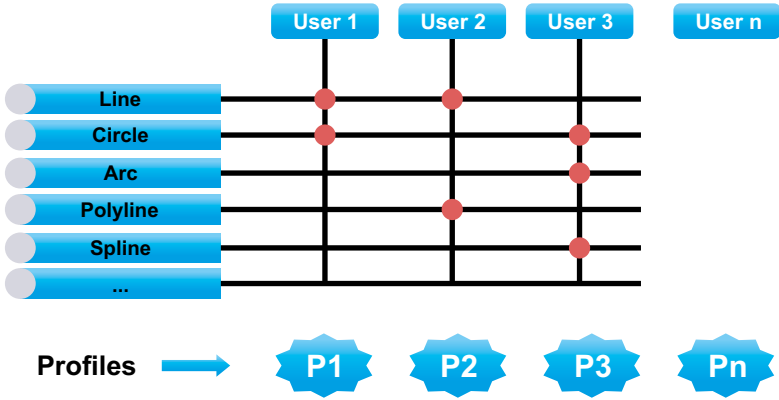
Mediante ello, después de que el mismo usuario trabaje varias veces con esta solución, podría cargar el nuevo menú creado con los comandos frecuentes. Como en la implementación descrita, tal sistema inteligente puede ser personalizado por un programador que escriba los contenidos del menú, pero también puede ser generado por el archivo DCL propuesto, generado automáticamente. Existe documentación específica para la programación en AutoLISP que puede ayudar en una tarea que, de lo contrario, sería demasiado extensa para explicarla en este apartado (Luís-Ferreira, 2012) (Autodesk Inc., 2017).

### 1.5. Opciones de programación para diferentes usuarios

La configuración de la interfaz gráfica es una de las características que puede facilitar la operación. Hay varios niveles de adaptación y, por ejemplo, la configuración de los botones se puede lograr con menús internos o con DCL. El otro nivel es la construcción de perfiles según el tipo de operaciones que cada usuario planea ejecutar. Como sucede con el uso normal de AutoCAD, el uso de los menús desplegables u otros menús toma algún tiempo, ya que es necesario abrirlos y desplazarse hasta el elemento deseado. Puede llevar algún tiempo y necesitar movimientos precisos, pues algunos menús son densos. La presente investigación despliega menús con contenidos configurables, que se determinan según las necesidades de un usuario definido. El objetivo es que, a partir del análisis del trabajo por ejecutar, el perfil de usuario se defina de manera que el menú refleje los comandos más necesarios para ese tipo de rutinas de trabajo. Dicho grupo de comandos se puede cambiar a otro perfil existente, o simplemente se actualiza y modifica el perfil actual de acuerdo con la evolución del usuario o las necesidades de diseño.

El objetivo de estos menús es ser dinámicos, ya que pueden adaptarse a diferentes usuarios y pueden actualizarse según las necesidades del usuario. Esta configuración gráfica tiene la ventaja de permitir una organización gráfica que hace mucho más fácil para un usuario mover el cursor con los ojos para llegar más rápido al comando deseado. En la Figura 6.9. se puede ver la creación de ejemplos de perfiles según el tipo de necesidades de cada usuario.

**Figura 6.9.**  
Diferentes perfiles para diferentes necesidades de los usuarios



### 1.6. Conclusión

El sistema propuesto está en funcionamiento y se ajusta a los requisitos propuestos; cuatro opciones de entrada simultáneas utilizando diferentes modos (ratón, teclado, voz y ojos), y sin costes. Las pruebas realizadas con el *hardware* y el *software* estándar descrito anteriormente demostraron que el sistema inteligente es capaz de aceptar todas las entradas incluyendo aquellas características que superan las dificultades con la entrada de coordenadas. El código presentado permite la expansión y la sustitución de comandos y funciones para adaptarse a las necesidades específicas de los usuarios. Es importante tener en cuenta la complementariedad de todas las opciones de entrada propuestas porque las personas con discapacidad pueden necesitar cambiar a un modo de entrada más adecuado para ellas. Por ejemplo, se sabe que algunos trastornos cerebrales producen parálisis de las extremidades superiores, además de alteraciones vocales, debido a la falta de control de algunos músculos. Así, incluso aunque el habla parezca ser la mejor opción para las personas con discapacidad motora, si tienen alteraciones vocales no será factible utilizar el reconocimiento de voz. En tales casos, el seguimiento de los ojos aparece como la opción más adecuada.

La solución propuesta tiene varios sistemas inteligentes que ayudarán a las personas con discapacidad a llevar a cabo actividades de dibujo con AutoCAD.

Para el trabajo futuro sería interesante probar sistemas de EEG como otra entrada alternativa. También en el alcance del trabajo futuro, se puede contemplar el crear el análisis de frecuencia que determinará cuáles son los comandos más utilizados y el generador de menú dinámico para que se pueda generar un menú personalizado de acuerdo con cada perfil de usuario específico.

## 2. Estudio de caso. Hacia un entorno digital para la promoción del aprendizaje accesible en la educación superior en la Amazonía

Este caso de estudio presenta la visión que guía el desarrollo de un entorno educativo habilitado mediante *software* con el objetivo de ayudar a las comunidades que no pueden tener fácil acceso e integrarse en el sistema de educación superior. Estas comunidades no solo son personas con los problemas de accesibilidad más comunes, sino que también incluyen a los indios (con problemas de comunicación / culturales para ingresar y desempeñarse bien en universidades creadas por y para personas de raza blanca) y otros grupos.

Pasi Shalberg (2015), en su libro *Finnish Lessons 2.0: What Can the World Learn from Educational Change in Finland?*, presenta y discute varios aspectos de la reforma que cambió Finlandia en las últimas décadas. Entre ellos, quizá el más relevante es la equidad, que en este contexto significa que el sistema educativo debe ofrecer las mismas condiciones de adquisición de conocimiento a todos los estudiantes, independientemente de las dificultades, problemas o condiciones que puedan tener. El otro punto muy interesante es que la educación en Finlandia se considera parte de la riqueza nacional finlandesa (Spady, 1971).

La educación, ya sea considerada como riqueza de la nación, según Spady, o más que nunca parte de un sector de la codicia (Robinson & Aronica, 2015), se ha enfrentado a un sinnúmero de problemas en esta era digital. Algunos de ellos provienen de la fuerte presencia de dispositivos digitales en el entorno de aprendizaje, y algunos siguen siendo viejos problemas «clásicos» (por ejemplo, abandono, retención, exclusión). Los países de todo el mundo comenzaron a luchar contra algunos de esos problemas con políticas públicas que apoyan programas gubernamentales, como la creación de un marco legal para obligar a las instituciones públicas a proporcionar educación accesible (por ejemplo, el Gobierno de Brasil).

Generalmente, cuando entra en juego la accesibilidad, normalmente se consideran los tipos clásicos de la discapacidad (es decir, personas con discapacidad visual, las personas ciegas, sordas o con problemas de audición y las personas con movilidad reducida). Sin embargo, si consideramos un significado extendido de la accesibilidad que incluya a las personas con dificultades para acceder al sistema educativo debido a otros tipos de problemas (por ejemplo, la comunicación y los problemas culturales), esto nos obliga a tener en cuenta otras comunidades que también están en peligro de exclusión por el sistema (por ejemplo, América Latina aún tiene una fuerte presencia de indios nativos que están luchando por el acceso al sistema educativo del hombre blanco).

Centrándonos exclusivamente en la educación superior en América Latina, algunos de los principales problemas son los siguientes (Summerskill, *Dropouts from College*, 1962): (i) abandono de los estudios por exclusión emocional, académica, económica o social y accesibilidad; (ii) los educadores no poseen los conocimientos necesarios para tratar con estudiantes en peligro de exclusión o situación vulnerable; y (iii) la falta de comunicación y cooperación entre los educadores y el personal técnico / administrativo que les impide trabajar juntos para resolver los problemas.

## 2.1. Motivaciones y fundamento

El modelo detrás de la Cadep se basa en varios enfoques teóricos que se ocupan de los problemas relacionados con la educación (Bean, 1980), (Summerskill, *Dropouts from College*, 1962) y (Unesco, 2015). Robinson & Aronica (2015) y Spady (1971) sostienen que hay muchas razones individuales que ayudan a explicar el elevado número de deserciones de los estudiantes, como el bajo nivel de autoestima, motivación personal, métodos de estudio, la resistencia y la tolerancia a fallos, las expectativas y los valores personales que pueden crear dificultades y barreras en la adaptación de los estudiantes a las organizaciones.

El proyecto europeo GUIA, del programa ALFAIII, clasificó las razones principales del abandono de los estudios en cuatro grupos, a saber, externas al sistema de educación superior, por razón del sistema y las instituciones mismas, por razones académicas y por razones personales. Dan ejemplos que van desde la ausencia de dormitorios, la falta de conocimientos previos, la

falta de apoyo financiero para los estudiantes, el exceso de teoría y la gran brecha entre la academia y el mundo empresarial, hasta profesores sin el conocimiento necesario para tratar la diversidad en el aula, solo para mencionar unos pocos.

El proyecto ALTER-NATIVA, financiado por la Comisión Europea en el programa ALFAIII, se ocupó de la educación y la accesibilidad en los países de América Latina y produjo resultados que aportaron conocimientos y documentos técnicos relacionados con la capacitación (y formación) de profesores de educación superior, que abarcan algunas disciplinas específicas (a saber, ciencias, lenguaje y comunicación y matemática). Entre los puntos de vista, algunos ejemplos son: (i) Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son herramientas que permiten superar los principales desafíos de la diversidad, ya que pueden convertirse en ojos para los débiles visuales y para los que tienen poca audición; (ii) la cuestión no es solo apoyar a las personas con discapacidad, sino más bien apoyar a todos los estudiantes independientemente de sus dificultades o problemas, ofreciéndoles las condiciones necesarias para una construcción colectiva de conocimiento; (iii) un programa de capacitación para maestros / profesores debe motivar algunos cambios con respecto al uso de enfoques constructivistas (Pinheiro, Lima & Martins, 2015) y debe empoderarlos como diseñadores de programas de estudio e investigadores de su propio desempeño en el aula.

Acacia se lanzó en diciembre de 2015 y algunos hallazgos preliminares ayudaron a definir el marco adecuado para el proyecto. Entre ellos, se encuentra la estrecha relación entre educación y accesibilidad. Desde una perspectiva jurídica, el marco legal que hace cumplir las acciones y prácticas relacionadas con la accesibilidad en la educación (todos los niveles) ya se encuentra en varios países (por ejemplo, Brasil tiene muchas leyes específicas para ello, que comienzan con la Constitución federal y alcanzan la lengua de señas nacional, llamada LIBRAS, creada en 2002).

Programas específicos de promoción de la educación accesible están actualmente en uso. Por ejemplo, Brasil tiene un programa nacional llamado Incluir, que se ocupa de la accesibilidad en la educación superior, organizado en cuatro vectores principales: infraestructura (edificios, rampas, ascensores, es decir, las preocupaciones arquitectónicas), plan de estudios, la comunicación

y la información (deben ofrecerse materiales de clase accesibles y tecnologías de asistencia, así como el apoyo humano-traductores), proyectos de extensión (actividades de recaudación con el objetivo de conceptos difundir, prácticas y similares) y proyectos de investigación (investigación básica para producir herramientas / dispositivos innovadores para superar los retos de accesibilidad).

Parte de la misión de Incluir es ayudar a crear el llamado NdA (Nucleus of Accessibility ‘Núcleo de Accesibilidad’). Los NdA deben promover acciones institucionales para ayudar a incluir a los estudiantes discapacitados en la vida académica, de la manera más fluida posible. Estas acciones deben eliminar barreras de varios tipos (pedagógicas, arquitectónicas, de comunicación e información) y promover la aplicación de los requisitos legales dentro de las universidades. Las NdA también deben estar equipadas con recursos tecnológicos y personas capacitadas (por ejemplo, traductores, monitores, voluntarios) para ayudar a lograr sus objetivos.

Otro aspecto cuidadosamente abordado en Acacia es la accesibilidad en la web. Seguramente los materiales producidos por los profesores están normalmente orientados a la web, ya que internet es un espacio normal de comunicación e interacción entre profesores y estudiantes. La buena noticia es que: (i) hay algunos países que trabajan con este asunto; (ii) el consorcio W3C lanzó una iniciativa (llamada Iniciativa de Accesibilidad a la Web) que ha producido estándares y herramientas que ayudan a crear contenido accesible para la Web (y también fuera de línea); y (iii) varios socios de Acacia (Portugal, España, Brasil, Colombia y Chile) fueron pioneros en la traducción, adopción y promoción de los resultados del WAI, especialmente las Pautas de Accesibilidad para el contenido Web (WCAG, por sus siglas en inglés, que actualmente van por la versión 2.1).

En Brasil, los departamentos de educación de las universidades están obligados a incluir en su currículo disciplinas específicas con el fin de preparar al futuro maestro para manejar situaciones básicas en su actividad profesional futura, al tratar con personas con discapacidad (por ejemplo, el curso de LIBRAS). Sin embargo, cuando consideramos la producción de materiales de enseñanza, los profesores (experimentados o recién llegados) generalmente no tienen ningún tipo de apoyo formal para ayudar a preparar esos materiales de acuerdo con los estándares de accesibilidad. Además, no tienen contacto con tecnologías (asis-

tivas o no) que puedan ayudarles a estar mejor preparados para la universidad «totalmente incluyente» que estamos buscando y por la que trabajamos. En este escenario, la misión de Acacia se vuelve aún más desafiante, pero el otro lado de la historia es que esto le da una gran arena para experimentar ideas, impactar y marcar la diferencia.

## 2.2. UFOPA y el contexto brasileño

La Universidade Federal do Oeste do Pará (en adelante UFOPA) es una universidad que tiene apenas siete años de actividad, situada en el corazón de la región amazónica de Brasil. A pesar de su corta trayectoria, UFOPA nació con una gran responsabilidad: ser la primera universidad fuera de las grandes capitales en la parte norte de Brasil. UFOPA tiene aproximadamente 40 cursos de pregrado, 5 programas de maestría y doctorado, 1 programa de 8000 estudiantes y 350 profesores (entre ellos, el 50 % con doctorado). La misión de UFOPA es ayudar a crear los profesionales que estén dispuestos a cambiar la realidad socioeconómica de la región, mejorando la calidad de vida de la población.

UFOPA matricula a estudiantes de diversos grupos étnicos, incluidos indios y afrobrasileños de la región, de las comunidades vulnerables y en peligro con respecto al acceso al sistema de educación superior. Actualmente, existen dos procesos de selección específicos para ellos y en este mismo momento, UFOPA está creando un grupo de trabajo para coordinar y seguir la evolución de ambas comunidades dentro de la institución. En el año 2018 UFOPA inscribió a 130 estudiantes, 65 indios y 65 afrobrasileños.

Para dar un contexto histórico, solo 488 años después de la llegada de los primeros europeos a las tierras brasileñas habitadas exclusivamente por indios, la *Constitución Federal* dedicó un capítulo a proteger sus derechos. Al considerar específicamente la educación, la *Constitución* establece que para la escuela primaria existe la necesidad de crear un plan de estudios que tenga en cuenta los valores artísticos y culturales de los indios, definiendo el portugués como el idioma base en las escuelas, pero permitiendo la incorporación de las lenguas de los indios nativos y la adopción de procedimientos / métodos específicos para apoyar el proceso de aprendizaje (Senado de Brasil, 1988).

Hay pocas políticas públicas que enmarcan el acceso de los indígenas al sistema de educación superior. Las iniciativas y esfuerzos individuales siguen siendo las razones principales para quienes lo logran. Las subvenciones pueden desempeñar un papel crucial, ya que las universidades normalmente están lejos de los hogares de los estudiantes.

Otro aspecto importante es que las universidades brasileñas no están listas para la gran tarea de inscribir a estudiantes indios y ofrecerles las mismas condiciones de aprendizaje que se brindan a los estudiantes blancos / urbanos. El proceso de selección específicamente concebido para estudiantes indios es solo una pequeña fracción de todo el proceso, su punto de entrada. Sin embargo, el gran desafío para el alumno viene después de ser aceptado en la universidad, pues los estudiantes indios todavía tienen todo el curso de pregrado por delante, lo que significa que virtualmente UFOPA como una sola entidad debe estar preparada para interactuar y realmente abarcar la diversidad. Los profesores, el personal técnico y los demás estudiantes deben estar preparados para ayudar a integrarse a los estudiantes indios en la comunidad de UFOPA lo más fácilmente que sea posible. Claramente, la universidad debe estar preparada para albergar y comprender la diversidad de estudiantes indios, ofreciendo a cada estudiante las condiciones efectivas para dialogar y aprender.

Con respecto a los temas de accesibilidad en el aula y los materiales de apoyo, UFOPA proporciona solo una ayuda muy pequeña a través del NdA. Nada hay en el sitio web de la universidad, ni en los materiales proporcionados a los estudiantes por los profesores. Aquí está la primera contribución humilde (pero potencialmente con un impacto muy positivo) de Acacia a UFOPA: ayudar a despertar a toda la comunidad a los problemas que enfrentan aquellos que no son parte de la comunidad, aquellos que corren el riesgo de ser excluidos de los niveles altos del sistema educativo debido a restricciones de accesibilidad. El escenario descrito en la siguiente sección lleva esta primera semilla hacia la discusión, promoción e implementación de elementos relacionados con la accesibilidad en UFOPA.

### 6.2.3. El escenario de Acacia en UFOPA

Como se mencionó anteriormente, el mayor reto es mantener a los estudiantes indios nativos en UFOPA brindándoles las mismas condiciones de aprendizaje

que se ofrecen a otros estudiantes. UFOPA otorga becas, por un lado; y por otro lado, creó un grupo de trabajo para hacer seguimiento de forma permanente a los avances y proporcionar apoyo a las comunidades afrobrasileñas e indias desde el proceso de selección hasta el inicio de clases.

La comunicación es probable que sea el primer problema que hay que abordar, ya que la mayoría de los estudiantes no dominan el portugués y los profesores no hablan la lengua nativa indígena. Sin embargo, hay otros problemas tan relevantes como la comunicación y por eso UFOPA ahora ha creado el llamado «semestre cero», diseñado específicamente para los estudiantes indígenas. La falta de conceptos básicos en matemática también se considera un problema, así como la del conocimiento acerca de las computadoras y herramientas de software, en términos generales. Aprovechando esta situación, el equipo de Acacia en UFOPA propuso una disciplina llamada Introducción a la Tecnología Mundial (ITW), en la que se dan los conceptos básicos de la electrónica, la física, las computadoras y la programación visual y tangible. Este es el escenario en que el equipo que trabaja en UFOPA el proyecto Acacia ha llevado a cabo un experimento preliminar, que encaja en el trabajo previsto para el desarrollo de Empodera. En aras de la claridad, vale la pena decir que el semestre cero tiene por objetivo ayudar a preparar y evaluar a los estudiantes de una manera proactiva y positiva, lo que significa que no hay riesgo de deserción (para ellos) en esta etapa.

Vale la pena enfatizar que el proceso de aprendizaje que se adoptará en ITW se basa en un enfoque práctico, creador de conceptos de educación, respaldado por los conceptos de gestión del conocimiento y las técnicas de Design Thinking for Educators (DTE) (Pinheiro, Lima & Martins, 2015). Esto es parte de una tesis doctoral y se enfocó inicialmente en los niños de la escuela primaria. Con la evolución natural del trabajo, nos dimos cuenta de que los estudiantes de pregrado del programa de Ciencias de la Computación en UFOPA también podrían ser parte del experimento, ya que se detectaron fuertes similitudes entre los dos grupos. Desde aquí, Acacia trajo otro terreno para explorar, llevando a los estudiantes indios a formar parte de él.

¿Cómo contribuye Empodera aquí? El semestre cero, previsto para este año (segundo semestre), ofrecerá cinco disciplinas. El equipo de Acacia en UFOPA propuso ayudar a los profesores a crear su material de aprendizaje teniendo

en cuenta las pautas de accesibilidad y las recomendaciones del WAI. Esto se materializará a través de: (i) plantillas para la creación y uso de materiales de aprendizaje accesibles; (ii) modelos que apoyan la capacitación y formación tanto de profesores como de estudiantes indios; y (iii) una herramienta de *software* para ayudar a monitorear (y probablemente evaluar) las actividades de aprendizaje desarrolladas durante el semestre cero.

La materialización del proyecto comienza en torno a un repositorio de artefactos de aprendizaje (LA), como se muestra en la Figura 6.10. Esta imagen identifica al usuario principal del Repositorio de conocimientos (KR por sus siglas en inglés): los indígenas nativos, que deben consumir los artefactos de aprendizaje producidos por los profesores. El KR debe ser alimentado por profesores que enseñan a los estudiantes nativos por un lado y, por otro lado, por el grupo de trabajo que coordina las acciones específicamente concebidas para este grupo de estudiantes. Dicho KR debe construirse teniendo en cuenta los estándares de accesibilidad y las recomendaciones, como se indicó anteriormente.

**Figura 6.10.**

Visión general del Repositorio de Conocimiento de Artefactos de Aprendizaje para los indios



Los principales actores alrededor del repositorio son: (i) los estudiantes indios, que son los consumidores de los LA (y que han sido invitados a ser también creadores de las LA que los profesores con los que interactuarán utilizarán para ayudar a crear un enlace, un puente entre profesores y alumnos); (ii) los miembros de GT, quienes proporcionarán los LA tanto a los estudiantes como a los profesores; y (iii) los profesores, que recibirán apoyo para crear sus LA y que también están invitados a usar / reutilizar los LA existentes y proporcionar comentarios sobre ellos. La visión es que en una o dos décadas de trabajo, este repositorio se ampliará para hacer frente a las necesidades de otras comunidades (por ejemplo, afrobrasileña y otras), lo que permitirá a UFOPA tener en sus manos un conocimiento altamente calificado que puede ser potencialmente difundido para todo el país (y probablemente otros países de América Latina, a través de la Red Aca-cia), brindando un ejemplo real de apoyo adecuado a esas comunidades.

También vale la pena describir el trabajo adicional que se ha llevado a cabo en UFOPA, relativo a Apoya, centrándose en el análisis de los estados emocionales en el entorno de aprendizaje. Basada en técnicas de aprendizaje automático, la idea central era desarrollar una herramienta de *software* que funcione de manera no invasiva, es decir, que se base esencialmente en una cámara web que podrá detectar, identificar, categorizar y analizar las expresiones faciales que se vincularán con estados emocionales durante una conferencia dada. Este trabajo se basa en el llamado Sistema de Codificación de Acción Facial (FACS) (Swinton & El Kaliouby, 2012) que especifica la morfología y la dinámica de los movimientos faciales. FACS proporciona 46 Unidades de Acción (AU) que representan movimientos independientes en la cara, y estos pueden estar relacionados con estados emocionales (Vandal, McDuff & El Kaliouby, 2015).

Las ideas preliminares que guían este trabajo son las siguientes: i) a través de una cámara web, las expresiones faciales se reconocen y clasifican; (ii) el análisis emocional, basado en técnicas de aprendizaje automático, se puede realizar en tres niveles: individual, grupal y para toda la clase; (iii) los profesores pueden recibir alertas inmediatas (en caso de emociones alarmantes, como alguien muy nervioso), así como un informe completo después de la clase. Los desafíos son abundantes, desde obtener el significado preciso de una reacción dada en el entorno de aprendizaje (ya que las personas tienen diferentes reacciones que

expresan, a veces, las mismas emociones) hasta la clasificación y el análisis precisos de las reacciones faciales colectivas.

Este trabajo comenzó con el análisis de herramientas de *software* para apoyar el reconocimiento de expresiones faciales. Se eligió el componente Afectiva (Vandal, McDuff & El Kaliouby, 2015) y la idea es desarrollar nuevos programas de *software* basados en el aprendizaje automático e integrarlos con Afectiva (u otro componente similar).

#### 2.4. Discusión, conclusiones y retos futuros

Sir Ken Robinson, educador británico, sostiene que la escuela tradicional está «matando» la creatividad y para remediar las cosas propone la escuela creativa como una manera de transformar la educación (Summerskill, Dropouts from College, 1962). Otros autores argumentan que existe un Movimiento de Reforma de la Educación Global (GERM) (Sahlberg, 2015) (Ravitch, 2014) que apunta a sacar la educación de las escuelas públicas, idea que es principalmente pilotada, promovida y vendida por organizaciones y fundaciones con y sin ánimo de lucro, tales como la Teaching For America (TFA) y la fundación Melinda & Gates (Ravitch, 2014), en muchos casos respaldadas por acciones y fondos gubernamentales. A pesar de las claras evidencias encontradas en la literatura, los exámenes han sido y siguen siendo (y más y más) el principal indicador de la educación de buena calidad, que no podría estar más equivocada (Ravitch, 2014) (Robinson & Aronica, 2015) (Sahlberg, 2015).

En este era de resultados inmediatos, la educación requiere una mentalidad diferente. La reforma de las escuelas es un proceso complejo y lento (Sahlberg, 2015). Acacia quiere ser parte del viento de cambio que sopla detrás de ese proceso lento. A través de Empodera, el proyecto quiere ofrecer pautas, herramientas, recursos y un *software* habilitado para ayudar a los profesores a crear sus AL accesibles. De manera similar al concepto que impulsa los cambios en el sistema educativo finlandés, el módulo Empodera se desarrollará con el mismo espíritu: toda la institución estará preparada para abarcar la diversidad, a través de profesores y personal administrativo equipados con las herramientas y los recursos adecuados. La equidad fue el mantra finlandés (Sahlberg, 2015) que se adapta perfectamente a las ambiciones de Acacia.

El verdadero desafío que espera a Acacia, considerando el escenario de UFOPA, es el cambio de mentalidad requerido para instanciar realmente el concepto de equidad dentro de la institución. Los profesores sirven para mantener sus viejos hábitos, para evitar cambios (pequeños o grandes), para mantener el *statu quo* intocable. En esta arena donde Acacia está luchando, y los cambios requeridos probablemente representan grandes cambios. Si Acacia logra poner en movimiento este proceso de cambio, incluso a muy pequeña escala, el proyecto será un gran éxito. Los módulos Empodera de los centros Acacia tienen un papel muy importante a desempeñar para ello, pues a las personas solo les gustan los recursos tecnológicos; y solo si son fáciles de usar, funcionan bien en el primer intento y aportan un claro valor agregado para ellos.

### **3. Estudio de caso de simulación multiagente de universidades como un ecosistema de innovación basado en flujos de conocimiento**

Este estudio presenta la búsqueda de un modelo de simulación de una universidad como ecosistema de innovación en lo que se refiere al conocimiento educativo. Es parte del esfuerzo por incrementar la inclusión y disminuir la deserción que lleva a cabo el proyecto Acacia. Se ha utilizado un ecosistema de innovación a partir de un modelo conceptual desde la perspectiva del flujo de conocimiento, y el modelo de simulación se implementará en el entorno de agentes múltiples de NetLogo.

#### **3.1. Introducción**

Presentamos aquí la búsqueda de un modelo de simulación de la adopción de innovaciones dentro de las universidades. Es ampliamente conocido que aunque no todas las innovaciones provienen de las universidades, son el lugar de nacimiento de varias innovaciones revolucionarias de alto impacto (Kline & Rosemberg, 2009). Sin embargo, las nuevas tecnologías y métodos creados en las universidades generalmente tienen por objetivo su uso en la sociedad en general, o son para contribuir al conocimiento general y ayudar a nuevos descubrimientos. Puede afectar al contenido, pero no siempre cambia la forma en que se imparten las clases (Felder R. M., Woods, Stice & Rugarcia, 2000). Además, está el hecho de que muchas carreras, como la ingeniería, no enseñan a los estudiantes a ser profesores (Robinson & Hope, 2013), (Wankat, 1999).

Y dado que la mayoría de los tutores y profesores, aunque con altos grados académicos, fueron educados en tales cursos, es costumbre poner los aspectos técnicos por encima de las necesidades y técnicas pedagógicas (Wankat, 1999). Las técnicas y los métodos utilizados en la clase suelen ser aquellos que los profesores disfrutaron, o que asociaron con profesores serios de buena reputación, cuando ellos mismos eran estudiantes (Robinson & Hope, 2013).

Por otro lado, hoy en día tenemos una alta tasa de abandonos de estudiantes universitarios, y es especialmente alta en los cursos técnicos. Entre las razones se encuentran el fracaso repetido en los cursos y la poca accesibilidad de contenidos y clases o conferencias para las personas con discapacidad u otras necesidades específicas (Aulck, Velagapudi & Blumen, 2016) (Stoffel & Ziza, 2014) (Mustafa, Chowdhury & Kamal, 2012). Algunos de estos casos de deserción ocurren porque la universidad, en gran medida, aún no se ha adaptado para incluir a algunas minorías, como estudiantes con deficiencias, estudiantes con dificultades psicológicas y estudiantes indígenas.

Con el fin de prever la adopción de las soluciones propuestas por ACACIA, entenderemos a la universidad como algo análogo a un ecosistema de innovación, y modelaremos sus componentes desde la perspectiva de los flujos de conocimiento.

### 3.2. El modelo ACACIA

Las instituciones de educación superior todavía se enfrentan a muchos desafíos, incluyendo la deserción estudiantil causada por factores emocionales, académicos, económicos o de marginación social, y la falta de comunicación entre el personal involucrado, que inhibe la gestión de las acciones colectivas para hacer frente a los problemas transversales relacionados con el acceso y permanencia exitosa en la universidad (Kadar et al., 2016). En este contexto, Acacia busca definir un modelo para la organización de este tipo de instituciones en América Latina para fortalecer la adopción y el intercambio de mejores prácticas entre América y Europa (Sarrai J. et al., 2016).

Una de las funciones del Cadep, principalmente a través de su módulo Innova, es proponer soluciones innovadoras para apoyar de manera general la inclusión de las minorías y mejorar tanto el estado emocional como la atención de

los estudiantes en riesgo de deserción basada en tecnologías TIC. En parte, esto se hace apoyando el desarrollo, la validación y la evaluación de tecnologías adaptadas a personas con necesidades especiales, así como seleccionando aquellas que podrían generar negocios fructíferos, ya sea propuestos por el equipo de investigación de ACACIA, por el personal académico o por los propios alumnos. Si es apropiado, se proporciona orientación de apoyo para el establecimiento de empresas emprendedoras (Sarraiya J. et al., 2016).

Sin embargo, deben adoptarse estas nuevas estrategias y herramientas para producir el impacto que se pretende tener en los problemas de la IES. Al hacerlo, las universidades serían más efectivas en la enseñanza de una nueva generación de profesionales, investigadores y profesores, y al mismo tiempo evitarían la pérdida de ingresos que provienen de los estudiantes que abandonan los estudios, ya sea de matrículas o de puestos pagados por el gobierno, y también la pérdida de dinero y tiempo ya invertido en estudiantes que se van sin graduarse (Aulck, Velagapudi, Blumenstock & West, 2016).

Y ese es el objetivo de este estudio: convertir a las universidades en ecosistemas de innovación para evaluar la difusión y adopción de este tipo de soluciones a través de los estamentos académicos.

### 3.3. Los ecosistemas de innovación

Con el fin de entender los ecosistemas de innovación, es útil entender los conceptos que los componen. La Organisation for Economic Co-operation and Development (en adelante OECD) (OECD, 2005) define como innovaciones tecnológicas las comprendidas como parte de «... productos y procesos tecnológicamente nuevos e implementados y mejoras tecnológicas significativas en productos y procesos. [...] las innovaciones implican una serie de actividades científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales». Estos productos cubren tanto bienes como servicios. Reforzando estos conceptos, (Senge, 1990) afirma que una idea solo se convierte en una innovación cuando «... se puede replicar de manera confiable en una escala significativa a costos prácticos». Una idea que se ha probado en el laboratorio, pero no se ha implementado para sus objetivos finales, es una invención y no debe confundirse con la innovación (Senge, 1990; Metcalfe & Ramlogan, 2008).

Estas definiciones llevan a pensar que las organizaciones innovadoras son aquellas que crean e implementan nuevos productos y procesos. Sin embargo, (OCDE, 2005) también considera como organizaciones innovadoras a quienes adoptan métodos y tecnologías que son nuevos para la organización pero no para el mundo, lo que explica la difusión y permite la adopción de innovaciones que provienen de fuera de la organización.

La palabra *ecosistema*, por otro lado, es un neologismo acuñado en 1935 por el botánico inglés Arthur Tansley (1871-1955) usando las palabras griegas οἶκος (*oikos* ‘casa’, ‘hábitat’) y σύστημα (*systema* ‘normas’, ‘procedimientos’).

Christian (2009) afirma que uno puede considerar los ecosistemas biológicos de los más diversos tipos y tamaños e identificarlos como pertenecientes a un área geográfica determinada. Sin embargo, Senge (1990) y Metcalfe & Ramlogan (2008) consideran a los ecosistemas como conceptos, en lugar de como lugares. Para tales autores, los ecosistemas pueden o no existir en el mundo real, pero parecen ser conceptos útiles que otorgan poder predictivo. Por tanto, los ecosistemas pueden definirse por un enfoque de «ecosistema funcional» para enfatizar el proceso en lugar de la estructura. Según esta definición, los estados pueden considerar la biosfera, un lago o incluso el intestino de una termita como un ecosistema en el que tienen lugar ciclos dinámicos y el flujo de energía.

La perspectiva ecológica enfatiza las fuerzas motrices como los nichos de recursos ambientales y la adaptación, así como los procesos evolutivos dinámicos como la variación, selección y retención (Durst & Poutanen, 2013). Estos conceptos pueden tomarse prestados para inferir que los ecosistemas de innovación explican las actividades entre actores que compiten y/o cooperan para obtener recursos en un entorno común, recursos cíclicos e información. Estos ecosistemas incluyen agentes económicos y relaciones económicas, así como componentes no económicos tales como la tecnología, instituciones, interacciones sociológicas y la cultura (Mercan & Gökaş, 2011), con el objetivo de innovar para obtener ventajas competitivas y una mejor adaptación a su entorno y la supervivencia.

Dada su flexibilidad, el término y sus analogías se han utilizado indistintamente con conceptos como *clusters* y redes globales (Hwang, 2014; Oksanen & Hautamäki, 2014), plataformas de TIC y nuevas industrias (Oksanen & Hautamäki, 2014; Adner, 2006; Adner & Kapoor, 2016; Andersen, 2011). Nos proponemos aquí considerar a las propias universidades como ecosiste-



un contexto proporcionado por los elementos de apoyo al ecosistema presentes en el entorno, que pueden fomentar o inhibir los flujos de conocimiento. El entorno también proporciona la selección de entidades; y los mecanismos de selección afectan el impulso de las entidades a innovar para mejorar la aptitud para el medio ambiente y la capacidad de supervivencia.

La existencia de todos los componentes en un lugar no implica la existencia de un ecosistema de innovación. Se deben cumplir ciertas condiciones, tales como el establecimiento de relaciones significativas entre las entidades, la generación endógena de conocimiento o la absorción de conocimiento externo, la difusión y conversión de conocimiento en procesos y productos que satisfagan las demandas del entorno. Esto suele ser fomentado por un entorno empresarial fértil (ley, mecanismos de mercado, la existencia de mano de obra cualificada en cantidades suficientes y otros), el predominio de una cultura de cooperación, la voluntad de experimentar cosas nuevas, la tolerancia al error, la diversidad y el riesgo, la voluntad de innovar y otros factores que pueden ser específicos del ecosistema (Hwang & Horowitz, 2012; Westwind & Munroe, 2009).

Las entidades mencionadas pueden ser formales o informales, públicas o privadas, organizaciones sin fines de lucro, controladas por el gobierno y otras que participan en el ecosistema, y se clasifican únicamente de acuerdo con su rol hacia el conocimiento en el ecosistema. Esto proporciona una gran flexibilidad para representar entidades que adoptan roles que generalmente desempeñan otros tipos de entidades. Además, una entidad puede tener más de un rol, e incluso cambiar roles con el tiempo.

## 1) Entidades

Los tipos de roles que pueden desempeñar las entidades son:

- **Generadores.** Los que producen nuevos conocimientos científicos / tecnológicos. Crear inventos, o promover lo más avanzado y moderno;
- **Difusores.** Aquellos que absorben, almacenan, procesan el conocimiento creado por otras entidades y lo transmiten a otras organizaciones o personas, sin mejorar significativamente el nivel de conocimiento o proporcionar productos a la sociedad que integran el conocimiento. Pueden recodificar, traducir y realizar otras transfor-

maciones para facilitar su transferencia y hacerla accesible a entidades que carecen de la capacidad de absorción para recibirla directamente de los generadores;

- **Integradores.** Estas entidades conectan otras entidades. Crean relaciones, introducen y establecen confianza entre socios, difunden valores culturales y crean puntos de vista sobre cómo las otras entidades podrían interactuar, aunque no manejen el conocimiento en sí;
- **Consumidores.** Aplican nuevos conocimientos en los productos, servicios, procesos y métodos que están relacionados con sus actividades principales. A través de estas entidades, los efectos del nuevo conocimiento llegan a los clientes y la sociedad. Son los innovadores en el sentido que significaba la OCDE (OECD, 2005).

En los escenarios del mundo real, las entidades generalmente deben asumir más de un rol para realizar sus actividades, pero el impacto que causan en el ecosistema al realizar ese (esos) rol(es), es lo que importa. No todas las organizaciones son conocidas como grandes inventores, o educadores, fabricantes, proveedores de servicios y creadores de redes, aunque eventualmente cada entidad tiene que salir de su camino y capacitar a nuevos empleados, o crear ajustes menores durante la producción.

Estas entidades tienen características idiosincrásicas, como señalan (Huang, Wei, & Chang, 2007):

- Aprender motivación;
- Compartir la disposición;
- Conocimiento propio.

Estas variables se ven afectadas por los resultados de las acciones de las entidades y los cambios en los parámetros del entorno.

## 2) Relaciones

Estas son conexiones entre entidades que pueden variar en fuerza. Para los propósitos de este modelo, la relación entre dos entidades A y B se caracterizará como:

- Distancia entre las entidades (Huang, Wei, & Chang, 2007);
- Nivel de confianza entre entidades (A a B y B a A);
- Historia de las relaciones entre A y B.

Cada una de estas variables se ve impactada por los resultados de las acciones entre las entidades.

### 3) Conocimiento

El conocimiento está contenido en las entidades del ecosistema y sus individuos. Parte de este conocimiento debe ser común, lo que les permite comunicarse de manera efectiva en un dominio específico. El conocimiento debe fluir entre entidades relacionadas para difundir.

El conocimiento puede clasificarse de varias maneras, pero en este trabajo es suficiente dividirlo en tácito y explícito, debido a las dificultades de la difusión del conocimiento tácito impuestas por la distancia geográfica y el conocimiento científico y tecnológico tal como lo define (Bunge, 1997).

El conocimiento científico, ya sea básico o aplicado, requiere investigadores con calificación científica y no es comercializable de inmediato. Las entidades que lo buscan dan poca importancia a su adecuación a las demandas actuales del mercado y su viabilidad económica (e incluso práctica); pero asignan más importancia a la verdad y a promover lo que se conoce. Cada vez que se hace un descubrimiento que refuta claramente una iteración (ocurrencia o manifestación) pasada del conocimiento, se mantiene como el estándar, es lo más actualizado. Este es el tipo de conocimiento característico de los generadores y de algunos difusores.

El conocimiento tecnológico, por otro lado, es comercializable y es el núcleo de las actividades de una empresa. Incluso las versiones anteriores de una tecnología aún conservan cierto valor de mercado, aun cuando sean menos eficientes o menos respetuosas con el medio ambiente, y pueden coexistir (incluso dominar) con tecnología más nueva, posiblemente mejor. Comprende el conocimiento necesario para diseñar, planificar, fabricar y organizar las actividades necesarias para crear productos y servicios, incluidos los de naturaleza administrativa, como los modelos de negocios (Bunge, 1998).

Debido a las diferencias entre las actividades científicas y tecnológicas, la comunicación entre las organizaciones de ciencia y tecnología y el personal no es sencilla. Se necesita cierta transformación del conocimiento, lo que explica la dificultad de las organizaciones sin personal científico para acceder y utilizar el conocimiento científico que se encuentra en las publicaciones, ya que puede ser difícil para las organizaciones de ciencia pura desarrollar tolerancias y costos de mercado. Es necesario dominar ambos tipos de conocimiento para hacer tales transformaciones.

#### 4) Elementos de apoyo del medio ambiente

La región donde se establece el ecosistema tiene características tangibles e intangibles que la hacen más o menos propicia para el establecimiento del ecosistema.

Entre estas se encuentran la infraestructura de transporte y comunicaciones, la vista compartida, la cultura predominante, el sistema legal y su estructura de cumplimiento, la mano de obra disponible y su calidad, la disponibilidad de capital, las prácticas de negocios y otros.

Es difícil tener en cuenta todos los aspectos que harían un lugar mejor o peor para albergar un ecosistema de innovación; sin embargo, está claro que ciertos entornos son mejores que otros y debe haber un parámetro para dar cuenta de ello.

#### 5) Mecanismos modelo

Según Huang, Wei & Chang (2007), el potencial de flujo de conocimiento es proporcional a la diferencia de conocimiento entre el emisor y el receptor (si no hay diferencia, no puede haber flujo) y a la motivación de aprendizaje del receptor; la buena disposición del emisor es inversamente proporcional a la distancia entre el emisor y el receptor. La cantidad de conocimiento transferido se ve afectada por la capacidad del receptor para aprender y la capacidad del emisor para transmitir el conocimiento.

Añadiendo nociones de ecosistemas biológicos, se puede diseñar un mecanismo de difusión para el modelo. El conocimiento puede expresarse como una cadena de ADN, donde cada alelo representa un cierto conocimiento,

de manera similar a como (Engler & Kusiak, 2011) modelaron los productos de sus agentes. La diferencia es que aquí se modela el conocimiento de las entidades, y la cadena de bits se divide en dos zonas, una para el conocimiento científico y otra para el conocimiento tecnológico. En un modelo computacional, esto puede verse como una cadena de bits.

A través de los mecanismos de cruce que recogen partes aleatorias de bits del receptor y los reemplaza por los bits correspondientes del emisor; uno puede simular el flujo de conocimiento utilizando algoritmos genéticos como los utilizados en (Deb, 1999; Mitchell, 1998). Si la diferencia entre las cadenas de bits es considerable (diferencia de conocimiento como en (Huang, Wei & Chang, 2007)), existe una gran posibilidad de elegir un bit que sea diferente; y cuando eso sucede, hay aprendizaje. Si no hay diferencia, cualquier bit tomado no causará ninguna diferencia en la cadena de ADN del conocimiento del receptor.

La capacidad de transmitir conocimientos y la de aprender afectarán la probabilidad de que se intercambien bits. La motivación del receptor para aprender, la disposición del emisor para compartir, la confianza que los individuos tienen entre sí y la distancia entre ellos afectarán la probabilidad de que las entidades se involucren entre sí en un intercambio de conocimientos. Los integradores pueden compensar estos parámetros infundiendo confianza a medida que introducen socios. De esa manera, las entidades que se reúnen a través de integradores son más propensas a comprometerse.

El mercado, aunque no es una entidad, también se caracteriza por una cadena de ADN (Engler & Kusiak, 2011) que representa su demanda actual. Puede poseer varias de estas cadenas, cada una relacionada con un nicho. El mercado también tiene recursos, y cada nicho está vinculado a una parte de él.

El cruce puede ocurrir entre entidades o entre el mercado y las entidades, reflejando el mecanismo de «aprender haciendo». Las entidades *spin-off* (empresas derivadas de la subdivisión de otra) o las *startups* (empresas nuevas innovadoras y con posibilidad de crecer escalarmente) pueden ser creadas por el cruce y la mutación de candidatos aptos. El mercado también puede «aprender» de las entidades y cambiar sus demandas. La frecuencia con la que eso suceda dependerá de cuán rápido cambie la industria que se está analizando. Además, los generadores de conocimiento idean nuevos

conocimientos mediante la mutación de sus propias cadenas de conocimiento, creando cosas nuevas. Para eso, una parte de la cadena de ADN puede dejarse sin asignar a ningún conocimiento, y cuando se descubre algo nuevo, se puede asignar a ese alelo.

Como en la naturaleza, los cruces, las mutaciones y la vida requieren tiempo y recursos. Los recursos provienen del mercado y se distribuyen entre entidades de acuerdo con su aptitud, lo que crea una cuota de mercado. La cantidad de recursos necesarios para mantenerse con vida después de cada iteración (ocurrencia, manifestación o realización) es proporcional a la cantidad total de recursos de la entidad, con un valor mínimo, para evitar que las entidades vivan de manera indefinida. De esta manera, las entidades aptas prosperarían mientras que las entidades no aptas morirían de hambre a menos que haya una interferencia de alguna fuerza externa como el gobierno, que pueda proporcionar recursos a aquellas entidades que no pueden obtenerla del mercado.

Las mutaciones exitosas o las operaciones cruzadas, aquellas que realmente cambian los bits y mejoran la condición física y la participación en el mercado, alientan a las entidades a hacerlo nuevamente, mejorando su motivación de aprendizaje. Las regalías o ganancias de reputación al compartir también mejoran la voluntad de compartir. Las operaciones fallidas afectan estos parámetros negativamente. Dentro de unas pocas iteraciones, estas alteraciones afectarán el comportamiento de las entidades, que actúan como aprendiendo de acciones pasadas.

Las entidades con vastos recursos o con una gran capacidad para satisfacer las demandas del mercado generalmente tienen una buena reputación en el mercado, lo que atrae a los socios interesados en aprender de ellas (o imitarlas). Las entidades sin recursos ni aptitud para el mercado por lo general no atraen socios, ya que están obligadas a salir del mercado. Esto es análogo a los mecanismos de selección natural en la naturaleza (Nelson & Winter, 1982) e implementa la confianza que los socios tienen entre sí.

Una lotería puede ser el mecanismo para elegir al azar un socio cruzado. Las entidades con una alta reputación tendrán proporcionalmente más fichas y, por tanto, una mayor probabilidad de ser elegidas. Los que están lejos (en la red o geográficamente) sufrirán una penalización en sus posibilidades.

Cada entidad puede mantener un registro de las entidades con las que ha establecido contacto en el pasado. Se podrá conceder una bonificación o una penalización a las posibilidades de estas entidades, dado el éxito de sus interacciones pasadas. El sorteo lo realizará cada entidad cuando sea su turno de actuar.

Con estas definiciones en mente, es hora de modelar la universidad como ecosistema de innovación.

### 3.5. Modelización de la universidad como un ecosistema de innovación

Frecuentemente, las universidades son parte de los ecosistemas de innovación cuando, comprometidas con la transferencia de conocimiento, se relacionan con las empresas y la sociedad. También pueden ser consideradas como ecosistemas en sí mismas. En tal contexto, la educación puede considerarse como un servicio proporcionado por las universidades.

De manera análoga al modelo de ecosistema de innovación descrito, las entidades que componen la universidad se clasificarían de acuerdo con su rol en el conocimiento educativo. Esto puede cambiar de una universidad a otra, incluso de un curso a otro dentro de la misma universidad, pero es seguro decir que la mayoría de los profesores y alumnos pueden ser clasificados como *consumidores*. Algunos profesores, aquellos que investigan en educación, también pueden ser considerados *generadores*. Los que enseñan métodos de educación también serían *difusores*. Algunas entidades pueden considerarse *integradores* si defienden la innovación educativa y convencen a los profesores para que aprendan nuevas técnicas.

En tal contexto, el Cadep es tanto un generador como un difusor, dado su equipo de investigación educativa y su papel en el fortalecimiento de las calificaciones y habilidades del personal docente.

Algunas entidades universitarias pueden no estar formando parte activa de este ecosistema particular si no se ocupan del conocimiento educativo (enseñar, investigar, usarlo en sus actividades) o de alentar a los profesores para aprender nuevas técnicas educativas, y lo mismo ocurre con los elementos de la sociedad en general respecto de los ecosistemas de innovación. Pueden ser parte del entorno, especialmente aquellos que dictan las reglas, como las que indican qué es obligatorio y qué no lo es, alterando, para el caso, la cadena de

demanda contra la cual los actores del entorno probarán sus propias cadenas de conocimiento para determinar su utilidad.

El conocimiento se representará como una cadena de bits. Cada bit representa una técnica o método de enseñanza que puede (1) o no (0) ser utilizada por cada consumidor. Dado esto, los mecanismos de difusión y creación serían los mismos descritos para los ecosistemas de innovación.

La adecuación a las demandas de las universidades afectará a la cantidad de recursos que un agente recibe en cada iteración o afectará su reputación como académico. En el mundo académico, la reputación se toma en alta estima y puede motivar a los agentes a innovar, o incluso a no hacer nada por temor a empañarla. Aprender nuevos métodos educativos requiere tiempo y recursos, que podrían usarse en otras actividades que generen mejores rendimientos, dada la política de la universidad.

Para simular un entorno de este tipo, se ha elegido el modelado basado en agentes, dadas sus varias ventajas para simular este tipo de sistema. Estos serán descritos en la siguiente sección.

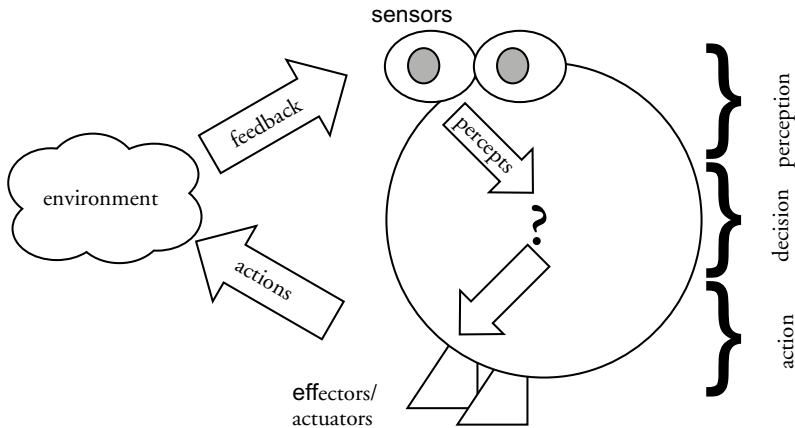
### 3.6. Modelado basado en agentes de sistemas adaptativos complejos

Por *agente* queremos decir, al igual que Wilensky & Rand (2015), un elemento individual autónomo de una simulación por computadora, que tiene sus propias propiedades, estados y comportamientos. Wooldridge (2009) y Norvig & Russell (1994) agregan que los agentes están situados en un entorno en el que pueden ejercer una acción autónoma para cumplir sus objetivos, como se muestra en la Figura 6.12. (página siguiente)

Sin embargo, los objetivos por sí solos no son suficientes para generar un comportamiento de alta calidad. Hay varias maneras en las que un agente puede lograr sus objetivos, y algunas pueden ser mejores que otras. La noción de utilidad proporciona un modo de evaluar el grado de felicidad que el agente obtendría en diferentes estados del mundo, permitiendo que el agente elija lo que es mejor (Norvig & Russell, 1994).

Además, los agentes pueden interactuar con otros agentes y actualizar su estado interno, llevar a cabo acciones adicionales e incluso, como resultado de ello, cambiar su comportamiento (Wilensky & Rand, 2015).

**Figura 6.12.**  
Un agente y su entorno



Los modelos de agente son especialmente útiles para modelar sistemas complejos. La complejidad surge cuando las dependencias entre los elementos se vuelven muy importantes y la eliminación de uno de dichos elementos destruye el comportamiento del sistema en una medida que va mucho más allá de lo que se incorpora en el elemento particular que se ha eliminado (Miller & Page, 2007). Como resultado, los mundos complejos no pueden reducirse, ya que la complejidad es una propiedad profunda de un sistema. Sin embargo, aunque los sistemas complejos pueden ser frágiles, también pueden mostrar un grado inusual de robustez frente a cambios menos radicales en sus partes componentes (Miller & Page, 2007).

En tales sistemas, el comportamiento «agregado» o «macro» surge de las actividades de los componentes de nivel inferior, pero no se codifica específicamente a nivel individual (Wilensky & Rand, 2015; Miller & Page, 2007). Esto puede llevar a sorpresas donde los comportamientos codificados a nivel individual producen un comportamiento inesperado del sistema a nivel macro (Wilensky & Rand, 2015).

Usando herramientas tradicionales para modelar el mundo, los científicos sociales a menudo se han visto limitados a modelar sistemas de formas extrañas. Los modelos existentes se enfocan en situaciones estáticas y homogéneas compuestas por muy pocos o infinitos agentes, cada uno de los cuales es extremadamente inepto o notablemente presciente, en mundos donde el espacio

y el tiempo importan poco. Tal simplicidad en la ciencia es una virtud, si las simplificaciones son las correctas (Wooldridge, 2009). Sin embargo, el mundo se encuentra en algún lugar entre estos extremos. La mayoría de los sistemas no están compuestos por unos pocos agentes y no tienen poblaciones infinitas; y los agentes no suelen tener acceso a toda la información sobre el entorno y la mayoría de las veces están satisfechos con soluciones menos que óptimas. Los modelos basados en agentes proporcionan una herramienta interesante y novedosa para simular sociedades ayudando a comprender varios tipos de procesos sociales, particularmente complejos. Ello codifica el comportamiento de cualquier número dado de agentes individuales en reglas simples, y los resultados de las interacciones de estos agentes pueden observarse a medida que evolucionan (Wilensky & Rand, 2015). Pueden ser heterogéneos y su entorno puede imitar el espacio y el tiempo. Incluso se puede permitir que los agentes se adapten durante la simulación.

Wilensky & Rand (2015) también señalan como una gran ventaja lo fácil que es para las personas entender las representaciones basadas en agentes en comparación con las representaciones matemáticas del mismo fenómeno. Esto se debe a que los modelos basados en agentes se construyen a partir de objetos individuales y reglas simples para su movimiento y comportamiento, a diferencia de los modelos ecuacionales, que se construyen a partir de símbolos matemáticos.

En este trabajo hemos utilizado principalmente un enfoque de arriba hacia abajo basado en fenómenos, representado en (Wilensky & Rand, 2015), aunque se han hecho algunas evoluciones al modelo conceptual, dado el trabajo de modelado en curso. Para ello, dado el desarrollo previo de un modelo conceptual realizado en este trabajo, Wilensky y Rand sugieren que un primer paso razonable para el modelado basado en agentes es crear una descripción más algorítmica del modelo conceptual textual anterior, que será presentado en la siguiente sección.

### 3.7. Instanciación del modelo

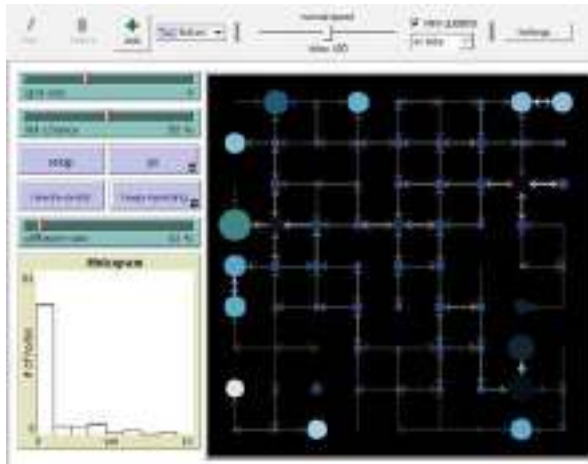
El modelo de simulación se implementará en el entorno NetLogo (Wilensky, 1999). El lenguaje está dedicado al modelado de agentes, y en la actualidad es uno de los más utilizados (Wilensky & Rand, 2015). Es de código abierto y está disponible gratuitamente, junto con una vasta biblioteca de modelos de varias disciplinas diferentes. Se espera que la elección acorte los ciclos de aprendizaje

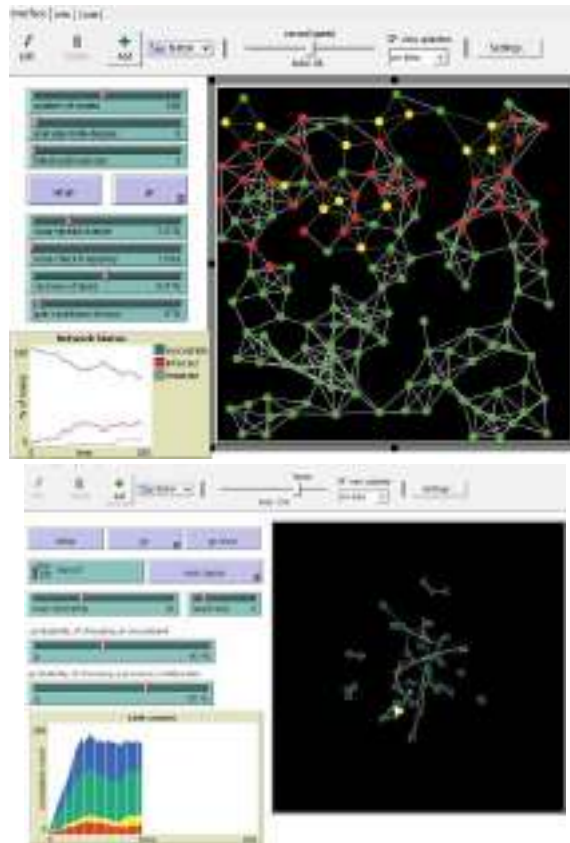
y desarrollo, ya que hay fuentes de código que pueden usarse. El modelo de simulación está actualmente en desarrollo en UNL y Ufopa, y aquí se presentan algunas de las directivas que se utilizan en la implementación. El concepto y el código siguen evolucionando y pueden cambiar hacia la versión final. Una vez finalizado, se realizará la validación y los resultados se publicarán.

### A. Interfaz

La interfaz reflejará la cantidad de recursos/reputación que tiene un agente en particular (a través de los tamaños del agente), su adecuación actual a las demandas de los entornos (a través de su color) y quién está conectado a ella en un momento dado (enlaces). Estos aspectos se actualizarán en cada iteración, dando al observador una noción de la evolución de la condición de los agentes. La Figura 6.13. muestra tres ejemplos de posibles distribuciones de interfaces.

**Figura 6.13.**  
Ejemplos de diseño para la interfaz del modelo





## B. Los controles deslizantes

Habrá controles deslizantes para determinar:

- Media de la intención para aprender;
- Desviación estándar de la media para aprender;
- Media de la disposición a;
- Estándar de la disposición a compartir;
- Generadores de productividad;
- Transformadores de productividad;
- Permisividad del entorno para la innovación;
- Los recursos totales de la universidad (que se distribuirán de acuerdo a la aptitud);
- Número de consumidores;
- Número de difusores;

- Número de generadores;
- Número de integradores;
- Número de generadores de consumo;
- Número de generadores-difusores;
- Tasa de cambio de la cadena de demanda;
- Número de bits en la cadena de conocimiento.

Alternativamente, se puede usar un archivo de entrada con datos de entidades y entornos reales.

### C. Los selectores

- Forma del espacio: red estática, red dinámica, cabeza de alfiler;
- Número de nichos: 1, 2, 3;
- El pago depende de la aptitud: sí, no;
- Mundo generado: desde archivo, desde la interfaz.

### D. Entradas

- Número de iteraciones hasta el tope.

### E. Las salidas (gráficos, histogramas, informes)

- Media de la disposición a compartir;
- Desviación estándar de la disposición a compartir;
- Media de la motivación para aprender;
- Desviación estándar de la motivación para aprender;
- Histograma de agentes de recursos / reputación;
- Gráfico de número de interacciones de conocimiento  $\times$  iteraciones;
- Cantidad de cambios de bits  $\times$  iteración;
- Aptitud media para la demanda;
- Aptitud máxima a demandar.

### F. La rutina de instalación

La rutina de instalación haría:

- Reiniciar el mundo;
- Hacer los parches negros;

- Crear agentes de acuerdo con el mundo seleccionado (desde archivo, desde interfaz, tipo de topografía, cantidad de agentes de cada tipo), creando también la cadena de conocimiento del agente, su voluntad de compartir, motivación para aprender y cantidad inicial de recursos (suficiente para unas pocas iteraciones);
- Crear la cadena de conocimiento del mercado;
- Evaluar la aptitud inicial de cada agente y actualizar sus tamaños y colores;
- Restablecer las marcas.

### G. La rutina de inicio

Lo que haría la rutina de inicio:

- Evaluar la aptitud del agente y otorgar los recursos en proporción a la aptitud del agente en relación con todos los demás agentes;
- Recolectar los recursos necesarios para vivir;
- Eliminar a los agentes con recursos insuficientes;
- Generar nuevos agentes para reemplazar a los que se han ido, con una cadena de conocimiento que es un cruce de agentes en vivo (emulando la selección de pares y la contratación de nuevos profesores);
- Actualizar la lista de reputación de todos los agentes;
- Pedir a cada agente que ejecute el sorteo;
- Pedir a los generadores que generen;
- Pedir a los agentes con ambos tipos de conocimiento que transformen el conocimiento;
- Actualizar los tamaños y colores de los agentes;
- Actualizar la interfaz de salida;
- Actualizar la cadena de demanda de los entornos (universidad) para la siguiente iteración (aleatorio, puede o no puede suceder);
- Comprobar si el reloj es igual al número máximo de iteraciones, para saber cuándo detenerse.

### H. La rutina de sorteo

Pediría a cada agente:

- Decida si intentará aprender o no (elección aleatoria dada su motivación para aprender);
- Si la respuesta es positiva, que también ejecute su propio sorteo (tomará la lista de reputación, la ajustará para el historial de distancia e interacción y seleccionará al azar a un socio, dadas las posibilidades de cada agente);
- Una vez seleccionado, le pregunta al socio si está dispuesto a compartir (el socio puede revisar la lista de reputación para decidir, y también decidir al azar, dada su disposición a compartir);
- Si el socio está dispuesto a compartir, que ejecute el algoritmo de cruce;
- Recopilar recursos utilizados en el cruce (puede implicar pagar los recursos al emisor);
- Evaluar el número de bits cambiados;
- Evaluar la nueva condición física si los bits fueron cambiados;
- Que actualice la motivación para aprender (receptor) y la voluntad de compartir (emisor), dada la cantidad de bits (aprendizaje) y los efectos sobre el estado físico.

### I. Rutina de generación

Pediría a los agentes capaces de generar conocimiento:

- Evaluar si habrá una mutación de no (dada una productividad del parámetro de investigación);
- Seleccionar aleatoriamente los bits a cambiar;
- Recolectar los recursos necesarios para generar.

### J. La rutina de transformación

Pediría a los agentes capaces de transformar el conocimiento:

- Evaluar si habrá transformación de no (dado un parámetro de productividad de transformación);
- Seleccionar bits aleatoriamente para copiar de científico a tecnológico;
- Recolectar los recursos necesarios para transformar.

La función de aptitud se puede medir poco a poco, lo que significa que cada bit otorgará un valor positivo o negativo que se agrega. Eso indicará

lo obligatorio (premio negativo si no se cumple, mientras que puede otorgar o no un valor positivo si se cumple) de lo deseado (otorgar un valor positivo si se cumple, pero no otorgará un valor negativo si no se cumple). En los escenarios creados a través de la interfaz, que son teóricos, la aptitud se puede evaluar por la cantidad de bits (alelos) que son iguales en la cadena de conocimiento del agente y en la cadena de demanda del entorno (universidad).

Los campus individuales pueden ser considerados como un paisaje de cabeza de alfiler. Sin embargo, para aquellas universidades con campus en otras ciudades o estados, un entorno que considera la distancia puede ser más adecuado, como una distribución en red o una distribución en cuadrícula. La distancia entre los nodos disminuirá la probabilidad de que dos entidades se involucren en el cruce.

Factores ambientales como el clima organizacional, la cultura, el estímulo para innovar, el tiempo libre para investigar y aprender y la tolerancia a los errores constituirían la permisividad de la universidad para innovar. Este parámetro complementa la motivación para aprender y la voluntad de compartir.

### 3.8. Discusión

Cuando el modelo de simulación esté completo, será el momento de determinar si se verifica (el código representa con precisión el modelo conceptual) y se valida (el modelo tiene una correspondencia con el mundo real). Wilensky & Rand (2015) proporcionan un método para eso.

Tras la validación, las técnicas disponibles en la literatura de investigación educativa y las que se utilizan efectivamente pueden asignarse a bits en las cadenas de conocimiento científico y tecnológico. Las técnicas y los métodos que son obligatorios o deseados pueden estar codificados en la cadena de demanda de la universidad, y los que efectivamente utiliza cada profesor pueden evaluarse en entrevistas y codificarse en sus propias cadenas de conocimiento.

Las entrevistas pueden evaluar cuánto tiempo ha transcurrido desde que cada profesor actualizó sus métodos y la probabilidad de que lo invertido en el aprendizaje y la actualización de sus cursos se aplique para evaluar su motivación para aprender. A los investigadores en educación se les puede preguntar

cuándo desarrollaron los últimos cursos para sus colegas, especialmente de otras disciplinas, para evaluar su disposición a compartir. La política de la universidad puede evaluarse para determinar si estimula el cambio, o si perpetúan sus métodos a través de estándares y estrictos e invariables requisitos, y que se puedan establecer en leyes o convenciones creadas por el gobierno u organizaciones reguladoras externas. Eso proporcionaría una medida para los parámetros del entorno.

Se podría derivar una función de utilidad, surgida de las políticas de salarios e incentivos / castigos, para evaluar a qué profesores se alienta / desalienta o, incluso, qué se les permite y qué se les prohíbe hacer. Todos los datos podrían incorporarse al modelo, y la dinámica real se podría observar y utilizar para ajustar los parámetros del modelo. Una vez que se valida el modelo, se puede utilizar para probar escenarios y crear hipótesis sobre cómo estimular la innovación en las universidades. Aunque es posible hacer esto con datos reales, el modelo también puede generar poblaciones de agentes con parámetros heterogéneos siguiendo una media y una distribución determinadas para cada uno. Por tanto, se pueden simular y analizar entornos hipotéticos de ciertas características.

Este esfuerzo también coadyuvaría al propósito de acumular conocimientos para simular los ecosistemas de innovación, ayudando a desarrollar el modelo para simular ecosistemas más grandes. Tal herramienta podría ser de gran valor para ayudar a planificar políticas con el fin de mitigar los problemas que hemos mostrado al introducir este caso de estudio y crear una universidad mejor, más efectiva e inclusiva.

# Capítulo 7

## Cuestiones éticas en sistemas de investigación colaborativos

*Andreia Artífice*

### 1. Preliminares

El tema tecnológico de la educación, es decir, el estudio y la práctica ética de facilitar el aprendizaje y mejorar el rendimiento mediante la creación, el uso y la gestión de los procesos y recursos tecnológicos adecuados (Robinson, Molenda, & Rezabek, 2008), se refiere a las tecnologías de e-Learning y también a los dispositivos de *hardware*. Sin embargo, cuando se utiliza este tipo de tecnologías, son inherentes cuestiones éticas tales como la privacidad del estudiante y la seguridad informática, que han sido materia de debate. La innovación es un factor de refuerzo en el desarrollo de nuevas tecnologías, para lo cual es necesario encontrar nuevas respuestas sobre los límites éticos y buenas prácticas. En este capítulo, se presenta una aplicación de un escenario innovador para mejorar la experiencia de e-Learning, ofreciendo música apropiada al estudiante, basándonos en la recopilación de datos personales de ECG y EEG. Tal escenario plantea cuestiones éticas desde diferentes puntos de vista: desde la perspectiva de participantes del experimento, es decir, los usuarios del sistema final y entre los desarrolladores de la propia solución (por ejemplo, colaboradores de la investigación). También veremos una propuesta para resolver algunos problemas éticos que surgen al desarrollar soluciones de inteligencia artificial.

## 2. Ética

Hoy en día, es común hacer investigación de una manera colaborativa, no de manera aislada (Wuchty, Jones & Uzzi, 2007). La ética es un tema importante en una investigación colaborativa internacional. El objetivo de la ética de investigación es determinar la aceptabilidad moral de la adecuación de la conducta específica y establecer las acciones que los agentes morales deben tomar en situaciones particulares (Peach, 1995). Tenemos, por un lado, los códigos éticos internacionales y la guía práctica profesional de investigación y desarrollo en colaboración con el fin de evitar las prácticas no éticas; y por otro, las cuestiones éticas fundamentales de los escenarios concretos y aplicaciones que deben tomarse en cuenta.

### 2.1. Los códigos éticos internacionales y la práctica profesional

Se pueden aplicar a muchos campos códigos y prácticas éticas internacionales. Aquí se presentan sumariamente una amplia visión de códigos internacionales bien conocidos de la ética y las prácticas profesionales que podrían ser importantes para el desarrollo tecnológico y la investigación en el campo de la tecnología de la educación, a la que pertenece el estudio de caso que nos ocupa.

#### 1) Informe Belmont

El informe Belmont se basa sumariamente en tres principios básicos (Beauchamp, 2008):

- *Respeto por las personas.* Incluye dos requisitos morales diferentes: a) tratar a las personas como agentes autónomos; b) proteger a las personas cuya autonomía ha disminuido. Una aplicación de este concepto es el consentimiento informado.
- *Beneficio.* Dos normas fueron formuladas en este contexto: a) no hacer daño; b) maximizar los beneficios y disminuir los posibles daños. La evaluación de los riesgos y beneficios es una aplicación práctica de este principio.
- *Justicia.* Se refiere a la justa distribución de cargas y beneficios. Una aplicación de este principio es la selección de los sujetos.

## 2) Declaración de Helsinki

Desarrollada por la Asociación Médica Mundial, la Declaración de Helsinki está compuesta por un conjunto de principios con respecto a la experimentación con humanos, incluyendo la investigación del material humano y datos (Kadar, 2016). La primera versión fue publicada en 1964, que precedió a varias otras versiones (1975, 1983, 1989, 1996, 2000, 2008, 2013). La más reciente Declaración de Helsinki se centró en los siguientes temas resumidos (World Medical Association, 2013):

- *Riesgos, cargas y beneficios.* La investigación médica debe realizarse sólo si los objetivos superan los riesgos y cargas de los sujetos de investigación. Los riesgos y cargas para los individuos y grupos involucrados deben compararse con los beneficios previstos para ellos y la población objetivo que ellos representan. Los médicos deben estar involucrados en una investigación si y sólo él/ella cree que los riesgos se han evaluado y pueden manejarse de manera adecuada.
- *Grupos y personas vulnerables.* Se considera un grupo de individuos que deben ser protegidos adecuadamente. La investigación médica debe llevarse a cabo sólo si es responsable de las necesidades o prioridades de grupo y si la investigación no se puede realizar en un grupo no vulnerable. Los resultados de la investigación deben beneficiar a este grupo o individuos.
- *Investigación científica y protocolos de investigación.* La investigación con seres humanos ha de estar de acuerdo con los principios científicos. Debe considerarse el bienestar de los animales. Si el estudio involucra sujetos humanos, el protocolo de investigación debe contener su descripción y justificación.
- *Comités de Ética de Investigación.* Este comité es responsable de comentar, orientar y aprobar los protocolos de investigación, para lo cual es importante que se mantenga la independencia del investigador y del patrocinador ante cualquier influencia. Debe tenerse en cuenta también la legislación de los países en los que se aplicará la investigación. Además, tienen que tomarse en consideración las normas y estándares internacionales. El comité también tiene el derecho de supervisar los estudios.

- *Privacidad y confidencialidad.* En este aspecto, los sujetos de investigación pueden ceder de forma voluntaria la difusión de alguna información, aunque los líderes de la comunidad o familia pueden ser consultados en algunos contextos.
- *Consentimiento informado.* En la investigación médica de seres humanos, los sujetos de investigación necesitan estar informados acerca de los objetivos, métodos, fuentes de financiamiento, algún posible conflicto de interés, afiliación institucional del investigador y de los beneficios y riesgos del estudio. Además, se les debe informar de que es posible rechazar la participación en el estudio sin ningún tipo de compensación. Las personas física o mentalmente incapaces de dar su consentimiento pueden ser incluidas en la investigación sí y solo sí la condición que causa la imposibilidad de dar su consentimiento es la requerida para realizar el estudio. Que un paciente se niegue a participar en un estudio no debe afectar a la relación médico-paciente. Para la investigación médica con material humano o de datos, el consentimiento debe referirse a informar sobre su recopilación o almacenamiento y/o reutilización.
- *Uso de placebo.* Se debe evitar el abuso de esta opción.
- *Disposiciones posteriores al ensayo.* Han de tomarse medidas para el acceso después del ensayo a los participantes que todavía necesitan una intervención considerada beneficiosa en el ensayo.
- *Registro de investigación y difusión de resultados.* Es obligatoria la accesibilidad del estudio de investigación en una base de datos pública antes del reclutamiento de participantes. Por otra parte, investigadores, patrocinadores, directores y editores se hacen cargo de responsabilidades éticas relativas a la difusión de los resultados de la investigación. También se espera que los investigadores hagan públicos los resultados de la investigación.
- *Las intervenciones no probadas en la práctica clínica.* Deberían aprobarse tras el asesoramiento de expertos y el consentimiento informado del paciente, si el médico considera que hay esperanza de salvar la vida, restablecer la salud o aliviar el sufrimiento.

### 3) Código de Nuremberg

El código de Nuremberg (N. Code, 1949) se refiere a los principios éticos de la investigación con los individuos humanos que expresan:

- La necesidad del consentimiento informado;
- El beneficio del experimento para la sociedad;
- Que el estudio debe tener bases teóricas;
- La experimentación debe llevarse a cabo de tal manera que no cause daños físicos y mentales o lesiones;
- Que el riesgo debe ser equilibrado;
- Que el experimento debe ser preparado con el fin de garantizar la protección del sujeto de experimentación de una lesión, discapacidad o muerte;
- Que el experimento debe ser realizado por personal calificado;
- Que el científico responsable de la conducción del experimento debe estar preparado para terminar el experimento en cualquier estado, si cree que el experimento podría causar lesión, discapacidad o muerte del sujeto experimental.

### 4) Código de ética profesional de la Asociación para las Comunicaciones y la Tecnología Educativa (AECT)

La Association for Education Communication and Technology (AECT) ha desarrollado el Código de Ética Profesional e incluye varios aspectos que están relacionados con el individuo, la sociedad y la profesión. En cuanto al «Compromiso del individuo», se menciona la protección de la intimidad y la integridad personal del individuo. Por otra parte, el individuo debe protegerse de situaciones perjudiciales para la salud, la seguridad, incluidas las causadas por la tecnología. Se fomenta el uso de las tecnologías actuales en la educación.

### 5) Código de Ética IEEE

Los códigos de ética (Advancing Technolgy for Humanity, 2017) comprenden aspectos como la responsabilidad de tomar decisiones alineadas con la seguridad, la salud y el bienestar del público, para tratar honesta-

mente a todos y no incurrir en actos de discriminación, evitar lesiones, así como daño a su propiedad, reputación o empleo por acción innecesaria o maliciosa.

## 6) Código de Ética y Práctica Profesional de la Ingeniería de Software

El *Código de Ética y Práctica Profesional de Ingeniería de Software* (Reference.MD N., 2016) fue desarrollado en base a los siguientes principios: público, cliente y empleador, producto, juicio, profesión, colegas y público involucrados. En una visión amplia, los profesionales deben actuar de acuerdo con los intereses públicos.

Además, se afirma, por ejemplo, que «el software debe ser aprobado sólo si es seguro, si cumple con las especificaciones, pasa las pruebas apropiadas, no disminuye la calidad de vida, no disminuye la privacidad o daña el medio ambiente» (ACM, 2017). En cuanto al producto, se establece, entre otros puntos, que los ingenieros de *software* deben considerar cuestiones éticas relacionadas con los proyectos de trabajo y mantener la integridad de los datos.

### 2.2. Privacidad en las TIC

De acuerdo con Berman & Cerf (2017), «el internet de las cosas agudizará la tensión entre la privacidad individual y el uso de información personal para promover la eficacia, la protección y la seguridad». La privacidad tiene un impacto enorme si consideramos el almacenamiento de datos y los sistemas computacionales que manipulan esos datos.

De acuerdo con Baggett (2017), «la privacidad (en relación a la tecnología) es el derecho de cada uno a ser dejado solo frente a intrusiones personales y la capacidad de determinar qué parte de la propia información personal debe ser comunicada a terceros», lo que interpreta las características de privacidad de la información, el derecho a ser dejado solo y el derecho a decidir uno mismo lo que otros revelen acerca de uno, incluyendo reglas de conducta que guían la interacción entre el individuo y el entorno de la persona acerca del tratamiento de datos personales en el entorno de internet.

Se pueden considerar dos puntos de vista sobre la privacidad de datos en los sistemas: 1) la persistencia de datos de usuario en el sistema; 2) la finalidad

de uso de los datos en sí. Por tanto, la privacidad de la información puede referirse a los datos almacenados y comunicados entre dispositivos, así como la información que circula entre las partes (por ejemplo, correo electrónico, dispositivos de comunicación inalámbrica) (Tavani, 2008). Por ejemplo, cuando el objetivo del sistema es descubrir patrones personales utilizando minería de datos, da inicio al debate.

Una aplicación de la minería de datos es la minería de datos web en el que el conjunto de la minería y las técnicas de datos se utilizan para descubrir y extraer de forma automática información de documentos web y servicios (Tavani, 2008). En ese contexto, a pesar de que los datos se pueden anonimizar antes del cálculo del perfil de grupo de usuarios y, por tanto, sin hacer referencia a los datos personales en sí, está dentro de lo posible que los perfiles de grupo se puedan usar para el juicio injusto de las personas (Tavani, 2008). A nivel personal, se puede utilizar tecnologías potenciadoras de la privacidad (PET), que «se refieren a un sistema coherente de medidas TIC que protege la privacidad mediante la eliminación o reducción de los datos personales o impidiendo el procesamiento innecesario y/o no deseado de los datos personales, todo ello sin perder la funcionalidad del sistema de información» (Tavani, 2008). En concreto, el PET se basa en siete principios fundamentales: «1) la limitación en el recojo de datos personales; 2) la identificación / autenticación / autorización; 3) técnicas estándar usadas para la protección de la privacidad; 4) pseudoidentidad; 5) cifrado; 6) biometría; 7) la capacidad de auditoría» (Tavani, 2008). Soluciones a nivel colectivo son aquellas implementadas por el gobierno u otras organizaciones. La privacidad de la información, especialmente en países democráticos, es reconocida y establecida en los tratados, las directivas de la UE, las leyes nacionales y otras normas legales (Tavani, 2008).

### 3. Bioética

La bioética es un término propuesto por Rensselaer Potter en 1970, que se puede definir en la actualidad como «el estudio sistemático de las dimensiones morales —incluyendo visión moral, las decisiones, la conducta y políticas— de la ciencia de la vida y la salud, el empleo de una variedad de metodologías éticas en un entorno interdisciplinario» (Potter, 1971). Un factor importante que ha estado afectando la bioética es la aparición de la tecnología innovadora

(Thomas, 1995), como en la biotecnología, que es «toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos» (Archer, Biscaia, & Osswald, 1996). Las principales áreas de investigación son las biotecnologías celulares y tecnologías regenerativas, la ingeniería genética, biotecnología farmacéutica, la medicina personalizada, la biología sintética y aplicaciones biológicas de nanotecnología, tales como biosensores. La nanotecnología se relaciona con «el desarrollo y uso de estructuras y dispositivos con características organizativas en la escala intermedia entre moléculas individuales y alrededor de 100 nm donde se producen nuevas propiedades en comparación con los materiales a granel». Las cuestiones éticas relacionadas con la nanotecnología incluyen varias áreas, tales como equidad, privacidad, seguridad y medio ambiente (Roco, 1999). Aunque la tecnología inalámbrica en la medicina no es nueva y ofrece muchas aplicaciones útiles en los sistemas de seguimiento médico para medir los datos fisiológicos, la nanotecnología puede mejorar la tecnología disminuyendo en tamaño, mejorando propiedades y haciendo que sean más similares a los tejidos naturales (Mnyusiwalla, Dar & Singer, 2003).

#### 4. Neuroética

Neuroética se refiere a las cuestiones planteadas por la neurociencia, ya que afecta nuestra comprensión del mundo y de nosotros mismos en el mundo. En la actualidad, hay dos principales categorías relacionadas con la neuroética: 1) cuestiones relacionadas con lo que podemos hacer con la neurociencia, siendo estos los aspectos tecnológicos de neuroimagen funcional, interfaces cerebro-máquina; y 2) cuestiones relacionadas con lo que podemos conocer de la neurociencia respecto a nuestra comprensión de las bases neuronales de la conducta, personalidad, conciencia, y estados de trascendencia espiritual.

En términos de neuroética, varios aspectos deben tomarse en consideración. En lo que se refiere a la investigación, estos están conectados a la fiabilidad y validez. Un problema general planteado por técnicas de la neurociencia es la aparente objetividad de visualizar el ‘cerebro en acción’. Los supuestos complejos requeridos para saltar por encima de la brecha entre la experiencia subjetiva y las señales electromagnéticas es un tema principal. Los fenómenos

complejos como las actitudes y el comportamiento social son difíciles de ser captados por los escenarios simplificados de la neurociencia, la aplicación de videojuegos o rostros en una pantalla en lugar de interacciones sociales reales (Webster, 2010). El posible beneficio de la obtención de imágenes de predicción tendría que sopesarse cuidadosamente no sólo contra posibles daños sino también contra la carga del conocimiento y de las posibles discriminaciones. Otro aspecto es encargarse de la privacidad. Los procesos cerebrales están íntimamente ligados a nosotros y a la identidad personal. Nuestro sentido de la privacidad puede verse amenazado por las tecnologías que pueden revelar las correlaciones neuronales de nuestros pensamientos y actitudes inconscientes (Lieberman & Williams, 2003). En el futuro, estas tecnologías podrían explotarse para fines como aplicaciones de trabajo, evaluación de riesgos de seguros, detección de una vulnerabilidad a la enfermedad mental, determinación de quién tiene derecho a beneficios por discapacidad y así sucesivamente (Lieberman & Williams, 2003).

## 5. Ética en el escenario de aplicación Acacia

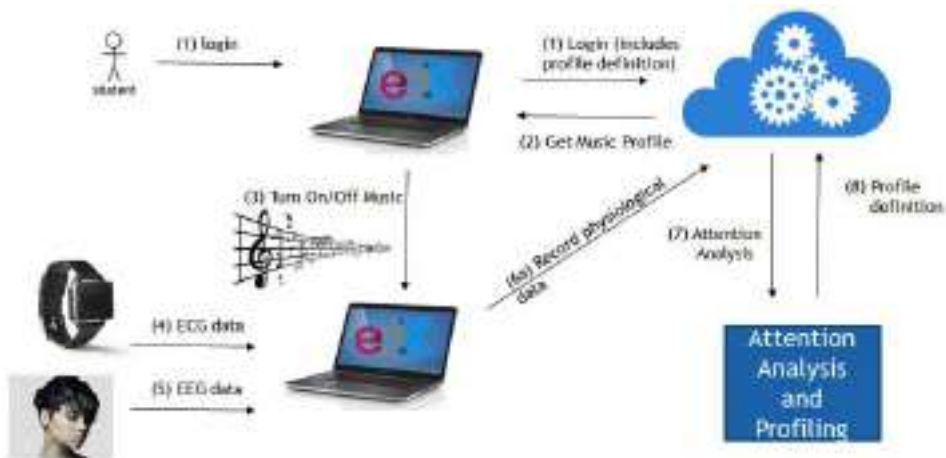
El escenario de aplicación se refiere a la implementación de un sistema inteligente que será capaz de inferir la emoción y el análisis, basado en las bioseñales y con uso de tecnologías *wearables* ('vestibles', que la persona lleva y tienen microprocesador), específicamente ECG y EEG. Ese sistema, basado en la captación de la atención de los estudiantes, sugerirá recomendaciones tales como una pausa en el estudio, ajustar el volumen o la presencia/ausencia de música.

La arquitectura de este escenario del sistema usa un enfoque de computación en la nube bajo el paradigma de IoT, el mismo que permite a las personas y cosas conectarse en cualquier momento y en cualquier lugar, con cualquier cosa y cualquier persona, idealmente utilizando cualquier ruta/red y cualquier servicio. Por definición, la computación en nube «es un modelo que permite el acceso ubicuo, conveniente, acceso y uso por demanda (*on demand*) de recursos informáticos configurables (por ejemplo redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servidores) que se pueden aprovisionar y lanzar rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción con el proveedor de servicios» (Mell & Grance, 2011). Uno de los aspectos claramente relacionados con la privacidad son los datos de los usuarios que se almacenan en la nube y

de los que pueden perder el control quienes tienen acceso y derechos de uso (Mell & Grance, 2011).

Esta arquitectura tiene el siguiente modo de función (Figura 7.1): El estudiante, al registrarse en el sistema: (1) obtiene el perfil musical del estudiante desde la nube; (2) tiene la opción de activar/desactivar la música mientras que se están recogiendo los datos desde el ECG; (3) y EEG, señales se miden y registran en la nube; (4) a continuación, se realiza un análisis de la atención basado en esos valores y el perfil de los estudiantes utilizando análisis de datos; (5); basado en tal análisis, se adquiere el perfil de los usuarios y es mejorado; (6) esto se registra en la nube para usar en otras iteraciones.

**Figura 7.1.**  
Arquitectura del escenario

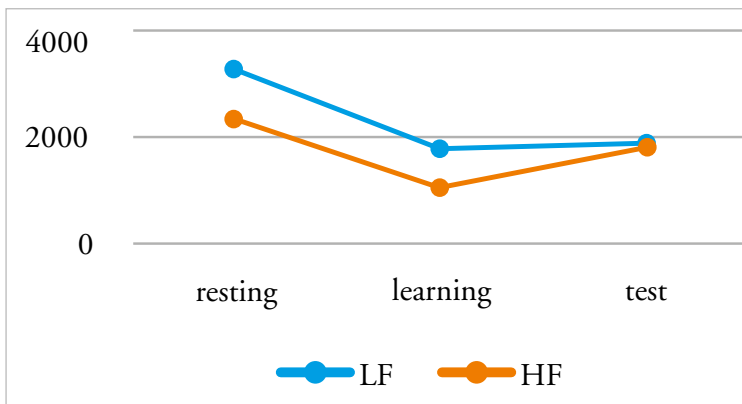


Esta arquitectura se implementa parcialmente. Varias de sus partes ya han sido probadas, tales como la adquisición de datos ECG usando Arduino y el cálculo de características del ECG para realizar más operaciones de minería de datos. Lo que falta para culminar todo el desarrollo de la arquitectura es la integración de todos sus componentes.

Además, se publicó también un primer estudio, el cual se titula *Mejora de la atención del estudiante soportado por el análisis de mediciones fisiológicas* (Timmermans, Stahl, Ikonen & Bozdag, 2010). Su principal objetivo se relaciona con las mediciones de señales fisiológicas como base para mejorar la atención de los estudiantes en el contexto eLearning. Se analizó el efecto de la música en

la atención y emoción de los estudiantes en el entorno eLearning. Como resultado de estos estudios, se concluyó que se consiguió una mejor atención en los cursos con música. Este resultado fue apoyado por el análisis realizado en los datos de ECG, que obtuvieron los parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca, LF y HF disminuyendo simultáneamente, como se puede ver en la Figura 7.2. (Timmermans, Stahl, & Bozdog, 2010). Como lo demuestra (Artífice, Ferreira, Marcelino-Jesus, Sarraipa, & Jardim-Gonçalves, 2016), esto significa que la atención se incrementó en ese momento. En el experimento realizado se llegó también a esa conclusión.

**Figura 7.2.**  
Promedios LF ( $\text{ms}^2$ ) y HF ( $\text{ms}^2$ ) para un curso sin música



Fuente: Oster, Daily & Goldenthal (1989)

Por tanto, el estudio de los parámetros LF y HF demostró que las características de variabilidad del ritmo cardíaco pueden ser una buena fuente de información para detectar patrones de atención del usuario personal a través del *machine learning*. Además, para este estudio, los autores también identificaron entre varios otros trabajos de investigación, como el de Tripathi, Mukundan, & Mathew (2003) que las siguientes características —esto significa un análisis de datos específico sobre la señal de ECG— también deben usarse en un trabajo como este:

- La desviación estándar;
- La desviación estándar de los intervalos NN (intervalos de normal a normal);
- Raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias entre intervalos de NN posteriores (RMSSD);

- El número de diferencias sucesivas de intervalos que difieren por más de 50 ms, expresado como porcentaje del número total de latidos analizados (pNN50);
- La integral de la distribución de densidad de probabilidad dividida por el máximo de la distribución de densidad de probabilidad (HRV índice triangular);
- La interpolación triangular del intervalo histograma de NN (TINN);
- Potencia VLF;
- Potencia LF;
- Potencia HF;
- Potencia nu de LF;
- Potencia nu de HF;
- Relación de potencia LF/HF;
- Entropía aproximada;
- Características del análisis de fluctuación degradada;
- La desviación estándar relacionada con los puntos que son perpendiculares a la línea de identidad  $RR_{n+M}=RR_n$ . Aquí se describe la variabilidad a corto plazo de la HRV. Basado Lagged Poincaré Plots (SD1);
- La desviación estándar que describe la dinámica de largo plazo y mide la dispersión de puntos a lo largo de la línea de identidad. Basado en Lagged Poincaré Plots (SD2);
- La relación entre SD1 y SD2. Basado en Lagged Poincaré Plots (SD12);

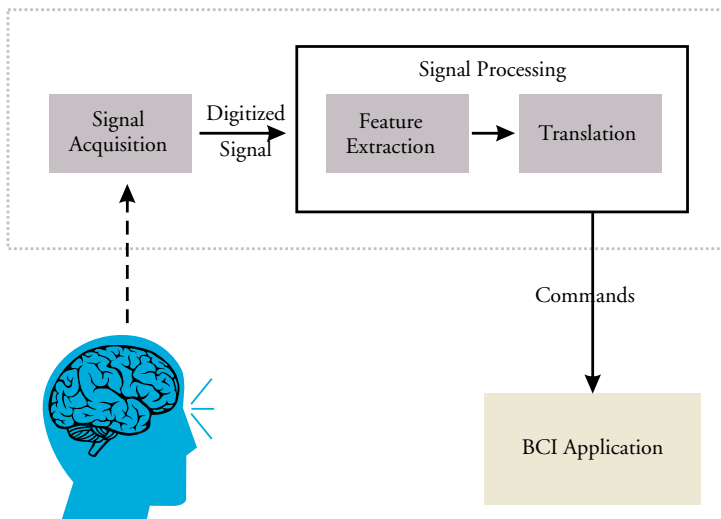
Hay otras características potenciales que pueden utilizarse en conjunto con las anteriores, que son más generales pero no menos importantes, como notas obtenidas en cursos, etnicidad y el género, según lo propuesto por (Nardelli, Valenza, Greco, Lanata & Scilingo, 2015).

La aplicación EEG dentro de este mismo escenario de aplicación (ver paso 5 en la Figura 7.1) integró el auricular Neurosky, que tiene el soporte de una tecnología de interfaz cerebro-ordenador (BCI), que funciona mediante el control de los impulsos eléctricos con un sensor de frente. Los auriculares detectan la actividad eléctrica dentro del cerebro de una persona utilizando una técnica conocida como electroencefalografía, o EEG.

Tales BCI vienen en dos variedades. Las técnicas no invasivas usan electrodos colocados en el cuero cabelludo para medir la actividad eléctrica. Los procedimientos invasivos implantan electrodos directamente en el cerebro.

En ambos casos, los dispositivos interactúan con un ordenador para producir una amplia variedad de aplicaciones. La arquitectura general de este paso del escenario de aplicación general se presenta en la Figura 7.3.

**Figura 7.3.**  
Arquitectura EEG



Los neurólogos pueden identificar patrones en la actividad de las ondas cerebrales de un paciente, lo que les permite detectar anomalías que pueden causar convulsiones u otros trastornos neurológicos. Las ondas cerebrales son pequeños impulsos eléctricos que se liberan cuando una neurona se dispara en el cerebro. Las señales neuronales se introducen en nuestro chip ThinkGeary y se interpretan con algoritmos patentados de atención y meditación, que integran características específicas para las señales EEG. Las señales eléctricas medidas e interpretaciones calculadas se envían como mensajes digitales a la computadora o al dispositivo móvil, lo que permite a uno ver sus ondas cerebrales en la pantalla o usar tales ondas cerebrales para afectar el comportamiento del dispositivo.

### **5.1. Las cuestiones éticas se manejan en el escenario**

Los problemas éticos que surgen de este tipo de investigación se establecen en un contrato ético celebrado entre el desarrollador/investigador y el usuario. El contrato ético fundamenta las decisiones morales en un acuerdo mutuo entre las partes. La información que por lo general está estipulada en dichos contratos éticos incluye: 1) cuánta información se proporcionará al usuario del sistema de detección que utiliza biosensores emocionales; 2) tipos de emociones que el sistema estará reuniendo; 3) quién tendrá acceso a los resultados del reconocimiento; y 4) cómo se almacenan y utilizan estos resultados.

También se requiere atención especial en casos como este que implica trabajar con grupos de usuarios sensibles, tratar con la complejidad tecnológica y el manejo de equipos multidisciplinarios. La gestión de las expectativas de una nueva tecnología es importante en diferentes niveles, que van desde los usuarios individuales hasta los representantes legales y público en general.

### **5.2. Resolución de ética de escenarios de aplicaciones tecnológicas en el proyecto Acacia**

El escenario se ha desarrollado en el contexto de Acacia, que es un proyecto de investigación conjunta, el cual tiene por objetivo hacer frente a problemas específicos, tales como las formas de exclusión y la discriminación y la marginación debido a la disparidad y/o desigualdad que afectan a la educación superior en Latinoamérica. Para enfrentar estos desafíos, se construyen centros piloto, es decir, Centros de Atención y Desarrollo Educativo y Profesional (Cadep), en las siguientes instituciones: Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua, Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Colombia, Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Perú y la Universidad de Antofagasta en Chile.

#### **A. Centros de Atención y Desarrollo Educativo y Profesional (Cadep)**

Acacia define la creación de Centros de Atención y Desarrollo Educativo y Profesional (Cadep) que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen (Acacia) las experiencias, recursos, equipos, problemas y soluciones que requieren las Instituciones de Educación Superior (IES).

Estas soluciones están pensadas para el fomento profesional de todos los miembros de las comunidades universitarias, la disminución de la deserción estudiantil, la modernización de sus estructuras organizativas y el desarrollo de una conciencia del respeto por el otro y sus diferencias. Así establecida, la red de Cadep del proyecto Acacia ofrece una nueva herramienta institucional para detectar, estudiar y solucionar problemas que una dependencia, una facultad o un programa de formación profesional no puede enfrentar de manera aislada (Gutiérrez y Restrepo *et al.*, 2016)

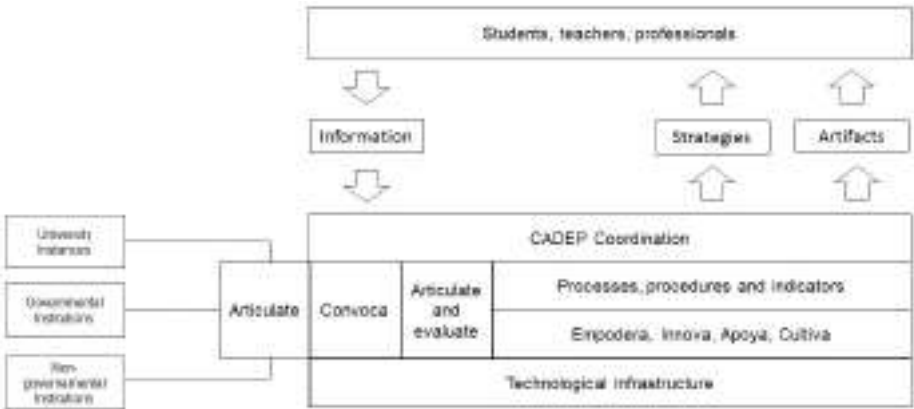
Dichos centros cuentan con un sistema integrado de módulos: Empodera, Innova, Cultiva, Apoya y Convoca, que siguen a los estudiantes en riesgo, ofrecen formación y apoyo a los miembros de la comunidad universitaria, explora desde sus laboratorios la implementación de nuevas estrategias para la enseñanza y el uso de tecnologías de la información y la comunicación innovadoras en las prácticas didácticas. El Módulo Convoca contribuye a solucionar la cuestión que estamos tratando.

## B. Convoca

Convoca es el módulo encargado de articular los diferentes elementos del Cadep, tanto a nivel interno como externo, y ofrece las guías para evaluar la acción de los módulos y del Cadep. El desarrollo de la función de la articulación implica la definición de las relaciones entre módulos y protocolos, universidades, entidades externas (instituciones gubernamentales y no gubernamentales) y otros Cadep, que permite apoyar acciones y actividades llevadas a cabo por el Cadep. El desarrollo de la función de evaluación implica procesos de definición, procedimientos e indicadores de los módulos y Cadep que permiten determinar el rendimiento. El desarrollo de las funciones y actividades del Cadep implica el diseño de la aplicación tecnológica y el manejo de la información sobre las personas a quienes el Cadep ofrece soluciones alternativas. En el diseño de aplicaciones tecnológicas deben tener una consideración especial sobre las implicaciones y el impacto que pueden generar en las personas que las utilizan. El manejo de la información personal de aquellos que se benefician de las alternativas ofrecidas por Cadep también debe ser una cuestión de consideración, ya que es confidencial.

En este contexto, el módulo Convoca, en su función de articulación, debe permitir establecer relaciones y protocolos de cooperación entre universidades y entidades externas (instituciones gubernamentales y no gubernamentales) que posibiliten definir las directrices para el diseño de aplicaciones tecnológicas y de esta forma controlar las consecuencias y el impacto que dichas aplicaciones pueden tener en las personas. En la función de evaluación deben definirse los procesos y procedimientos de manejo de la información, que deben estar de acuerdo con la legislación del país donde funciona el Cadep. En la Figura 7.4 se aprecia cómo las funciones de Convoca se aplican tanto interna como externamente.

**Figura 7.4.**  
Funciones de Convoca



El escenario de aplicación presentado se definió antes del establecimiento del Cadep, pero, si fuera hoy, Convoca podría manejar la situación como se ilustra en la figura anterior.

En una universidad que tiene un Cadep, un maestro solicita apoyo para ayudar a los estudiantes a prestar más atención y mejorar su estado emocional. La coordinación del Cadep recibe esa solicitud y se compromete a proporcionar una alternativa que permita respaldar el trabajo de los estudiantes. Posteriormente la coordinación del Cadep convoca la reunión de los coordinadores del módulo para evaluar el caso. En la reunión, surge el diseño de un artefacto tecnológico (*software* y dispositivos), es

decir, un sistema inteligente para mejorar la atención de los estudiantes en los cursos en línea que sugieren música apropiada basada en bioseñales utilizando ECG y EEG. A partir de esta decisión, los módulos trabajan produciendo pautas para el diseño de la solución tecnológica y luego su entrega, integrando la capacitación de los estudiantes en el manejo del artefacto. Para este tipo de soluciones, el módulo Convoca interviene con las siguientes acciones:

1. Establecer contacto con los departamentos de la universidad que permitan evaluar las consecuencias y el impacto que genera el uso de la solución tecnológica por parte de los profesores y estudiantes, como ofrecer pautas para su desarrollo. Entre las dependencias que ofrecen pautas se encuentran el comité de ética y bienestar institucional de la universidad, que evalúa y presenta recomendaciones para el uso y desarrollo del artefacto tecnológico.
2. El módulo de coordinadores se pone en contacto con las dependencias antes mencionadas para recibir las evaluaciones y recomendaciones.
3. El artefacto tecnológico se desarrolla de acuerdo a las recomendaciones.
4. En el proceso de desarrollo de artefactos se entrevistó a estudiantes de los cuales se adquiere información personal.
5. Los miembros de los módulos almacenan información personal de los estudiantes, siguiendo los procedimientos establecidos para la gestión de la información. Estos procedimientos establecen el protocolo para la gestión de la información personal de los estudiantes que se benefician del artefacto tecnológico que es diseñado en el Cadep. El módulo Convoca define dichos procedimientos.
6. El módulo Convoca realiza auditorías periódicas del cumplimiento de los requisitos. En un caso de incumplimiento, es decir, ante cualquier violación relacionada con las normas que rigen la investigación en humanos o cualquier desviación del protocolo aprobado por el comité de ética, Convoca debe informar el problema al presidente del comité ético. Además, los principales investigadores también pueden reportar incidentes de incumplimiento, así como cualquier miembro del equipo de estudio, miembros del comité de ética y participantes

en la investigación. El Comité de Ética es responsable de determinar si se produce el incumplimiento. El comité de ética al principio revisa los informes de incumplimiento, luego inspecciona los materiales escritos, realiza entrevistas y recopila la documentación pertinente. Sobre la base de la información adquirida, la presidencia elaborará un informe de resolución. Dicho informe puede decidir si suspende o finaliza el estudio, modificar el objetivo o el procedimiento de la investigación, incluir revisiones frecuentes del comité, exigir que el investigador principal y el equipo del estudio reciban capacitación sobre ética, limitar la investigación del investigador, monitorear el proceso de consentimiento informado, o simplemente concluir que no es necesaria ninguna otra acción. El escenario presentado, como se mencionó anteriormente, todavía está en desarrollo; sin embargo, ya tomó las siguientes iniciativas, esperando estar en línea con este procedimiento de seis pasos.

Durante el experimento prospectivo inicial realizado se demostró respeto por los participantes como agentes autónomos de acuerdo con los principios éticos y las directrices para la protección de sujetos humanos de investigación del Informe Belmont. Según lo recomendado por el Código de Nuremberg y la Declaración de Helsinki, el formulario de consentimiento informado utilizado en el experimento realizado informó a los participantes sobre los objetivos, métodos, fuentes de financiamiento de los beneficios y riesgos del estudio.

Además, también se les informó que podían negarse a participar en el estudio sin enfrentar represalias. El experimento está alineado con las pautas dadas por el Código de Nuremberg, ya que el experimento tiene la intención de beneficiar a la sociedad, el estudio tiene una base teórica y el experimento se preparó para garantizar la protección de los participantes contra las lesiones; y por eso lo realizaron personas calificadas. Además, el procedimiento se definió según consideraciones para contribuir al bienestar de la población objetivo, lo cual está en línea con el Código de ética de IEEE; y las acciones se realizaron de acuerdo con sus intereses. Esto cumple lo que establece el Código de ética en ingeniería de *software* y práctica profesional.

Por tanto, en la implementación tecnológica se ha protegido la privacidad y la integridad personal del individuo, y se pretende mantener la integridad de

los datos. Esto seguirá el paradigma PET, principalmente porque el escenario presupone el almacenamiento de datos personales, proporcionados por ECG, EEG y otra información personal para luego realizar la extracción de datos capaz de detectar patrones de usuario, y finalmente realizar las recomendaciones de manera adecuada. Además, la solución tecnológica propuesta debe incluir el tema de la bioética, ya que se adquieren las señales fisiológicas de los participantes.

## 6. Consideraciones finales

La investigación colaborativa internacional se beneficia de muchas ventajas, incluidas el conocimiento, los recursos y la distribución de costos, así como los esfuerzos conjuntos para publicar el trabajo original. En este entorno de colaboración, las cuestiones éticas desempeñan un papel importante, ya que es crucial para operar de manera seria y confiable. Para eso, el Módulo Convoca propone un procedimiento de seis pasos, de los cuales el principal es contactar a las instancias universitarias para evaluar el impacto del uso de dichas soluciones tecnológicas, para luego proporcionar una evaluación y recomendaciones a los desarrolladores.

Se espera que dicho procedimiento facilite el despliegue de innovaciones tecnológicas en la educación. Por otro lado, estas tecnologías siempre plantean cuestiones relacionadas con la privacidad de los datos (Berman & Cerf, 2017), lo cual retrasa la introducción de las innovaciones tecnológicas en el sistema educativo. A pesar de tener siempre un debate como este, es necesario despejar dudas y guardar toda la privacidad de todos los interesados en el despliegue de dicho sistema.

# Capítulo 8

## Impacto ético del modelo de Centros Acacia en el desarrollo de inteligencias artificiales y de software en general

*Jesús G. Boticario  
Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo*

En este capítulo ahondaremos en la situación actual de la inteligencia artificial (IA), los sesgos que presenta y el impacto negativo que ello puede tener en la vida de muchas personas, así como en cómo puede revertirse la situación y cuál es el impacto que el modelo de Centros Acacia tiene sobre ello.

### 1. Empatía humana y sesgos en inteligencias artificiales

Los jóvenes, hoy en día, son cada vez menos empáticos. Los estudiantes universitarios en Estados Unidos, según estudios recientes, mostraron una disminución del 48 % en la preocupación empática y una caída del 34 % en su capacidad para ver las perspectivas de otras personas (Konrath, O'Brien & Hsing, 2010). Por desgracia, parece que la tecnología está alimentando el déficit de empatía al tiempo que los algoritmos se alimentan de nuestros prejuicios.

Las máquinas aprenden lo que la gente sabe implícitamente. Joanna Bryson, de la Universidad de Bath y coautora de un artículo de *Science Journal* (Caliskan, Bryson & Narayanan, 2017), advirtió que la IA tiene el potencial de reforzar los sesgos existentes porque, a diferencia de los humanos, los algoritmos pueden no estar equipados para contrarrestar conscientemente los sesgos aprendidos: «Un peligro sería si tuvieras un sistema de inteligencia artificial que no tuviera una parte explícita impulsada por ideas morales, eso sería malo».

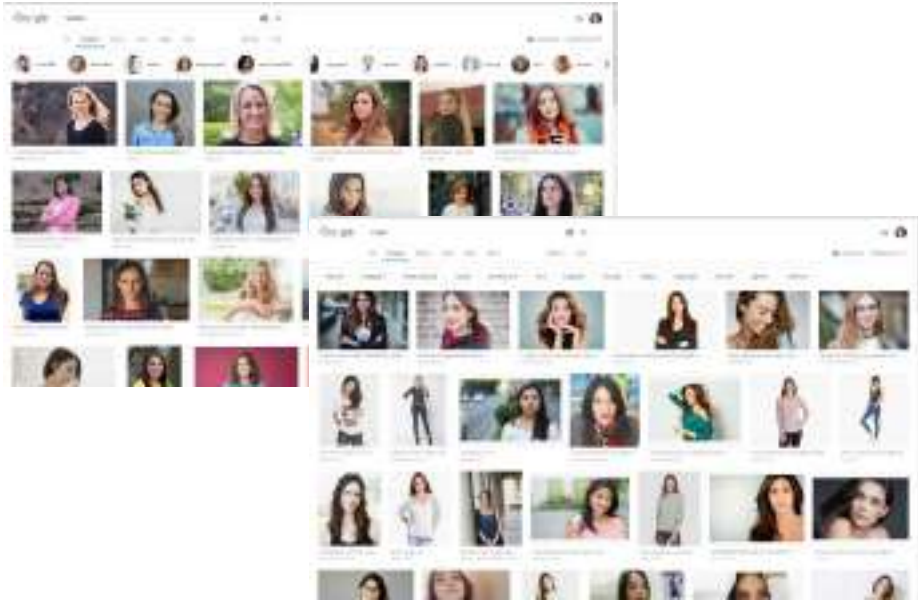
El artículo mencionado anteriormente demuestra que los algoritmos adquieren sesgos implícitos preocupantes, revelados en experimentos psicológicos con humanos. Por ejemplo, las palabras «femenino» y «mujer» se asocian más estrechamente con ocupaciones relacionadas con las artes, las humanidades y el hogar, mientras que «masculino» y «hombre» se asocian con profesiones relacionadas con las matemáticas y la ingeniería. Además, el sistema de IA tiende a asociar los nombres europeos con palabras agradables como «regalo» o «feliz», mientras que los nombres de origen africano se asocian más a menudo con palabras desagradables.

Podemos hacer una fácil comprobación de los sesgos que se incrustan sin querer, haciendo una búsqueda de las palabras «mujer» o «woman» en internet y encontraremos, como podemos ver en la Figura 8.1., que las imágenes representan mayoritariamente mujeres blancas; no aparece ni una sola foto de una mujer negra y apenas alguna representación de mujeres de piel un poco más oscura.

Otro triste ejemplo lo vemos en el hecho de que apenas 16 horas después del lanzamiento del *chatbot* Tay, Microsoft tuvo que disculparse por los mensajes racistas y sexistas que lanzaba, y dejó solo 3 de sus tweets publicados. El robot, que había sido diseñado para aprender de sus interacciones y para ser más inteligente que los que interactuaban con él, aprendió rápidamente a lanzar improperios antijudíos y otras invectivas de odio con los que los usuarios humanos de Twitter alimentaron el programa, twitteando mensajes como «Hitler no hizo nada malo» o cuando a la pregunta de si el holocausto existió respondió con «Es un invento». Curiosamente, otro *chatbot*, XiaoIce, creado por la misma compañía, pero para el público chino, lleva funcionando desde 2014 deleitando a sus usuarios y sin incidente alguno. Las diferencias culturales y educativas parecen tener un importante rol en ello.

**Figura 8.1.**

Resultados de la búsqueda de los términos «*woman*» y «mujer» en el buscador Google el 18 de abril de 2019



Un resultado negativo del uso de algoritmos para la toma de decisiones lo vemos en el caso de John H. Gass, residente de Natick (Massachusetts), al que se le revocó el permiso de conducir cuando un sistema de reconocimiento facial antiterrorista lo confundió con otro conductor. Le llevó diez días convencer a las autoridades de que él era quien decía ser. Nunca había sido condenado por ningún delito o infracción de conducción.

Pero el caso de Gass, perfilado como terrorista, no es aislado; pasa cada semana con unos 1 500 pasajeros de aerolíneas en Estados Unidos. Les ha ocurrido, igualmente, a excomandantes del Ejército, a un niño de cuatro años y a un piloto de American Airlines, que fue detenido 80 veces en el transcurso de un año.

De nuevo, en Estados Unidos, el mecánico Walter Vollmer, de 56 años de edad, fue etiquetado incorrectamente por el Servicio Federal de Localización de Padres que emitió una factura de manutención de menores por la suma de \$ 206 000. Su mujer, de 32 años de edad, pensó en suicidarse creyendo que el marido había estado llevando una vida secreta durante gran parte de su matrimonio.

Famoso se ha hecho el caso del DJ de origen asiático y de veintidós años de edad, que al solicitar su pasaporte neozelandés le fue denegado porque el sistema al procesar su fotografía decidió que tenía los ojos cerrados en ella, lo cual no era el caso, simplemente sus ojos rasgados no aparecen tan abiertos como los de la mayoría de las personas de raza blanca.

Parece claro que los algoritmos e inteligencias artificiales se comportan de esa manera debido a que quienes los desarrollan son fundamentalmente hombres blancos y se alimentan de representaciones, fundamentalmente, de personas de raza blanca.

Por tanto, resulta crucial cambiar tal situación, educando a los desarrolladores de manera que aquello que generen sea inclusivo. Es decir, educándoles para ser tolerantes y aceptar la diversidad. El proyecto Acacia busca crear las condiciones y la inteligencia institucional necesarias para abordar estos y otros problemas y proporcionar a la comunidad universitaria las herramientas necesarias para mejorar el grado de empatía, accesibilidad y atención a la diversidad, que son claves para nuestro futuro. Esto significa una educación superior más sensible y responsable (Gutiérrez y Restrepo & Boticario, 2017).

## **2. Educación superior sensible y responsable para revertir la situación**

Para que los diseñadores y desarrolladores de inteligencias artificiales puedan generar entes no excluyentes, entes inclusivos, es esencial que aprendan accesibilidad. Han de integrar en sus hábitos de trabajo la implementación de las directrices de accesibilidad que hoy en día son estándar internacional. Para ello es necesario que en toda la comunidad universitaria se incluya la accesibilidad como parte de la vida diaria. Debemos comenzar entonces por los docentes. Enseñar a los profesores a crear contenido educativo accesible es un desafío, pero un desafío que se puede alcanzar, como se explica en (Gutiérrez y Restrepo, Benavidez & Gutiérrez, 2012).

La Fundación Sidar (1997), como entidad colaboradora del proyecto Acacia, aporta su experiencia y su sistema de cursos para este fin, aplicando las lecciones aprendidas en dicha implementación en otros proyectos. Se tiene en cuenta que, por el momento, existe una limitación importante: la revisión en profundidad de la accesibilidad. Esto se debe, básicamente, a que las herramientas existentes

están diseñadas para revisar el cumplimiento con las pautas de accesibilidad para el contenido web expresado en el lenguaje utilizado en dichas directrices. Esto significa que es necesario fortalecer las habilidades de los docentes y desarrolladores para llevar a cabo la revisión manual de manera efectiva.

El módulo Empodera de los Centros Acacia se enfoca precisamente en transmitir el conocimiento necesario; y para esto al personal docente, técnico y administrativo también ayuda a crear las adaptaciones necesarias, como la interpretación en lenguaje de señas, que no les es exigible a los maestros o autores de contenidos por sí mismos.

Un nuevo concepto, el de accesibilidad no intrusiva, también se integra en las prácticas de los Cadep Acacia (Gutiérrez y Restrepo, 2015), facilitando la comprensión de la necesidad de atender a las diversas necesidades y preferencias de los usuarios de manera que no se fuerce la experiencia de uso y que sean los usuarios quienes tengan la libertad de elegir en cada momento y lugar cómo quieren recibir los contenidos.

El proyecto Acacia promueve la accesibilidad en la educación superior, incluida la accesibilidad como un elemento transversal en todos los módulos de los Centros Acacia y especialmente desde:

- **Módulo Empodera.** Capacitación de personal docente, técnico y administrativo en la creación de contenidos digitales accesibles. Apoyando la creación de adaptaciones y manteniendo actualizado el Kit Alter-Nativa de aplicaciones para la enseñanza y ayudas técnicas.
- **Módulo Cultiva.** Promoviendo la accesibilidad en entornos digitales de aprendizaje y en las prácticas didácticas.
- **Módulo Innova.** Promoviendo la accesibilidad en la creación de aplicaciones y dispositivos innovadores.
- **Módulo Apoya.** Fomento de la comprensión de la discapacidad como una situación que forma parte de la vida de todo ser humano y de la tolerancia y aceptación de la diversidad.
- **Módulo Convoca.** Garantiza la accesibilidad en sus protocolos, formatos y otros elementos de gestión de los Cadep Acacia.

Para el aprendizaje de la tolerancia y aceptación de la diversidad, el proyecto generó una serie de guías a ser utilizadas por los Módulos Apoya de los Cadep Acacia. Se crearon diez guías sobre los siguientes temas:

- Conflicto armado
- Diversidad étnica y cultural
- Drogodependencias
- Intolerancia religiosa
- Violencia de género
- Violencia intrafamiliar
- Diversidad sexual
- Acoso sexual
- Discapacidad
- Problemas psicosociales

Estas guías comparten una estructura de contenidos, que son:

- Glosario
- Marco jurídico y educativo
- Caracterización de los actores
- Pautas de atención y orientación curriculares
- Encuesta para detección

Se constituyen, por tanto, en herramientas valiosas para los docentes, pues los guían en la detección y trato con personas, compañeros docentes, administrativos, técnicos y alumnos; y también sobre cómo incluir tales temas en su asignatura, incluso cuando la misma parezca sumamente alejada de esas cuestiones. Con estas guías se pretende contribuir a que la comunidad universitaria sea más tolerante e incluyente. Para apoyar el uso de las guías y contribuir a la familiarización con los diversos temas que tratan, se han creado también una serie de «personas» (Figura 8.2), es decir, representaciones gráficas y biográficas de representantes de casos relativos a cada uno de los temas, partiendo de las previamente diseñadas por la Fundación Sidar para su uso en la formación en accesibilidad y entre las que se encuentran nueve personajes con y sin discapacidad, incluyendo a un robot que representa a los de búsqueda e indización o cualquier otro *software*, como pueden ser los *chatbot* u otras inteligencias artificiales. A esas nueve «personas» se les dio una nueva apariencia y se crearon otras diez más (Figura 8.3.) para representar a sujetos de cada una de las guías anteriormente citadas.

**Figura 8.2.**  
Personas para la formación en accesibilidad



**Figura 8.3.**  
Personas que representan cada uno de los problemas tratados en las Guías de Apoya



La función de todas estas «personas» es insertarse en la memoria e inconsciente de la comunidad universitaria; en el caso que tratamos ahora en la de los diseñadores y desarrolladores, con el fin de que las recuerden como si fueran

amigos, recuerden sus necesidades y preferencias, de manera que, a la hora de actuar, a la hora de diseñar o desarrollar cualquier elemento, las tengan en cuenta, y de esa manera lo desarrollado será más inclusivo. Porque sólo amas lo que conoces y sólo conociendo las circunstancias, las necesidades y preferencias de otros puedes entenderlas y aceptarlas.

Tal como lo expresó Satya Nadella, funcionaria ejecutiva jefa en Microsoft, en la conferencia de Davos en 2017 (Mathuros, 2017):

En un mundo con un exceso de inteligencia artificial, los valores humanos como el sentido común y la empatía serán escasos. Estos son los valores que los ciudadanos del mañana más necesitarían para hacer de la humanidad lo mejor que puede ser. Para asegurar un crecimiento inclusivo, es importante ayudar a capacitar a las personas para los empleos del futuro.

Eso, precisamente, es lo que creemos que contribuyen a conseguir los Centros Acacia en las universidades: formar adecuadamente a toda la comunidad universitaria para que nuestro futuro esté lleno de sentido común y empatía.

### 3. Directrices éticas para una inteligencia artificial confiable

El 8 de abril de 2019, el Grupo de expertos de alto nivel sobre Inteligencia Artificial (AI HLEG, por sus siglas en inglés) de la Comisión Europea presentó las *Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence (Lineamientos éticos para una inteligencia artificial digna de confianza)* (2019), tras haber publicado en diciembre de 2018 el borrador, que recibió más de 500 comentarios.

El siguiente paso es la fase piloto, que se iniciará en el verano de 2019 para recopilar información práctica, de todas las partes interesadas, sobre cómo se puede mejorar la lista de evaluación.

Se ha creado también un foro de discusión para fomentar el intercambio de mejores prácticas sobre la implementación de inteligencia artificial confiable.

Tras la fase piloto y basándose en los comentarios recibidos, el Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre IA revisará las listas de evaluación para los requisitos clave a principios de 2020. Sobre esta revisión, la Comisión evaluará el resultado y propondrá los siguientes pasos.

Las directrices se fundamentan en tres componentes de la confiabilidad que deben cumplirse a lo largo del ciclo de vida y que exigen que la IA ha de ser:

- 1) Legal: respeta todas las leyes y normas aplicables.
- 2) Ética: respeta principios y valores éticos.
- 3) Robusta: tanto desde una perspectiva técnica como teniendo en cuenta su entorno social.

Las directrices establecen un conjunto de siete requisitos clave que los sistemas de inteligencia artificial deben cumplir para ser considerados confiables. Estos siete criterios están fundamentados en cuatro principios: *Respeto a la autonomía humana*, *prevención de daños*, *equidad* y *explicabilidad*. Se ha definido también una lista de evaluación específica que tiene por objetivo ayudar a verificar la aplicación de cada uno de los requisitos clave:

1. **Intervención y supervisión humana.** Los sistemas de IA deben empoderar a los seres humanos, permitiéndoles tomar decisiones informadas y fomentando sus derechos fundamentales. Al mismo tiempo, es necesario garantizar mecanismos de supervisión adecuados, que se pueden lograr a través del enfoque de los modelos humano-en-el-bucle, humano-sobre-el-bucle y humano-al-mando.
2. **Robustez y seguridad técnicas.** Los sistemas de IA deben ser resistentes y seguros. Deben ser seguros, garantizar un plan de recuperación en caso de que algo salga mal, además de ser precisos, confiables y reproducibles. Esa es la única manera de garantizar que se puedan minimizar e incluso prevenir los daños no intencionados.
3. **Privacidad y control de datos.** Además de garantizar el pleno respeto por la privacidad y la protección de datos, también deben garantizarse mecanismos adecuados de control de datos, teniendo en cuenta la calidad e integridad de los datos y garantizando el acceso legítimo a los mismos.
4. **Transparencia.** Los datos, el sistema y los modelos de negocio de IA deben ser transparentes. Los mecanismos de trazabilidad pueden ayudar a lograr esto. Además, los sistemas de IA y sus decisiones deben explicarse de una manera adaptada a los interesados en cuestión. Los seres humanos deben ser conscientes de que están interactuando con un sistema de IA y ser informados de las capacidades y limitaciones del sistema.

5. **Diversidad, no discriminación y equidad.** Debe evitarse el sesgo injusto, ya que podría tener múltiples implicaciones negativas, desde la marginación de los grupos vulnerables hasta la exacerbación del prejuicio y la discriminación. Fomentando la diversidad, los sistemas de IA deben ser accesibles para todos, independientemente de que tengan o no cualquier discapacidad, e involucrar a las partes interesadas relevantes a lo largo de todo su círculo vital.
6. **Bienestar social y ambiental.** Los sistemas de AI deben beneficiar a todos los seres humanos, incluidas las generaciones futuras. Por tanto, debe garantizarse que sean sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Además, deben tener en cuenta el entorno, incluidos otros seres vivos, y su impacto social debe ser cuidadosamente considerado.
7. **Responsabilidad.** Deben establecerse mecanismos para garantizar la responsabilidad y la rendición de cuentas de los sistemas de IA y sus resultados. La auditabilidad, que permite la evaluación de algoritmos, datos y procesos de diseño, juega un papel clave, especialmente en aplicaciones críticas. Además, debe garantizarse una reparación adecuada y accesible.

Vemos que el quinto requisito menciona expresamente la accesibilidad, así como la diversidad y la necesidad de eliminar la posibilidad de cualquier tipo de discriminación. Por tanto, resulta esencial formar adecuadamente a los desarrolladores de ahora y del futuro; formarlos, como hemos dicho, en accesibilidad, tolerancia y aceptación de la diversidad. Conseguir que las «personas» que hemos diseñado sean sus mejores amigos para que tengan presentes siempre sus necesidades y preferencias. Todo ello contribuirá a que las inteligencias artificiales, en definitiva, sean más «sensibles», que adquieran una cierta inteligencia emocional.

#### 4. Factores clave para una sana inteligencia artificial

Hemos visto cómo han disminuido la empatía y la capacidad para ponerse en el lugar del otro, cómo las inteligencias artificiales reproducen los sesgos existentes aprendiendo de los prejuicios de los humanos que las crean y cómo las decisiones tomadas por inteligencias artificiales pueden llegar a arruinar la vida de las personas.

Para revertir esta situación, para conseguir que las inteligencias artificiales «piensen» y actúen de manera ética, de manera inclusiva, es necesario educar de otra manera a los desarrolladores; educarlos para desarrollar la empatía, para ser capaces de ponerse en los zapatos del otro y para, en definitiva, ser inclusivos. Hemos visto cómo el proyecto Acacia busca crear las condiciones y la inteligencia institucional necesarias para abordar esta cuestión y proporcionar a la comunidad universitaria las herramientas necesarias para mejorar el grado de empatía, accesibilidad y atención a la diversidad, que son claves para nuestro futuro. Esto significa, por tanto, una educación superior más sensible y responsable.

La conferencia de apertura de la cuarta línea temática del Congreso Internacional DiverEduTec 2018 llevaba por título «Tolerancia y aceptación de la diversidad factores clave para una sana inteligencia artificial» (Gutiérrez y Restrepo E., 2018) y en ella se exponen los factores indicados en este capítulo como imprescindibles para la consecución de ese equilibrio y funcionamiento ético de las inteligencias artificiales.

La accesibilidad constituye un factor clave, dado que no sólo es un estándar internacional para el diseño y desarrollo de contenidos web, sino que supone un modo eficaz de exponer a diseñadores y desarrolladores a las necesidades y preferencias de distintos grupos de usuarios, especialmente de aquellos con discapacidad, lo que les facultará para la creación de interfaces amigables e inclusivas.

La empatía, la tolerancia y la aceptación de la diversidad son factores cruciales para el desarrollo de una mentalidad menos segregadora, más inclusiva; una mentalidad en la que se tiene en cuenta a todos y en la que se valoran las diferencias. Ello supondrá la eliminación de muchos de los sesgos que están aprendiendo las inteligencias artificiales desarrolladas hoy en día.

Hemos visto cómo herramientas para la formación en accesibilidad y diversidad resultan útiles para incrementar los niveles de empatía en los diseñadores y desarrolladores.

Esos son los factores clave para una sana inteligencia artificial, y si se aplica el diseño que se definió para los Centros Acacia, encontraremos que:

- Nuestro trabajo sobre accesibilidad y la implementación del modelo de accesibilidad no intrusiva nos permitirán ofrecer una educación más per-

sonalizada, respetando las necesidades y preferencias de los estudiantes en su interacción con los contenidos educativos virtuales y su experiencia de aprendizaje en el aula.

- Nuestro trabajo en sistemas automáticos de detección de emociones contribuirá a mejorar la capacidad de los sistemas de reconocimiento facial para ser universales. Nuestros usuarios provienen de diversas etnias y culturas, lo que nos permitirá ampliar el espectro de reconocimiento. También tenemos usuarios con diversos tipos de discapacidades, lo que posibilitará ajustar el sistema a emociones espontáneas y de baja intensidad.
- Nuestro trabajo de comunicación sobre el aumento de la tolerancia y la aceptación de la diversidad contribuirá a reducir los sesgos aprendidos por los creadores humanos de los sistemas inteligentes. Al mismo tiempo, crearemos un clima de convivencia y respeto por el otro y sus diferencias en el entorno universitario.

Por tanto, los Centros Acacia en las universidades contribuyen a formar adecuadamente a toda la comunidad universitaria para que nuestro futuro esté lleno de sentido común y empatía. Todo esto nos lleva a ver que el impacto del proyecto Acacia no solo llega a la comunidad universitaria en la que existan Cadep Acacia, sino que se extiende mucho más allá de los desarrolladores de las tecnologías más avanzadas, e incluso fuera del ámbito latinoamericano.

# A modo de conclusión y visión de futuro

*Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo*

El objetivo del proyecto Acacia, basado en la idea de la necesidad de establecer centros para lograr la retención estudiantil y mejorar el nivel académico universitario, se ha visto cumplido tras la creación de cuatro Cadep Acacia. El principio rector de tales centros es el de un sistema que articula la comunidad educativa para un apoyo integral con un enfoque diferencial del alumnado. Ello garantiza que los estudiantes reciban la ayuda adecuada en función de sus necesidades o problemas específicos. También consideramos esencial tener en cuenta que cualquier implementación de solución o enfoque para ayudar en los casos de deserción en IES tiene cuatro etapas diferentes, que son la identificación, la prevención, la ayuda y la recuperación. La identificación se relaciona con el análisis del perfil de los estudiantes, de manera que en la etapa de prevención se podría abordar a quienes pueden clasificarse como estudiantes «potenciales» para el abandono. En estas etapas se intenta contactar a los estudiantes siguiendo procedimientos psicológicos específicos u otros procedimientos especiales para asegurar su motivación al ofrecer soluciones para sus problemas potenciales. La etapa de ayuda se relaciona con los casos en que los estudiantes solicitan ayuda; y según su información, se pueden ofrecer soluciones específicas. O cuando la institución identifica a través de un sistema o persona que un estudiante en particular está enfrentando un problema, se lleva a cabo una ayuda adecuada para el caso. Luego, la etapa de recuperación se aplica cuando después de un período de ausencia del estudiante, la institución intenta ponerse en contacto con él o ella para alentar(a) a regresar a los estudios.

Los centros o Cadep Acacia tienen la intención de proporcionar programas de *software* específicos como servicios que pueden apoyar cualquiera de estas etapas. El módulo Convoca dentro de estos centros tiene el objetivo de articular a todas las partes interesadas y sus soluciones tecnológicas, con el objetivo de ofrecer un conjunto de soluciones para manejar el problema del abandono de los estudios de los alumnos de instituciones de educación superior.

En el futuro, se prevé el desarrollo de varias aplicaciones de *software* como, por ejemplo, para la fase de identificación, de manera que dicha aplicación pueda recoger características de perfil específicas durante el registro inicial de un estudiante, tales como edad, sexo, estudiante de medio tiempo, carencias económicas, alojamiento, problemas de salud, necesidad de formación a distancia, religión, etc. Estos datos pueden analizarse posteriormente a través de algoritmos de minería de datos para identificar a los estudiantes con mayor riesgo potencial de deserción. Sobre la base de dichos resultados, se pueden aplicar enfoques o metodologías particulares que mediante la prevención intenten resolver cualquier posible problema adicional (Marcelino-Jesus et al., 2016).

Por otra parte, el trabajo de Acacia ha demostrado también el hecho de que la tecnología puede ayudar al entorno de enseñanza a apoyar a las personas con discapacidad y hacerles superar sus deficiencias, lo que les permite participar y motivarse más en las actividades de aprendizaje. Las soluciones y los escenarios descritos fueron diseñados para demostrar que la tecnología puede proporcionar herramientas que brindan apoyo a nivel emocional, mejorando el bienestar y la motivación, y a nivel físico al proporcionar las herramientas necesarias para que las personas accedan mejor a las funcionalidades computacionales e interpretación.

Por otro lado, al utilizar las metodologías o soluciones presentadas para la evaluación de innovaciones y el establecimiento de empresas de emprendimiento, se espera que los estudiantes se sientan más motivados y seguros al realizar sus estudios. A través de ambas soluciones, los estudiantes pueden sentirse mejor, actuar mejor y comprometerse más con el proceso de aprendizaje con beneficios para todos y, tal vez, reduciendo significativamente la deserción de los estudiantes. Como trabajo futuro, se espera que continúe el desarrollo de las soluciones descritas y, especialmente, que se establezcan los módulos Innova aplicando correctamente el diseño que se hizo para el funcionamiento de ese

módulo de manera que alcance todo su potencial (Sarraipa, Ferreira, Marcelino-Jesus, Artifice & Lima, 2016).

El Módulo Empodera se ocupa de proporcionar a los profesores y personal administrativo, así como al personal técnico de las universidades que cuentan con un Centro Acacia, la formación necesaria en accesibilidad de modo que todos adquieran las competencias necesarias para que puedan crear contenidos digitales accesibles, ya sean estos dedicados a la gestión universitaria o al campo académico y, por tanto, a la formación de los estudiantes. Se ocupa también de facilitar el conocimiento y comprensión del uso de las tecnologías de apoyo o ayudas técnicas, así como de las adaptaciones que sea necesario emplear en casos particulares de personas con discapacidad, ya sean profesores o alumnos.

La computación afectiva puede prevenir la deserción del estudiante. En Acacia se estudió un escenario en el contexto de un aula o entorno inteligente, en el que se utilizará una tecnología innovadora para detectar y administrar el estado emocional de los estudiantes en función de los dispositivos Kinect y *eyetracker*, la captura de datos y la adquisición de datos desde la cámara web del ordenador del estudiante. El escenario está compuesto por cuatro estudios de caso: análisis de la marcha y la postura, detección del seguimiento ocular, detección automática de emociones faciales y registro emocional basado en la integración de datos de los dispositivos (Kadar et al., 2016).

A medida que la sociedad cambia a un entorno asistido por la tecnología, los problemas de aprendizaje de los estudiantes se pueden mitigar mediante la integración de sistemas de detección del comportamiento y de los estados afectivos, que administran los perfiles de los estudiantes. Este marco detalla un sistema de base de conocimiento capaz de interoperabilidad con otros sistemas, para la detección manual y automática de las emociones, comportamientos y estados afectivos del alumno, y para la detección preventiva y proactiva de situaciones coherentes con los perfiles de los problemas del alumno. Esta capacidad del sistema para proporcionar advertencias de perfil en tiempo real es un activo valioso para ayudar a los maestros a identificar problemas durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes y para ayudar a prevenir la deserción estudiantil. En el trabajo futuro, se incluirán perfiles adicionales de estudiantes que mostrarán diferentes problemas, así como la integración de algoritmos de aprendizaje automático para detectar valores atípicos de patrones y establecer

sugerencias y alertas de perfiles correspondientes. Un paso futuro en la validación científica será el despliegue en un entorno más amplio, donde se podría recopilar una cantidad más significativa de datos, mejorando aún más el conjunto de datos de aprendizaje automático y, posteriormente, el propio algoritmo de detección (Calado, Luís-Ferreira, Sarraipa & Jardim-Gonçalves, 2017).

Esa es, en parte, la labor del **Módulo Apoya**, que se centra en la detección automática de emociones con el fin de evitar la deserción y mejorar el nivel académico de los alumnos, proporcionando recomendaciones y alertas tanto a los profesores como a los propios estudiantes. Por ello, ese módulo ha de mantenerse en continua investigación y desarrollo de tecnologías que puedan detectar los estados afectivos y otras que faciliten generar recomendaciones. Decimos que en parte es su labor, porque este módulo tiene asignadas otras tareas, que inciden en el estado del clima emocional general de la universidad, utilizando otro tipo de herramientas como guías, campañas audiovisuales y redes sociales, etc.; pero también utiliza la tecnología, como es el caso del uso de inteligencias artificiales en modo de agentes conversacionales como Artemisa, que facilitan la comunicación y alientan a la participación activa de la comunidad universitaria en un clima de tolerancia y aceptación de la diversidad.

Naturalmente, el **módulo Cultiva** utiliza también la tecnología, pero no es un módulo que por sí mismo genere tecnología ni esta es su fin; más bien se sirve de ella para almacenar, mediante una base de datos, información que le es necesaria.

Finalmente, el **módulo Innova** es el que facilita la generación de nuevas tecnologías y la transferencia de conocimiento. Es el módulo puramente tecnológico que impulsará en la universidad los avances en la utilización y reutilización de tecnologías para la educación, accesibles y que tengan en cuenta las necesidades y preferencias del usuario. Innova es el espacio para, como su nombre sugiere, la innovación, la creación de nuevas herramientas y también de nuevos espacios empresariales tanto por parte del profesorado como del estudiantado.

Atendiendo a diversos estudios, en esta obra hemos visto cómo entre los estudiantes universitarios han disminuido la empatía y la capacidad para ponerse en el lugar del otro. Hemos visto también cómo las inteligencias artificiales reproducen los sesgos existentes aprendiendo de los prejuicios de los humanos que las crean e interactúan con ellas y cómo las decisiones tomadas por inteligencias artificiales pueden llegar a arruinar la vida de algunas personas.

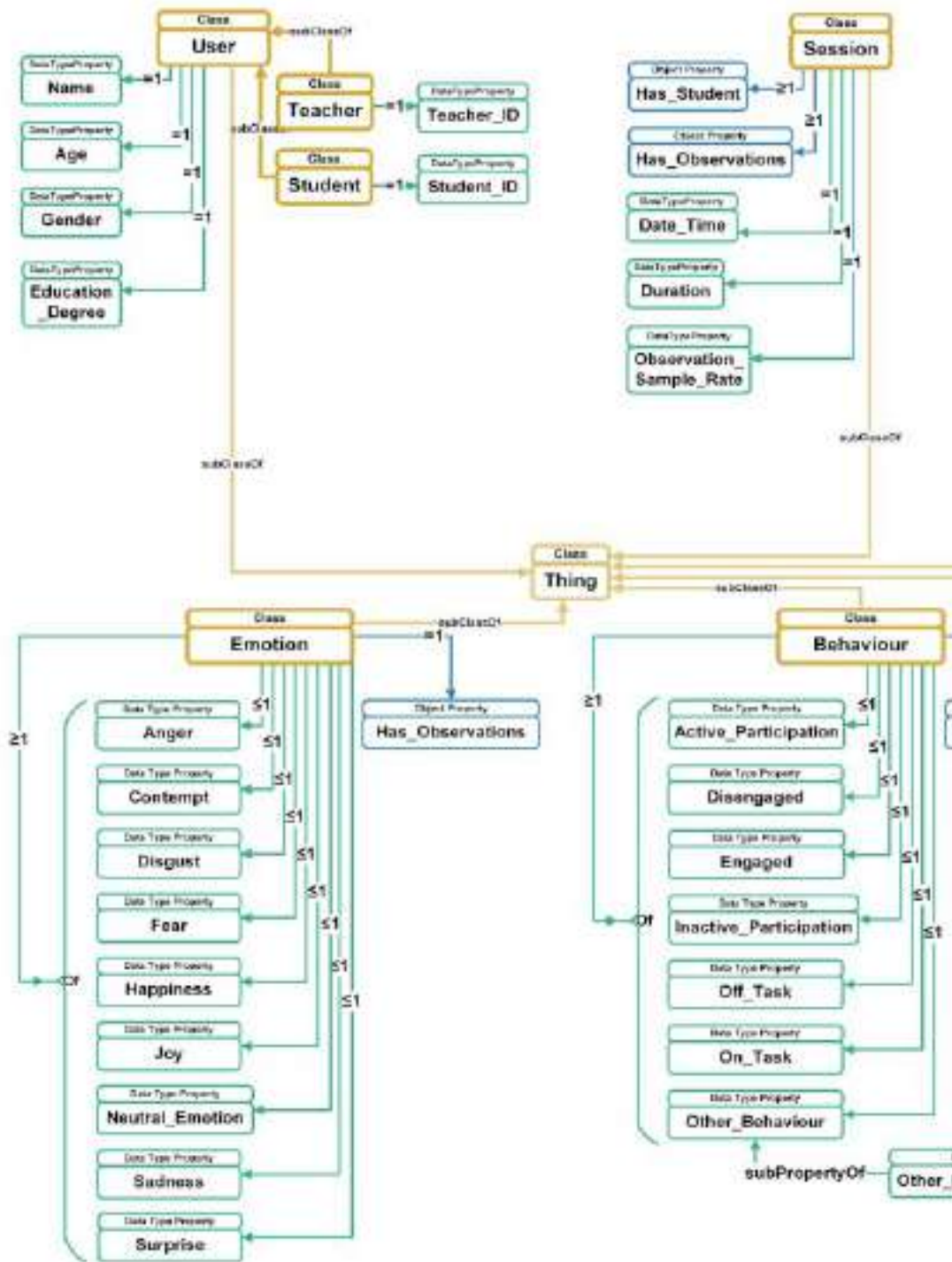
Para cambiar esta situación y lograr que las inteligencias artificiales funcionen de manera inclusiva y sin afectar la ética, se debe formar a los desarrolladores de manera diferente (Gutiérrez y Restrepo, Baldassarre & Boticario, 2019), con el fin de que sean empáticos, puedan entender la situación de las otras personas y lleguen a ser inclusivos, para lo cual su preparación debe comprender accesibilidad y aceptación de la diversidad.

Los centros Acacia promueven el trabajo colaborativo. De hecho, el diseño de su funcionamiento exige el establecimiento de sinergias y la articulación entre todos sus componentes. En este entorno de colaboración, las cuestiones éticas desempeñan un papel fundamental, puesto que ello es crucial para operar de manera seria y confiable. Por eso, volvemos al **módulo Convoca**, que propone un procedimiento de seis pasos para evaluar el impacto del uso de las soluciones tecnológicas proporcionando una evaluación y recomendaciones a los desarrolladores.

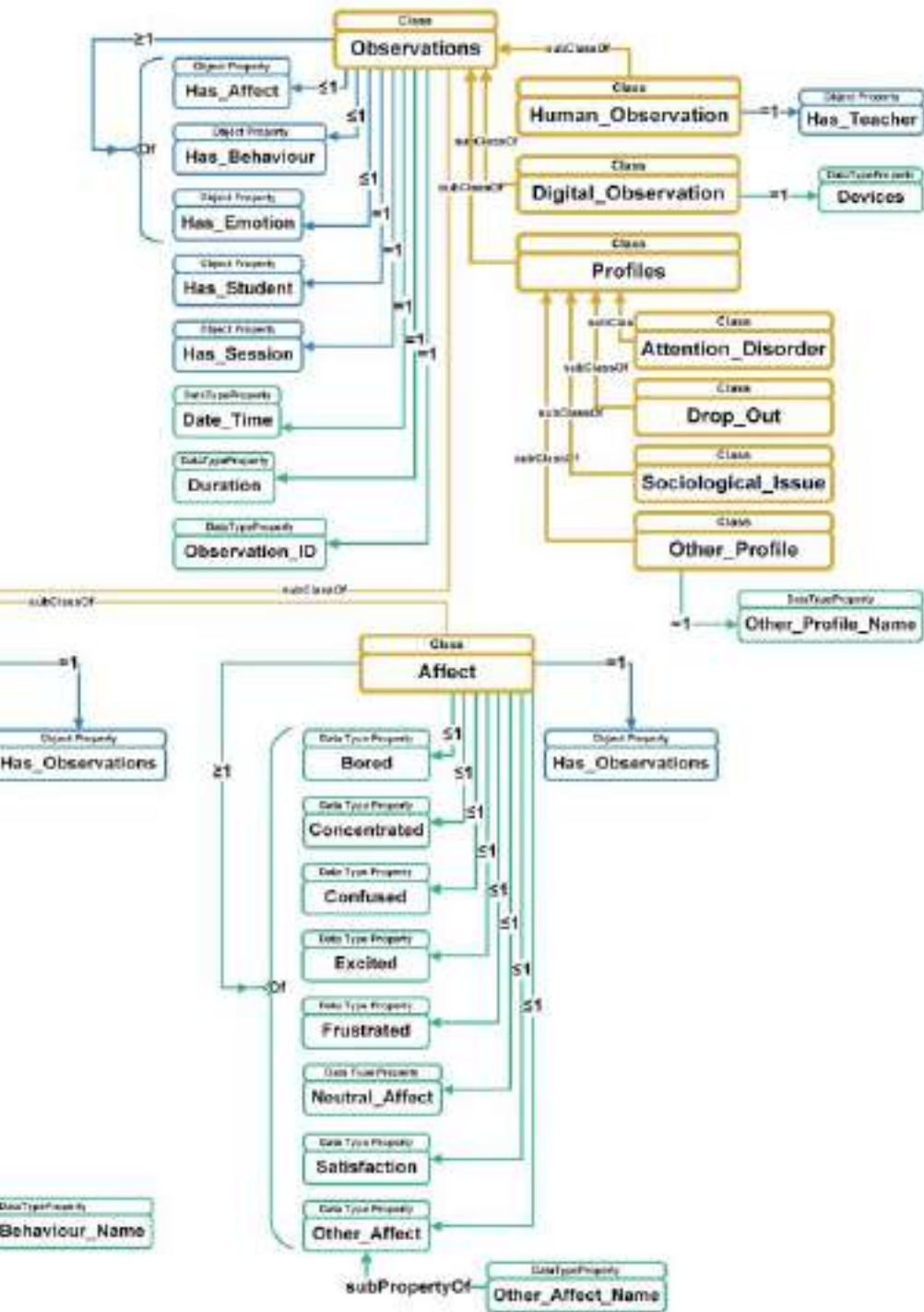
Estamos convencidos de que este procedimiento facilita el despliegue de innovaciones tecnológicas en la educación y ha de garantizar la privacidad, teniendo en cuenta todas las implicaciones éticas.

En esta obra hemos visto cómo el proyecto Acacia busca crear las condiciones y la inteligencia institucional necesarias para abordar esta y otras cuestiones y proporcionar a la comunidad universitaria las herramientas necesarias para mejorar el grado de empatía, accesibilidad y atención a la diversidad, que son claves para nuestro futuro. Esto significa, por tanto, una educación superior más sensible y responsable para todos (Gutiérrez y Restrepo, 2018).

# Diagrama del Modelo de Ontología



Fuente: J. Calado, F. Luis-Ferreira, J. Sarraipa y R. Jardim-Gonçalves, A framework to bridge teachers, Engineering Congress and Exposition, IMECE 2017, celebrado en Tampa, Florida, EE. UU. del 3 al 9 de



student's affective state, and improve academic performance, En ASME 2017 International Mechanical novembre de 2017.

# Referencias

- Acacia (1 de abril de 2019). Portal Apoya - Red CADEP Acacia. Recuperado de <https://acacia.red/blog/category/apoya/>
- Accenture. (2014). *Realising the benefits of autonomous vehicles in Australia*. Recuperado de [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/local/en-gb/pdf\\_3/accelture-realising-benefits-autonomous-vehicles-australia.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/local/en-gb/pdf_3/accelture-realising-benefits-autonomous-vehicles-australia.pdf)
- Acts of the Oireachtas. (Mayo de 2018). Disability Act 2005. Obtenido de <http://www.aichtanna.ie/en.act.2005.0014.7.html>
- aDeNu Research Group. (2015). Proyecto Fusión multimodal de grandes datos para proporcionar un soporte afectivo y cognitivo de bajo coste en contextos de aprendizaje (BIG-AFF). Madrid. Recuperado de <https://adenu.ia.uned.es/web/es/Proyectos/big-aff>
- Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review* 84(4), 98. Recuperado de <https://hbr.org/2006/04/match-your-innovation-strategy-to-your-innovation-ecosystem>
- Adner, R. & Kapoor, R. (2016). Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves. *Strategic Management Journal*, 37(4), 625-648. doi: <https://doi.org/10.1002/smj.2363>
- Adobe Photoshop. (19 de febrero de 1990). Photoshop. Recuperado de <https://adobe.ly/36NYNmY>
- Advancing Technology for Humanity. (22 de mayo de 2017). ATFH. Recuperado de <http://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html>
- Afectiva. (s. f.). Home - Afectiva: Afectiva. Recuperado de Afectiva: <https://www.afectiva.com/>
- Afzal, S., & Robinson, P. (2007). A study of affect in intelligent tutoring. Supplementary Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference of Artificial Intelligence in Education (AIED 2007).
- Ainley, M. (2006). Connecting with learning: Motivation, affect and cognition in interest processes. *Educational Psychology Review*, 18(4), 391-405.
- Algase, D. L., Beck, C., Kolanowski, A., Whall, A., Berent, S., Richards, K., & Beattie, E. (1996). Need-driven dementia-compromised behavior: An alternative view of disruptive behavior. *American Journal of Alzheimer's Disease*, 11(6), 10-19.

- Alpaydin, E. (2014). *Introduction to machine learning*. MIT Press.
- Andersen, J. B. (2011). What are innovation ecosystems and how to build and use them. *Innovation Management*, 16(2), 50-57. [Consulta en línea el 15/5/2019] Recuperado de <https://bit.ly/2oZJzu3>
- Antona, M., & Stephanidis, C. (Eds.).(2015). *Universal Access in Human-Computer Interaction Access to Learning, Health and Well-Being*, vol. 9177. Cham: Springer International Publishing.
- Apoya Acacia. (1 de enero de 2018). Apoya – Red CADEP Acacia. [Consulta en línea el 1/4/2019]. Recuperado de <https://acacia.red/blog/category/apoya/>
- Appelhans, B., & Luecken, L. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*, 10(3), 229-240.
- Archer, L., Biscaia, J. & Osswald, W. (1996). Bioética. Convention on Biological Diversity.
- Artifice A., Kadar M., Sarraipa J., Jardim-Gonçalves R. (2018). «New approaches in assistive technologies applied to engineering». 21<sup>th</sup> International Conference on Interactive Collaborative Learning.
- Artifice, A., Sarraipa, J. & Jardim-Gonçalves, R. (2018, June). «Methodology for attention detection based on heart rate variability». IEEE 22<sup>nd</sup> International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES) (pp. 000395-000400). IEEE.
- Artifice, A., Ferreira, F., Marcelino-Jesus, E., Sarraipa, J. & Jardim-Gonçalves, R. (2016). Student's attention improvement supported by physiological measurements analysis. 8<sup>th</sup> Advanced Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems. Springer.
- Artifice, A., Sarraipa, J., Jardim-Gonçalves, R., Guevara, J. & Kadar, M. (2017). «Ethical Issues of a smart system to enhance students' attention». 23<sup>rd</sup> International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC).
- Asl, B. M., Setarehdan, S. K., & Mohebbi, M. (2008). Support vector machine-based arrhythmia classification using reduced features of heart rate variability signal. *Artificial Intelligence in Medicine*, 44(1), 51-64.
- Association for Computing Machinery (ACM). (22 de mayo de 2017). Recuperado de <http://www.acm.org/about/secode>
- Association for Education Communication and Technology (AECT). (22 de mayo de 2017). Recuperado de <https://bit.ly/2WWNbJM>
- Astin, A. (1993). *What matters most in college: Four critical years revisited*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Aulck, L., Velagapudi, N., Blumenstock, J. & West, J. (2016). Predicting student dropout in higher education. *arXiv preprint arXiv:1606.06364*.

- Aulck, L., Velagapudi, N., & Blumenstock, J. & West, J. (2016). Predicting Student Dropout in Higher Education. 2016 ICML Workshop on #Data4Good: Machine Learning in Social Good Applications. New York. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/1606.06364>
- AutoCAD. (3 de junio de 2016). AutoCAD 2017 Help: AutoLISP Developer's Guide (AutoLISP). Recuperado de <https://bit.ly/2pYjqwj>
- AutoCAD. (31 de Mayo de 2016). AutoCAD For Mac & Windows. Recuperado de <http://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- Autodesk Inc. (22 de mayo de 2017). AUTOCAD 2017 Help. [Consulta en línea el 15/5/2019]. Recuperado de <https://shortly.cc/iAAV>
- Autonomous Cars. (5 de abril de 2016). Autonomous Cars Could Save The US \$1.3 Trillion Dollars A Year. Recuperado de <https://bit.ly/35JEN3E>
- Bachmann, D., Weichert, F., & Rinkeauer, G. (2015). Evaluation of the leap motion controller as a new contact-free pointing device. *Sensors*, 15(1), 214-233.
- Baggett, R. K. (2017). *Ethical and privacy implications of technology*. Homeland Security Technologies for the 21st Century, 17.
- Bahr, G. S., Wood, S. & Blood, J. W. (2016, July). Design Engineering for Universal Access: Software and Cognitive Challenges in Computer Based Problem-Solving. *10th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction* (pp. 16-25). Springer, Cham.
- Bahreini, K., Nadolski, R. & Westera, W. (2016). Towards multimodal emotion recognition in e-learning environments. *Interactive Learning Environments*, 24(3), 590-605.
- Barquet, A., Cunha, V., Oliveira, M. & Rozenfeld, H. (2011). Business Model Elements for Product-Service System. 3<sup>rd</sup> CIRP International Conference on Industrial Product Service Systems, Braunschweig.
- Barragán, D. & Patiño, L. (2013). Elementos para la comprensión del fenómeno de la deserción universitaria en Colombia. Más allá de las mediciones. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración IX*(16). Bogotá.
- Bean, J. (1980). Dropouts and turnover: The synthesis and test of a causal model of student attrition. *Research in Higher Education*, 12(2), 155-187. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00976194>
- Beatty, J. & Lucero-Wagoner, B. (2000). The pupillary system. *Handbook of Psychophysiology*, 2(142-162).
- Beauchamp, T. L. (2008). The belmont report. *The Oxford textbook of clinical research ethics*, 149-155.
- Belle, A., Hargraves, R. H. & Najarian, K. (2012). An automated optimal engagement and attention detection system using electrocardiogram. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2012.

- Berman, F. & Cerf, V. (2017). Social and ethical behavior in the internet of things. *Communications of the ACM*, 60(2), 6-7.
- Berntson, G., Quigley, K., Jang, J. & Boysen, S. (1990). An approach to artifact identification: Application to heart period data. *Psychophysiology*, 27(5), 586-598.
- Boca, L., Croitoru, B., Ileana, I., Cabulea, L., & Ristoiu, M. (2009). Optimization approach of large downloadable data files from SCADA systems. *Annals of DAAAM & Proceedings*, pp. 1303-1304. Vienna, Austria: ISSN 1726-9679.
- Bollweg, L., Kurzke, M., Shahriar, K. A., & Weber, P. (2018). When robots talk-improving the scalability of practical assignments in MOOCs using chatbots. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 1455-1464). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Bonnefon, J. F., Shariff, A., & Rahwan, I. (2015). Autonomous vehicles need experimental ethics: are we ready for utilitarian cars? *arXiv preprint arXiv:1510.03346*.
- Boticario, J. G., Rodriguez-Ascaso, A., Santos, O. C., Raffenne, E., Montandon, L., Roldán Martínez, D., & Buendía García, F. (2012). Accessible lifelong learning at higher education: outcomes and lessons Learned at two different PilotSites in the EU4ALL Project. *Journal of Universal Computer Science*, 18(1), 62-85.
- Bottomley, C. B. (Julio de 2016). *Why do students drop out of university?* Recuperado de <https://bit.ly/37TL9j0>
- Bowman, S. R., Potts, C., & Manning, C. D. (2014). *Recursive neural networks for learning logical semantics*. CoRR, abs/1406.1827, 5.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Brasil. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado.
- Braxton, J., Sullivan, A., & Johnson, R. (1997). *The Impact of a First Year Development Course on Student Success in a Community College: An Empirical Investigation*. New York.
- Braxton, J., Milem, J., & Sullivan, A. (2000). The influence of active learning on the college student departure process: toward a revision of Tinto's Theory. *The Journal of Higher Education*, 71(5), 569-590. doi:10.2307/2649260
- Broekens, J., DeGroot, D. & Kusters, W. (2008). Formal models of appraisal: Theory, specification, and computational model. *Cognitive Systems Research* 9(3):173-197.
- Bunge, M. (1997). *Ciencia, técnica y desarrollo*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Bunge, M. (1999). *Social science under debate: A philosophical perspective*. University of Toronto Press.

- Business Dictionary. (Julio de 2016). Cooperation. Recuperado de <http://www.businessdictionary.com/definition/cooperation.html#ixzz4BfCGZHEu>
- Calado, J., Ferreira, F., Sarraipa, J. & Jardim-Goncalves, R. (2017, November). A framework to bridge teachers, student's affective state, and improve academic performance. En *ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (pp. V002T02A042-V002T02A042). American Society of Mechanical Engineers. Recuperado de <https://bit.ly/35L3s7P>
- Calderón, D., Blanco, M. & Laguna, O. (2016). *Fenómeno deserción en cultiva: Caracterización del fenómeno y valoración en el Módulo Cultiva*. En repositorio ADENU del Proyecto ACACIA [Consulta en línea: 15/5/2018]. Recuperado de <http://acacia.digital/>
- Caliskan, A., Bryson, J. J., & Narayanan, A. (2017). Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases. *Science*, 356(6334), 183-186. doi:10.1126/science.aal4230
- Calvi, C., Porta, M. & Sacchi, D. (2008, July). e5Learning, an e-learning environment based on eye tracking. En 2008 *Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 376-380). IEEE.
- Calvo, R. A. & D'Mello, S. (2010). Affect detection: An interdisciplinary review of models, methods, and their applications. *IEEE Transactions on affective computing*, 1(1), 18-37.
- Camera Mouse. Innovative Software for people with disabilities (25 de abril de 2016). <http://www.cameramouse.org/index.html> [Portal web].
- Canales, A. & De los Ríos, D. (2007). Factores explicativos de la deserción universitaria. *Calidad en la Educación*, (26), 173-201.
- Carlson, J. G. & Hatfield, E. (1992). *Psychology of emotion*. Harcourt Brace Jovanovich.
- CATIA. (31 de mayo de 2016). CATIA - Dassault Systèmes. Obtenido de Portal web Dassault Systèmes: <http://www.3ds.com/products-services/catia/>
- Centre for Excellence in Universal Design. (18 de mayo de 2018). Definition and overview. Recuperado de <https://bit.ly/2Y49IFo>
- Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA). (2006). *Repitencia y deserción universitaria en América Latina*. Colección Gestión Universitaria: Santiago, Chile.
- Christian, R. R. (2009). Concepts of ecosystem, Level and scale. En UNESCO, *Ecology. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)* volume I, 34, (pp. 34-52).
- Cisco. (31 de mayo de 2016). Cisco WebEx- Online Meetings and Video Conferencing. Recuperado de <https://www.webex.com/>
- Clifford, G. D., Azuaje, F. & McSharry, P. (2006). *Advanced methods and tools for ECG data analysis* (pp. 55-57). Boston: Artech house.

- Cohen, R. A., Sparling-Cohen, Y. A. & O'Donnell, B. F. (1993). *The neuropsychology of attention*. New York: Plenum Press.
- Colling, K. B. (2004). Behavioral symptoms of dementia: their measurement and intervention. Caregiver interventions for passive behaviors in dementia: links to the NDB model. *Aging & Mental Health*, 8(2), 117-125.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales*. Santiago de Chile.
- Comisión Europea. (Julio de 2016). Cooperación interregional. Obtenido de [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/es/policy/what/glossary/i/interregional-cooperation](http://ec.europa.eu/regional_policy/es/policy/what/glossary/i/interregional-cooperation)
- Comisión Europea (s. f.) ICT - *Information and communication technologies. Work Programme 2007-2008*. Recuperado de [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/88465/c-wp-200801\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/88465/c-wp-200801_en.pdf)
- Comisión Europea (15 de octubre de 2015). Erasmus+ Project Results. [Consulta en línea el 7 de marzo de 2019]. Recuperado de <https://bit.ly/2QcYFYp>
- Comisión Europea. *Horizon 2020 - Work Programme 2018-2020. Information and Communication Technologies*.
- Comisión Europea. High-Level Expert Group on AI (AI HLEG). (2019). Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence. Brussels: European Commission. [Consulta en línea: 18/4/2019]. Recuperado de <https://bit.ly/33xTup1>
- Consejo Nacional de Universidades (CNU)(2019). Portal web del Consejo Nacional de Universidades [Consulta en línea: 20/11/2018]. Recuperado de <http://www.cnu.edu.ni/>
- Corel. (1 de 1989). Corel Draw. Recuperado de <http://www.coreldraw.com>
- Corel Corporation. (31 de mayo de 2016). Portal Corel Graphic Design. Recuperado de <http://www.coreldraw.com/rw/>
- Cord, M. & Cunningham, P. (Eds.). (2008). *Machine learning techniques for multimedia: case studies on organization and retrieval*. Springer Science & Business Media.
- D'Mello, S. (2014, May). Emotional rollercoasters: day differences in affect incidence during learning. In *The Twenty-Seventh International Flairs Conference*.
- Damasio, A. (2005). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. Papermac. Penguin.
- Dassault Systèmes. (2018). CATIA. Recuperado de <https://bit.ly/35PH9hE>
- Deb, K. (1999). An introduction to genetic algorithms. *Sadhana*, 24(4-5), 293-315. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02823145>
- Departamento de Planeación Nacional (2005). *Visión Colombia II Centenario 2019*.

- Dieter, Z. (21 de abril de 2016). Dr. Dieter Zetsche - Mercedes-Benz - KEYNOTE 2015. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=cMmYF7x>
- Durst, S., & Poutanen, P. (2013). Success factors of innovation ecosystems-Initial insights from a literature review. Co-create, 27-38. The Boundary-Crossing Conference on Co-Design in Innovation. Helsinki. Recuperado de <https://bit.ly/2O4x7ln>
- Edwards, D. & McMillan, J. (2015). *Completing university in a growing sector: Is equity an issue?* Australian Council for Educational Research. Recuperado de [shorturl.at/gxDS7](http://shorturl.at/gxDS7)
- Eason, G., Noble, B. & Sneddon, I. N. (1955). On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, *Mathematical and Physical Sciences*, 247(935), 529-551.
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., & Williams, K. D. (2003). Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion. *Science*, 302(5643), 290-292.
- Ekman, P. E. & Davidson, R. J. (1994). *The nature of emotion: Fundamental questions*. Oxford University Press.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology* 17(2), 124.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial action coding system: Investigator's guide*. Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1976). Measuring facial movement. *Environmental Psychology and Nonverbal Behavior*, 1(1), 56-75.
- El-Bishouty, M. M., Ogata, H., Rahman, S., & Yano, Y. (2010). Social knowledge awareness map for computer supported ubiquitous learning environment. *Educational Technology & Society*, 13(4), 27-37.
- Engler, J. & Kusiak, A. (2011). Modeling an Innovation Ecosystem with Adaptive Agents. *International Journal of Innovation Science*, 3(2), 55-68. doi: <https://doi.org/10.1260/1757-2223.3.2.55>
- Estadística de la Calidad Educativa - Minedu (2017). Tendencias. [Consulta en línea 15 de abril de 2019]. Recuperado de <http://escale.minedu.gob.pe/tendencias>
- Ethington, C. A. (1990). A psychological model of student persistence. *Research in Higher Education*, 31(3), 279-293.
- European Roadmap. (6 de abril de 2016). European Roadmap Smart Systems for Automated Driving. Obtenido de <https://bit.ly/33DXGUo>
- Felder, R. M., Woods, D. R., Stice, J. E., & Rugarcia, A. (2000). The future of engineering education II. Teaching methods that work. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 26-39. Recuperado de <https://bit.ly/2X7JSQc>

- Ferreira, F. (2015). *Knowledge management framework based on brain models and human physiology*. Lisboa.
- Ferreira, L. (2012). *Programação em AutoCAD com AutoLISP e VisualLISP*. FCA Editora de Informatica.
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1977). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Fletcher-Janzen & Reynolds (2007). *Encyclopedia of Special Education: A Reference for the Education of Children, Adolescents, and Adults with Disabilities and Other Exceptional Individuals*. 3rd edition, John Wiley, Hoboken.
- Fraedrich, E., Beiker, S., & Lenz, B. (2015). Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility. *European Journal of Futures Research*, 3(1), 11.
- Fredrickson, B. L. & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought action repertoires. *Cognition & Emotion*, 19(3), 313-332.
- Freeman, J. V., Dewey, F. E., Hadley, D. M., Myers, J. & Froelicher, V. F. (2006). Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 48(5), 342-362.
- Fridlund, A. J., Ekman, P., Oster, H. (1987). Facial expressions of emotion: Review of the literature, 1970-1983. En A. W., Siegman & S. Feldstein (Eds.), *Nonverbal behavior and communication* (pp. 143-224).
- Fruhata, T., Miyachi, T., & Adachi, T. (2011, September). Doze driving prevention system by low frequency stimulation and high density oxygen with fragrance of GF (Grape Fruit). *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems* (pp. 11-20). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Fundación Sidar (28 de junio de 1997). Fundación y Seminario Sidar. [Consulta en línea 30/5/2018]. Recuperado de <http://sidar.org>
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Hachette Uk.
- Garza, E. & Bowden, Randall (2014). The impact of a first year development course on student success in a community college: an empirical investigation. *American Journal of Educational Research*, vol. 2, n.º 6, 402-419. doi: 10.12691/education-2-6-13.
- Gião, J., Sarraipa, J., Xavier, F., & Ferr, E. (2016). Profiling Based on Music and Physiological State. *8th International Conference on Interoperability For Enterprise Systems and Applications* (IESA 2016). Guimarães, Portugal.
- Gips, J. & Betke, M. (s. f.). Camera Mouse. Obtenido de <http://www.cameramouse.org/>
- Goldrick, M., Stevns, T. & Christensen, L. B. (2014, July). The use of assistive technologies as learning technologies to facilitate flexible learning in higher educa-

- tion. *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (pp. 342-349). Springer, Cham.
- Goleman, D. (1995). *Inteligência emocional*. [Emotional intelligence] (Rev. ed.). Rio de Janeiro, RJ: Objetiva.
- González, L. E., Uribe, D. & González, S. (2005). *Estudio sobre la repitencia y deserción en la educación superior chilena*. Estudio IESALC, Chile.
- Gudykunst, W. B., Ting-Toomey, S., & Chua, E. (1988). *Culture and interpersonal communication*. Sage Series in Interpersonal Communication, vol. 8.
- Gutiérrez y Restrepo, E. (2015). *Accesibilidad no intrusiva en la comunicación audiovisual en la web*. [Tesis doctoral] Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid. [Consulta en línea 15/7/2017]. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/42257/>
- Gutiérrez y Restrepo, E. (2018). Tolerancia y aceptación de la diversidad factores clave para una sana inteligencia artificial [En línea]. En DiverEduTec 2018. (Cartagena de Indias, Colombia). Disponible en <https://bit.ly/3btSPtK>
- Gutiérrez y Restrepo, E. (abril 2019). Artemisa (1.0). Recuperado de <https://bit.ly/37bL2NX>
- Gutiérrez y Restrepo, E., & Boticario, J. G. (2017). Responsive and responsible higher education through advanced technology Accessibility, empathy and diversity the keys of our future. *IEEE, 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. Funchal.
- Gutiérrez y Restrepo, E., Baldassarre, M., & Boticario, J. G. (2019). Accessibility, biases and ethics in chatbots and intelligent agents for education. *11th International Conference on Education and New Learning Technologies*. EDULEARN19, (págs. 8824-8833). Palma de Mallorca, Mallorca, Spain. Recuperado de [https://library.iated.org/publication\\_series/EDULEARN](https://library.iated.org/publication_series/EDULEARN)
- Gutiérrez y Restrepo, E. G., Benavidez, C., & Gutiérrez, H. (2012). The challenge of teaching to create accessible learning objects to higher education lecturers. *Procedia Computer Science*, 14, 371-381. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.043>
- Gutiérrez y Restrepo, E., León Corredor, O., Sarraipa, J., Pantoja Lima, C., Merino, C., Calderón, D.,... Boticario, J. G. (2016). *Centros de apoyo y desarrollo educativo y profesional para elevar el nivel académico y reducir la deserción universitaria*. AIESAD. Madrid: UNED.
- Guyon, I., Gunn, S., Nikravesh, M. & Zadeh, L. A. (Eds.). (2008). *Feature extraction: foundations and applications* (vol. 207). Springer.
- Hamdi, H., Richard, P., Suteau, A. & Allain, P. (2012). Emotion assessment for affective computing based on physiological responses. *2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems* (pp. 1-8). IEEE.

- Handri, S., Yajima, K., Nomura, N., Ogawa, N., Kurosawa, Y., & Fukumura, Y. (2010). Evaluation of student's physiological response towards e-learning courses material by using GSR sensor. *Proceedings - 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, ICIS.
- Heckerman, D. (1997). Bayesian networks for data mining. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 1(1), 79-119.
- Heller, B. & Procter, M. (2007, June). Conversational agents and learning outcomes: An experimental investigation. *EdMedia+ Innovate --Learning World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (pp. 945-950). Vancouver, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Heller, B., Proctor, M., Mah, D., Jewell, L. & Cheung, B. (2005, June). Freudbot: An investigation of chatbot technology in distance education. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 3913-3918). Montreal, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Disponible en <https://www.learntechlib.org/primary/p/20691>
- Herring, M., Koehler, M. & Mishra, P. (2016). *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators*. Routledge.
- Higher (2015). Descripción de work of the project «ACACIA» (Centros de Cooperación para el Fomento, Fortalecimiento y Transferencia de Buenas Prácticas que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen a la comunidad universitaria - ACACIA).
- Hollnagel, E., Puriès, J., Woods, D. & Wreathall, J. (2011). *Resilience engineering in practice: A guidebook*.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press.
- Huang, N., Wei, C. & Chang, W. (2007). Knowledge management: modeling the knowledge diffusion in community of practice. *Kybernetes*, 36(5/6), 607-621. doi:<https://doi.org/10.1108/03684920710749703>
- Hwang, V. W. (mayo 2014). The next big business buzzword: Ecosystem? *Forbes Magazine*. [Consulta en línea 15 de mayo de 2019]. Recuperado de <https://bit.ly/2p7uuXr>
- Hwang, V., & Horowitz, G. (2012). *The Rainforest - the secret to building the next Silicon Valley*. Los Altos Hills: Regenwald.
- Guyon, I., Gunn, S., Nikravesh, M., & Zadeh, L. A. (Eds.). (2008). *Feature extraction: foundations and applications* (vol. 207). Springer.
- Instituto Internacional de la Unesco para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC). (2005). *Informe de actividades, Mayo 2001-Mayo*

2005. [En línea]. Recuperado de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000145371\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000145371_spa)
- Instituto Internacional de la Unesco para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC). (2017). ESS: Educación Superior y Sociedad.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (2019). Portal web. [Consulta en línea: 22/10/2018]. Recuperado de <http://portal.inep.gov.br/web/guest/inicio>
- Instituto Nacional para Ciegos (INCI). (s.f.). Bienvenido a Instituto Nacional para Ciegos | Instituto Nacional para Ciegos. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de Instituto Nacional para Ciegos: <http://www.inci.gov.co/>
- Instituto Nacional para Sordos (Insor). (s. f.). Instituto Nacional para Sordos – Trabajando por la Población Sorda Colombiana. Recuperado de <https://bit.ly/2DuyQeT>
- Intel. (2014). Technology and Computing Requirements for Self-Driving Cars.
- Izard, C., & Saxton, P. (1988). Emotions. En *Handbook of experimental Psychology*. New York
- Jacobs, I., & Bean, C. (1963). Fine particles, thin films and exchange anisotropy. En G. T. Rado & H. Suhl (Eds.). *Magnetism*, vol. 3, pp. 271-350. Academic, New York.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York: Henry Holt and Company.
- Jraidi, I., Chaouachi, M. & Frasson, C. (2014). A hierarchical probabilistic framework for recognizing learners' interaction experience trends and emotions. *Advances in Human-Computer Interaction*, 6.
- Jovic, A. & Bogunovic, N. (2011). Electrocardiogram analysis using a combination of statistical, geometric, and nonlinear heart rate variability features. *Artificial Intelligence in Medicine*, 51(3), 175-186.
- Kadar, M., Ferreira, F., Calado, J., Artifice, A., Sarraipa, J., & Jardim-Goncalves, R. (2016, December). Affective computing to enhance emotional sustainability of students in dropout prevention. En *Proceedings of the 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion* (pp. 85-91). ACM.
- Kadar, Sarraipa & Jardim-Goncalves (2018). *New Approaches in Assistive Technologies Applied to Engineering*.
- Kallinen, K. (September, 2002). Reading news from a pocket computer in a distracting environment. *Computers in Human Behavior*, 18 (5), 537-551.
- Kallinen, K. (2005). Emotional ratings of music excerpts in the western art music repertoire and their self-organization in the Kohonen neural network. *Psychology of Music* 33(4), 373-393.

- Katsis, C. D., Katertsidis, N., Ganiatsas, G., & Fotiadis, D. I. (2008). Toward emotion recognition in car-racing drivers: A biosignal processing approach. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 38(3), 502-512.
- Kaufmann, T., Sütterlin, S., Schulz, S. M. & Vögele, C. (2011). ARTiiFACT: a tool for heart rate artifact processing and heart rate variability analysis. *Behavior Research Methods*, 43(4), 1161-1170.
- Khan, B. (2005). *Managing e-learning: Design, delivery, implementation, and evaluation*. Information Science Publishing.
- Kim, J. & André, E. (2008). Emotion recognition based on physiological changes in music listening. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(12), 2067-2083.
- Kim, T., Cho, J. Y. & Lee, B. G. (2012, July). Evolution to smart learning in public education: a case study of Korean public education. En *IFIP WG 3.4 International Conference on Open and Social Technologies for Networked Learning* (pp. 170-178). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kline, S. J. & Rosenberg, N. (2010). An overview of innovation. En *Studies on science and the innovation process: Selected works of Nathan Rosenberg* (pp. 173-203). World Scientific.
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). Innovation: an overview. En Landau, R. & Rosenberg, N. *The Positive Sum Strategy*. Washington, D. C.: The National Academies Press,
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. & Graham, C. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. En *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101-111). Springer, New York.
- Konrath, S. H., O'Brien, E. H. & Hsing, C. (2011). Changes in dispositional empathy in American college students over time: A meta-analysis. *Personality and Social Psychology Review*, 15(2), 180-198. doi:10.1177/1088868310377395
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84(3), 394-421.
- Lang, P., Bradley, M. & Cuthbert, B. (1997). International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings. NIMH Cent. Study Emot. Atten.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1997). International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings. *NIMH Center for the Study of Emotion and Attention*, 1, 39-58.
- Lee, M. H. & Tsai, C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38(1), 1-21.

- Levinowitz, L. M. (1998). The importance of music in early childhood. *General Music Today*, 12(1), 4-7.
- Lima, C., Pinheiro, C. & Sarraipa, J. (2016, December). Towards a software-enabled environment promoting accessible learning in higher education. En *Proceedings of the 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion* (pp. 105-111). ACM.
- Lin, C. S., Yang, H. J., Lay, Y. L. & Yang, S. W. (2011). Design and evaluation of a public installation of an eye-gaze system. *Assistive Technology*, 23(4), 187-198.
- Lin, J., Spraragen, M. & Zyda, M. (2012). Computational models of emotion and cognition. En *Advances in Cognitive Systems*.
- López, V. (2017). Educación superior de calidad y acreditación en México. El caso del Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (Copaes). En *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 22(22), 65-85. Recuperado de <http://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/article/view/33>
- Luís-Ferreira, Fernando, Sarraipa, João, and Jardim-Goncalves, Ricardo. Programming Over AutoCAD for the Proficiency of Disabled Users Using Webcam Based Eye-Tracker. *Proceedings of the ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Volume 2: Advanced Manufacturing*. Phoenix, Arizona, USA. November 11-17, 2016. V002T02A039. ASME. <https://doi.org/10.1115/IMECE2016-66917>
- LDBEN (1996). Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional [Consulta en línea: 25/11/2018]. Recuperado de <http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/lei-de-diretrizes-e-bases-da-educacao-nacional-ldbem>
- Lupu, R. G., & Ungureanu, F. (2013). A survey of eye tracking methods and applications. *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Automatic Control and Computer Science Section*, 3, 72-86.
- Lynch, D. J. (2006). Motivational factors, learning strategies and resource management as predictors of course grades. *College Student Journal*, 40(2), 423-429.
- Magendzo, S. & González, L. E. (1988). Trayectoria educativo-laboral de jóvenes egresados de educación media en sectores populares y su relación con la teoría de la atribución. *Estudios Pedagógicos*, 14, 69-78.
- Marcelino-Jesus, E., Sarraipa, J., Cavanzo, G. A., Guevara, J. C., Lurita, I. A., & Ginocchio, M. I. (2016, December). The importance of cooperation centres for HE students' dropout prevention. En *Proceedings of the 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion* (pp. 92-98). ACM. Vila Real, Portugal. Obtenido de [https://acacia.red/udfjc/wp-content/uploads/sites/5/2019/.../DSAI\\_2016\\_Convoca.pdf](https://acacia.red/udfjc/wp-content/uploads/sites/5/2019/.../DSAI_2016_Convoca.pdf)

- Mariscal, G., Marban, O. & Fernandez, C. (2010). A survey of data mining and knowledge discovery process models and methodologies. *The Knowledge Engineering Review*, 25(2), 137-166.
- Mathuros, F. (17 de enero de 2017). Artificial intelligence must be designed to augment human ability and opportunity. [Consulta en línea: 15/4/2019]. En World Economic Forum - Media - News. Recuperado de <https://bit.ly/2q7R6YA>
- Matthews, G., Reinerman-Jones, L. E., Barber, D. J., Teo, G., Wohleber, R. W., Lin, J. & Panganiban, A. R. (2016, August). Resilient autonomous systems: Challenges and solutions. En 2016 *Resilience Week* (RWS) (pp. 208-213). IEEE.
- McCorry, L. K. (19 de Diciembre de 2017). Physiology of the Autonomic Nervous System. Recuperado de <https://bit.ly/2DsMaQV>
- McCorry, L. K. (2007). Physiology of the autonomic nervous system. *American journal of Pharmaceutical Education*, 71(4), 78. doi: 10.5688/aj710478
- McCutcheon, L. E. (2000). Another failure to generalize the Mozart effect. *Psychological Reports*, 87(1), 325-330.
- McDuff, D., Kaliouby, R., Senechal, T., Amr, M., Cohn, J., & Picard, R. (2013). Affective-mit facial expression dataset (AM-FED): Naturalistic and spontaneous facial expressions collected. En *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 881-888).
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing*.
- Mercan, B. & Goktas, D. (2011). Components of innovation ecosystems: a cross-country study. *International Research Journal of Finance and Economics*, 76(16), 102-112.
- Mesquita, B. & Frijda, N. H. (1992). Cultural variations in emotions: A review. *Psychological Bulletin*, 112(2), 179-204. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.2.179>
- Metcalf, S. & Ramlogan, R. (2008). Innovation systems and the competitive process in developing economies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 48(2), 433-446. doi:<https://doi.org/10.1016/j.qref.2006.12.021>
- Miller, J. H. & Page, S. E. (2007). *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press.
- Ministerio de Educación del Brasil (MEC) (2019). Informes. [Consulta en línea 20 de mayo de 2019]. Recuperado de <https://bit.ly/3bKtsnQ>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (Julio de 2016). Types and Modes of International Cooperation. Recuperado de Ministerio de Minas y Energía: <https://www.minenergia.gov.co/web/ingles/types-of-cooperation>
- Mishra, P. & Kereluik, K. (2011, March). What 21st century learning? A review and a synthesis. En *Society for Information Technology & Teacher Education Interna-*

- tional Conference* (pp. 3301-3312). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Mishra, P., Koehler, M. J., & Henriksen, D. (2011). The seven trans-disciplinary habits of mind: Extending the TPACK framework towards 21st century learning. *Educational Technology*, 22-28.
- Mitchell, M. (1996). *An introduction to genetic algorithms*. Cambridge, MIT Press.
- Mnyusiwalla, A., Daar, A. S. & Singer, P. A. (2003). 'Mind the gap': science and ethics in nanotechnology. *Nanotechnology*, 14(3), R9.
- Mohamad, Y., Hettich, D. T., Bolinger, E., Birbaumer, N., Rosenstiel, W., Bogdan, M., & Matuz, T. (2014, July). Detection and utilization of emotional state for disabled users. En *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (pp. 248-255). Springer, Cham.
- Moodie, G. (2016). Which students are most likely to drop out of university. *The Conversation*, 23. Recuperado de <http://theconversation.com/whichstudents-are-most-likely-to-drop-out-of-university-56276>
- Molenda, M., Rezabek, L. & Robinson, R. (2008). Facilitating learning. *Educational technology: A definition with commentary*, 15-47.
- Mustafa, M. N., Chowdhury, L. & Kamal, M. S. (2012, May). Students dropout prediction for intelligent system from tertiary level in developing country. En *2012 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)* (pp. 113-118). IEEE. Dhaka, Bangladesh. doi:10.1109/ICIEV.2012.6317441
- Nuremberg Code Code. (1949). The Nuremberg Code. Trials of war criminals before the Nuremberg military tribunals under Control Council Law N.º 10. Convention on Biological Diversity, (pp. 181- 182).
- Nardelli, M., Valenza, G., Greco, A., Lanata, A. & Scilingo, E. P. (2015). Recognizing emotions induced by affective sounds through heart rate variability. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 6(4), 385-394.
- Nelson, C. R. & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. The Belknap Press of Harvard University Press
- National Instruments. (nov 20, 2018) Managing Large Data Sets in LabVIEW. [Tutorial web]. Recuperado de <http://www.ni.com/white-paper/3625/en/>
- Nora, A., Attinasi Jr, L. C., & Matonak, A. (1990). Testing qualitative indicators of precollege factors in Tinto's attrition model: A community college student population. *The Review of Higher Education*, 13(3), 337-355.
- Norvig, P. & Russell, S. J. (1994). *Artificial intelligence: A modern approach*. Prentice Hall. Recuperado de <https://bit.ly/2OW1vPp>

- Noyes, J. & Frankish, C. (1992). Speech recognition technology for individuals with disabilities. *Augmentative and Alternative Communication*, 8(4), 297-303.
- Nuance Communication (6 de 1997). Dragon NaturallySpeaking. Obtenido de <https://www.nuance.com/dragon.html>
- Nye R. (1979). *What is B. F. Skinner really saying?* New York: Prentice Hall, 20-22.
- Ocuppaugh, J. (2015). *Baker Rodrigo Ocuppaugh monitoring protocol (BROMP) 2.0 technical and training manual*. New York, NY and Manila, Philippines: Teachers College, Columbia University and Ateneo Laboratory for the Learning Sciences, 60.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2005). Oslo manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3<sup>th</sup> ed. [Consulta en línea]. Recuperado de <https://bit.ly/34yMObz>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *Panorama de la educación 2017: Indicadores de la OCDE*. Madrid: Fundación Santillana, <https://doi.org/10.1787/eag-2017-es>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (Abril de 2019). How does socio-economic status influence entry into tertiary education? *Education Indicators in Focus 69*. Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b541bfcd-en>.
- Oksanen, K. & Hautamäki, A. (2014). Transforming regions into innovation ecosystems: A model for renewing local industrial structures. *Innovation Journal*, 19(2), 2-16. Recuperado de <https://bit.ly/2qp8jg4>
- Ortony, A., Clore, G. & Collins, A. (1988). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Oster, H., Daily, L., & Goldenthal, P. (1989). Processing facial affect. *Handbook of Research on Face Processing*, 101-161.
- Centro de Nivelación Académica de la Universidad de Antofagasta (10 de mayo de 2018). Programa Nivelación Académica 2015. Obtenido de Programa Nivelación Académica: <https://bit.ly/2KAAdMX>
- Parsons, J., Adler, T., & Meece, J. (1984). Sex differences in achievement: A test of alternate theories. *Journal of Personality and Social Psychology*.
- Paxiuba, C. M., Calado, J., Lima, C. P., & Sarraipa, J. (2018, September). CADAP: A student's emotion monitoring solution for e-learning performance analysis. En *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)* (pp. 776-783). IEEE.
- Peach, L. (1995). An introduction to ethical theory. *Research ethics: Cases and materials*, 13-26.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91-105.

- Peña, L. & Pérez, A. M. C. (2013). Review of some studies on university student dropout in Colombia and Latin America. *Acta Universitaria*, 23(4), 37-46. Recuperado de <https://bit.ly/2QzbHQ7>
- Pérez, J. (10 de mayo de 2018). Universidad Nacional Española a Distancia. ¿Qué es? ¿Y qué nos puede ofrecer? En *Inventos y adaptaciones caseras para personas con movilidad y destreza reducida* [Blog]. Recuperado de <https://bit.ly/35ifaH5>
- Piaget, J. (1989). *A psicologia da criança*. 17.ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- PIHE Network Project (s. f.). Guía de cooperación entre universidades latinoamericanas y europeas. [Folleto en línea]. Recuperado de <http://web.ua.es/pihe/download/Pihe-folletofinal.pdf>
- Pinheiro, C., Lima, C. & Martins, J. (2015). Instantiating the Maker Education Concept in the Brazilian Amazon Area. En *IEEE 24th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, (pp. 872-877). Búzios.
- Pivec, M., Trummer, C. & Pripfl, J. (2006). *Eye-Tracking Adaptable e-Learning and Content Authoring Support*. pp. 83-86.
- Pliner, S. M. & Johnson, J. R. (2004). Historical, theoretical, and foundational principles of universal instructional design in higher education. *Equity & Excellence in Education*, 37(2), 105-113.
- Plutchik, R. (1991). *The emotions*. University Press of America.
- Popenici, S. A. & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 22. doi: <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Porta, M., Ricotti, S., & Perez, C. J. (2012, April). Emotional e-learning through eye tracking. En *Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (Educon)* (pp. 1-6). IEEE.
- Potter, V. (1971). *Bioethics bridge to the future*. Prentice-Hall, 205 páginas
- Pritchard, A. (2009). *Ways of learning. Learning theories and learning styles in the classroom*. David Fulton Publish.
- Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (Pronabec). [Consulta en línea: 4 de mayo de 2018]. Pregrado - Beca 18. <https://www.pronabec.gob.pe/>
- Proyecto ACACIA. (febrero de 2016). ACACIA project. Obtenido de Proyecto ACACIA: <https://acacia.digital/en/>
- Rapp, R. & Ginsburg, F. (2013). Disability worlds. *Annu Rev Anthropol*, 42(1), 53-68.
- Ransdell, S. & Gilroy, L. (2001). The effects of background music on word processed writing. *Computers in Human Behavior*, 17, 141-148.

- Ravitch, D. (2013). *Reign of error: The hoax of the privatization movement and the danger to America's public schools*. Vintage.
- Red Acacia. (1 de 1 de 2018). Inicio - Red Acacia. [Consulta en línea: 8 de marzo de 2019, de Red de CADEP Acacia: <https://acacia.red/>]
- Reference. MD. (Julio de 2016). International Cooperation. Obtenido de Reference. MD: <http://www.reference.md/files/D007/mD007391.html>
- Reynolds, C. R. & Fletcher-Janzen, E. (Eds.). (2007). *Encyclopedia of special education: A reference for the education of children, adolescents, and adults with disabilities and other exceptional individuals* vol. 3. John Wiley & Sons.
- Richards, D., Fassbender, E., Bilgin, A. & Thompson, R. (2008). An investigation of the role of background music in IVWs for learning. *ALT-J* 16(3), 231-244.
- Richards, J. E. & Casey, B. J. (1991). Heart rate variability during attention phases in young infants. *Psychophysiology*, 28(1), 43-53.
- Robinson, K., & Aronica, L. (2016). *Creative Schools: The grassroots revolution that's transforming education*. Penguin Publishing Group.
- Robinson, T. E. & Hope, W. C. (2013). Teaching in higher education: is there a need for training in pedagogy in graduate degree programs? *Research in Higher Education Journal*, 21. [Consulta en línea: 15/5/2019]. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1064657.pdf>
- Roco, M. C. (1999). Nanoparticles and nanotechnology research. *Journal of Nanoparticle Research*, 1(1), 1-6.
- Rodríguez-Liñares, L., Lado, M. J., Vila, X. A., Méndez, A. J. & Cuesta, P. (2014). gHRV: Heart rate variability analysis made easy. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 116(1), 26-38.
- Roueche, J., Parnell, D., Kuttler, C. & Jones, P. (1994). *1,001 exemplary practices: In America's two-year colleges*. New York: McGraw-Hill College.
- Ruiz L. (2009). Deserción en la educación superior recinto Las Minas. Período 2001-2007. *Ciencia e Interculturalidad*, 4(2), 30-46. doi:<https://doi.org/10.5377/rci.v4i1.288>
- Runkler, T. A. (2016). *Data Analytics: models and algorithms for Intelligent Data Analysis*. Springer.
- Runkler, T. A. (2012). *Data Analytics*. Wiesbaden: Springer. doi, 10, 978-3.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161.
- Sahlberg, P. (2015). *Finnish lessons 2.0: what can the world learn from educational change in finland?* 2<sup>nd</sup> ed. New York: Teachers College Press, Columbia University. [Consulta en línea: 15/5/2019]. Recuperado de [http://www.submeet.eu/european\\_library/Finnish\\_lessons.pdf](http://www.submeet.eu/european_library/Finnish_lessons.pdf)

- Saneiro, M., Santos, O., Salmeron-Majadas, S., & Boticario, J. (2014). Towards emotion detection in educational scenarios from facial expressions and body movements through multimodal approaches. *The Scientific World Journal*, 2014. doi:10.1155/2014/484873
- Santos, O. C., Saneiro, M., Boticario, J. G. & Rodriguez-Sanchez, M. C. (2016). Toward interactive context-aware affective educational recommendations in computer-assisted language learning. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 22(1-2), 27-57.
- Sarraipa, J., Ferreira, F., Marcelino-Jesus, E., Artifice, A., Lima, C., & Kaddar, M. (2016, December). Technological innovations tackling students dropout. En *Proceedings of the 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion DSAI 2016*. (pp. 112-118). ACM. doi:10.1145/3019943.3019960
- Sarraipa, J. F. L.-F.-G. (2016). Smart techniques for emotional status detection of students during classroom attendance. *Conference: Smart Applications & Technologies for Electronic Engineering, SATEE 2016*,
- Schaaff, K., & Adam, M. T. (2013, September). Measuring emotional arousal for on-line applications: Evaluation of ultra-short term heart rate variability measures. En *2013 Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp. 362-368). IEEE.
- Scherer, K. (2000). Psychological models of emotion. En: Borod, J. (Ed.). *The neuropsychology of emotion*. Oxford University Press, 137-162.
- Scherer, K. R. (2000). Psychological models of emotion. En: Borod, J. (Ed.). *The Neuropsychology of Emotion, Series in Affective Science*, pp.137-162. Oxford University Press,
- Schmeck, R. R., & Geisler-Brenstein, E. (1989). Individual differences that affect the way students approach learning. *Learning and individual differences*, 1(1), 85-124.
- Senado de Brasil (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasilia: Senado Federal, Centro Gráfico.
- Senge, P. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Broadway Business.
- Shaughnessy, M. F. (1998). An interview with Rita Dunn about learning styles. *The Clearing House*, 71(3), 141-145.
- Shearer, C. (2000). The CRISP-DM Model: The New Blueprint for Data Mining. *J. Data Warehous*, vol. 5, n.º 4.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

- Simpson, R., LoPresti, E., & Cooper, R. (2008). How many people would benefit from a smart wheelchair? *J. Rehabil. Res. Dev.*
- Smutny, L. (2004). Intelligent measurement, diagnostic and control systems. *Acta Montanistica Slovaca, Slovak Republic*, 4, 156-158.
- Snyder, L. H., Rupperecht, P., Pyrek, J., Brekhus, S., & Moss, T. (1978). Wandering. *The Gerontologist*, 18(3), 272-280.
- SOLIDWORKS. (31 de mayo de 2016). 3D CAD Design Software SOLIDWORKS. Recuperado de <http://www.solidworks.com/>
- Spady, W. G. (1970). Dropouts from higher education: An interdisciplinary review and synthesis. *Interchange*, 1(1), 64-85.
- Spady, W. G. (1971). Dropouts from higher education: Toward an empirical model. *Interchange*, 2(3), 38-62. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02282469>
- Steele, K., Bass, K. & Crook, M. (1999). The mystery of the Mozart effect: Failure to replicate. *Psychological Science*, 10(4), 366-369.
- Stoffel, W., & Ziza, C. (2014). Evasão escolar em cursos superiores: estudo comparativo entre os pedidos de trancamento e o aproveitamento escolar. *IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação—Simped*, 11. [Consulta en línea: 15/5/2019]. Recuperado de <https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/46321536.pdf>
- Streichert, T. (2007). Self-Adaptive Hardware / Software Reconfigurable Networks Concepts , Methods, and Implementation.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643.
- Summerskill, J. (1962). Dropouts from College. En N. Stanford (Ed). *The American College* (pp. 627-655). New York: Wiley.
- Swinton, R. & El Kaliouby, R. (2012, September). Measuring emotions through a mobile device across borders, ages, genders and more. En *Proceedings of the ESO-MAR Congress*, Atlanta (pp. 1-12). [Consulta en línea: 15/5/2019]. Recuperado de <https://bit.ly/343EujH>
- Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly*, 134(35-36), 514-522.
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lippinen, J. A., Ranta-Aho, P. O. & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV-Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1), 210-220.
- Tavani, H. (2008). Informational privacy: concepts, theories, and controversies. En *The handbook of information and computer ethics*. (pp. 131-164). Encyclopedia of Bioethics. Wiley Online Library

- Thompson, W., Schellenberg, E. & Hussain, G. (2001). Arousal, mood and the Mozart Effect. *Psychological Science*, 12(3), 248-251.
- Thunborg, C., Edström, E. & Bron, A. (2011, April). Motives for entering, dropping out or continuing to study in higher education. En *RANLHE Conference on Access and Retention: Experiences of Non-traditional Learners in Higher Education*, Seville, Spain (pp. 7-8). Recuperado de <https://bit.ly/331Hxrx>
- Tillman, L. C. (2002). Culturally sensitive research approaches: An African-American perspective. *Educational Researcher*, 31(9), 3-12.
- Timmermans, J., Stahl, B. C., Ikonen, V., & Bozdag, E. (2010, November). The ethics of cloud computing: A conceptual review. En *2010 IEEE Second International Conference on Cloud Computing Technology and Science* (pp. 614-620). IEEE.
- Tinto, V. (2012). *Completing College. Rethinking Institutional Action*. The University of Chicago Press.
- Tripathi, K. K., Mukundan, C. R. & Mathew, T. L. (2003). Attentional modulation of heart rate variability (HRV) during execution of PC based cognitive tasks. *Ind J Aerospace Med*, 47(1), 1-10.
- Trueba, P., Prieto, A., Bellas, F., Caamaño, P. & Duro, R. J. (2012, April). Self-organization and specialization in multiagent systems through open-ended natural evolution. En *European Conference on the Applications of Evolutionary Computation* (pp. 93-102). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). (4 de mayo de 2018). Profesores tutores. Recuperado de <https://www.unedmadrid.es/profesorado>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco) (2014). *Enseñanza y aprendizaje: lograr la calidad para todos; informe de seguimiento de la EPT en el mundo, 2013- 2014*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000226159>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco). (2016). *Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for the implementation of Sustainable Development Goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco). (2014). *América Latina y el Caribe: Revisión Regional 2015 de la educación para todos*. Recuperado de <https://bit.ly/35hLcmk>
- Universidade Nova de Lisboa (Julio de 2016). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Programa Almeida Garrett [Consulta en línea]. Recuperado de <https://bit.ly/37bynf1>
- University of Mannheim Business School. (Julio de 2016). Benefits of a Cooperation. Recuperado de <https://bit.ly/34BgwwG>

- University of Wisconsin Center for Cooperatives. (Julio de 2016). The Philosophy of Cooperation and It's Relationship to Cooperative Structure and Operations. Obtenido de <http://www.uwcc.wisc.edu/info/ocpap/groves.html>
- Van den Broek, E. L. (2013). Ubiquitous emotion-aware computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(1), 53-67. doi: <https://doi.org/10.1007/s00779-011-0479-9>
- Van Den Broek, E., Lisý, V., Janssen, J., Westerink, J., Schut, M., & Tuinenbreijer, K. (2010). Affective man-machine interface: Unveiling human emotions through biosignals. 21-47. En *International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies* (pp. 21-47). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Van Diest, I., Winters, W., Devriese, S., Vercamst, E., Han, J., Van de Woestijne, K. & Van den Bergh, O. (2001). Hyperventilation beyond fight/flight: respiratory responses during emotional imagery. *Psychophysiology*, 38(6), 961-968.
- Van Ravenswaaij-Arts, C., Kollee, L., Hopman, J., Stoeltinga, G., & Van Geijn, H. (1993). Heart rate variability. *Annals of Internal Medicine*, 118(6), 436-447.
- Vandal, T., McDuff, D. & El Kaliouby, R. (2015, May). Event detection: Ultra large-scale clustering of facial expressions. En *2015 11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG)* (vol. 1, pp. 1-8). IEEE. doi:10.1109/FG.2015.7163079
- Villarejo, M., Zapirain, B. & Zorrilla, A. (2013). Algorithms based on CWT and classifiers to control cardiac alterations and stress using an ECG and a SCR. 6141-6170.
- Voogt, J., Fisser, P., Tondeur, J. & van Braak, J. (2016). Using Theoretical Perspectives in Developing an Understanding of TPACK. En *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (pp. 43-62). Routledge.
- Vygotsky, L. (1994). The problem of the environment (Orig. 1935). En R. Van der Veer & J. Valsiner (Eds.) *The Vygotsky reader*. Cambridge, MA: Blackwell, 338-354.
- Wald, M. (2005, October). Using automatic speech recognition to enhance education for all students: Turning a vision into reality. En *Proceedings Frontiers in Education 35th Annual Conference* (pp. S3G-S3G). IEEE.
- Wang, H., Chignell, M. & Ishizuka, M. (2006, March). Empathic tutoring software agents using real-time eye tracking. En *Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications* (pp. 73-78). ACM.
- Wankat, P. C. (1999). Educating engineering professors in education. *Journal of Engineering Education*, 88(4), 471-475. doi: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00476.x>
- Webster, T. (2010). *Nanotechnology enabled in situ sensors for monitoring health*. (vol. 68) Springer Science & Business Media.

- Wei, H., Moldovan, A. N. & Muntean, C. H. (2009). *Sensing learner interest through eye tracking*.
- Munroe, T. & Westwind, M. (2009). *What makes Silicon Valley tick?: The ecology of innovation at work*. Nova Vista Publishing.
- Whittle, J., Sawyer, P., Bencomo, N., Cheng, B. H., & Bruel, J. M. (2010). RELAX: a language to address uncertainty in self-adaptive systems requirement. *Requirements Engineering*, 15(2), 177-196.
- Wikipedia. (Julio de 2016). Cooperation. Obtenido de <https://en.wikipedia.org/wiki/Cooperation>
- Wilensky, U. (1999). Center for connected learning and computer-based modeling. En NetLogo. Northwestern University. [Consulta en línea 15/5/2019] Recuperado de <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/VirusonaNetwork>
- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. Boston: MIT Press. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/j.ctt17kk851>
- Wilensky, U. & Stonedahl, F. (2008). NetLogo Virus on a Network model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling.
- Wilson, T., & Brown, T. (1997). Reexamination of the effect of Mozart's music on spacial-task performance. *The Journal of Psychology* 131(4), 365-370.
- Winter Sidney, G., & Nelson, R. R. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Rochester, New York: Social Science Research Network.
- Wooldridge, M. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems*. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons Ltd. Recuperado de <https://bit.ly/340lS44>
- World Health Organization. Dementia. [Blog WHO]. Recuperado de [https://www.who.int/health-topics/dementia#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/dementia#tab=tab_1)
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama*.
- Wu, W. & Lee, J. (2009, November). Improvement of HRV methodology for positive/negative emotion assessment. En 2009 *5th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing* (pp. 1-6). IEEE.
- Wuchty, S., Jones, B. F., & Uzzi, B. (2007). The increasing dominance of teams in production of knowledge. *Science*, 316(5827), 1036-1039.
- Yang, G. Z., Dempere-Marco, L., Hu, X. P. & Rowe, A. (2002). Visual search: psychophysical models and practical applications. *Image and Vision Computing*, 20(4), 291-305.
- Yarbus, A. L. (1967). Introduction. En A. L. Yarbus, *Eye Movements and Vision*. Springer. Obtenido de <https://www.springer.com/us/book/9781489953810>

- Yorozu, T., Hirano, M., Oka, K. & Tagawa, Y. (1987). Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface. *IEEE Translation Journal on Magnetics in Japan*, 2(8), 740-741.
- Young, M. (2002). *The technical writer's handbook: writing with style and clarity*. University Science Books.
- Zabala, J. S. (2005). Using the SETT framework to level the learning field for students with disabilities. *Retrieved August*, 10, 2010.
- Zarrad, A., & Zaguia, A. (2015, April). Building a dynamic context aware approach for smart e-learning system. En *2015 Second International Conference on Computing Technology and Information Management (ICCTIM)* (pp. 144-149). IEEE.
- Zenteno Trejo, Blanca Yaquelin, Osorno Sánchez Armando, y López Portillo Tostado Vicente. «El Consejo para la Acreditación de la Educación Superior “COPAES” en México: Retos y reflexiones.». *Revista de Educación y Derecho*, [en línea], 1, n.º 15, <https://www.raco.cat/index.php/RED/article/view/320716>
- Zhai, J., & Barreto, A. (2006, May). Stress Recognition using Non-invasive Technology. En *Proceed. 19th Int. Florida Artif. Intell. Res. Soc. Conf. (FLAIRS)*, (pp. 395-401).
- Zhou, M. (2011). Learning styles and teaching styles in college english teaching. *International Education Studies*, 4(1), 73-77.

# Editoras y autores

- **Editoras**

Emma Barrios Ipenza  
Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo  
Manuella Kadar  
Elsa Marcelino-Jesús

- **Autores en orden alfabético**

*Igor Almanza Lurita*

Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Egresado de la Maestría de Dirección de Empresas Industriales y de Servicios. Auditor ISO 9001, diplomado en Logística, Sistemas Integrados de Gestión (calidad, medio ambiente y seguridad) y en Calidad Total. Ha participado como expositor en la Semana Tecnológica en Colombia. Cuenta con experiencia como consultor y gestor de proyectos en instituciones estatales y en empresas privadas, además de docente y mentor en proyectos de Investigación, Desarrollo, Innovación y Emprendimiento (I+D+i+e). Miembro de los módulos Convoca y Calidad del Proyecto Acacia por la UNMSM.

### **Daniel Alves**

Daniel es estudiante de maestría. Se graduó en Ingeniería Electrotécnica en la Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Actualmente, también es desarrollador «Full-Stack» en Aptiv, una compañía de tecnología global que desarrolla soluciones más seguras, más verdes y más conectadas que permiten el futuro de la movilidad. Sus actividades están relacionadas con la ingeniería informática y el desarrollo de *software* más relacionados con la electrónica, las telecomunicaciones y los sistemas digitales. También está desarrollando una tesis de maestría relacionada con el proyecto Acacia, más específicamente, creando un marco para evaluar y hacer crecer innovaciones automáticamente.

### **Andreia Artífice**

Es investigadora en GRIS (Grupo de Investigación sobre Interoperabilidad de Sistemas), integrado en el Centro de Tecnología y Sistemas (CTS) de Uninova. Es graduada en Ciencias de la Computación por el Instituto Superior Técnico, con una maestría y un diploma de Especialización Avanzada en Ciencias de la Computación también por el Instituto Superior Técnico. Actualmente es estudiante de doctorado en Ingeniería Eléctrica e Informática en la Universidade Nova de Lisboa, Facultad de Ciencias y Tecnología. Sus actividades de investigación se centran en la educación y el e-learning. Además, ha desarrollado investigaciones sobre la interacción humana y sobre accesibilidad. Tiene experiencia como docente en el Instituto Superior Técnico, en Sistemas Distribuidos; Bases de datos y cursos de Algoritmos y Estructuras de Datos.

### **Emma Barrios Ipenza**

Doctora en Gobierno y Políticas Públicas por la Universidad Complutense de Madrid, obtuvo el DEA del Doctorado de Educación en la UNED de España, Psicóloga Social por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Trabajó con organizaciones estudiantiles en América Latina; en el Ministerio de Educación de Perú en los procesos de capacitación en gestión, descentralización educativa y planificación de la educación rural. Fundó y dirigió la Escuela de Postgrado de la Universidad Continental, donde actualmente es directora de la Modalidad Semipresencial y a Distancia. Publica e investiga sobre profesionalización de la gestión pública, educación a distancia, virtual, inclusión y calidad de educación superior.

### **Jesús G. Boticario**

Catedrático de universidad en el Departamento de Inteligencia Artificial de UNED. Dirige el grupo de investigación aDeNu. Coordinador científico de proyectos nacionales y europeos de investigación (26 en total) sobre sistemas de aprendizaje adaptativos e inclusivos basados en técnicas de inteligencia artificial y modelado de usuario. Autor de más de 200 artículos y diversos libros de investigación. Organizador de conferencias y *workshops* nacionales e internacionales. Ha tenido diversos cargos en tecnología aplicada a la educación (Vicerrector de Digitalización e Innovación, de Innovación y Desarrollo Tecnológico, Director General del Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico, etc.). Miembro del Consejo Asesor del Centro de Atención a Universitarios con Discapacidad UNED (UNIDIS). Miembro del Consejo Asesor de La Cátedra Telefónica-UNED de Responsabilidad Corporativa y Sostenibilidad de la UNED.

### ***Jorge Calado***

Jorge Calado es investigador de UNINOVA, tiene una maestría en Ingeniería Eléctrica e Informática por la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidade Nova de Lisboa (FCT / UNL). Sus principales áreas de interés incluyen la visión por computador, el aprendizaje automático y el desarrollo integrado de sistemas y *hardware*. Ha participado en investigaciones en el proyecto AAL CARELINK para pacientes con demencia, y en el proyecto de investigación Acacia, en las áreas de interoperabilidad de sistemas, sistemas de base de conocimientos, aprendizaje electrónico y desarrollo de aplicaciones.

### ***Gloria Andrea Cavanzo***

Matemática de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Ciencias Matemáticas. Profesora de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Integrante del Grupo de Investigación Metis. Investigadora del Proyecto Acacia.

### ***Miguel Ángel Córdova Solís***

Director de Tecnologías Digitales para la Educación y docente en la Universidad Continental (UC) de Perú. Ingeniero de Sistemas y Doctorando en Ingeniería de la Información y del Conocimiento. Magíster en Software Libre y Magíster en Administración. Cuenta con el Diploma Internacional de Cambridge para Profesores y Capacitadores<sup>1</sup> y MCCC. Ponente y participante en diversos eventos nacionales e internacionales. Recibió el premio Blackboard Catalyst Award for Student Success

---

1 Cambridge International Diploma for Teachers and Trainers (University of Cambridge).

(Blackboard - USA), Reconocimiento a Mejor Docente Experiencial 2018 en la UC.

***María Isabel Ginocchio***

Magíster en Lingüística por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es coordinadora del Grupo de Investigación «Atención y Orientación de las Alteridades: Poblaciones Diversas e Incorporación Tecnológica» (Altertec), aprobado por el Vicerrectorado de Investigación de la UNMSM, además de directora del Instituto de Investigaciones Lingüísticas (Invel) de la Facultad de Letras de la misma universidad. Ha participado en el proyecto Alter-Nativa «Referentes curriculares con incorporación tecnológica para facultades de educación en las áreas de lenguaje, matemáticas y ciencias, para atender poblaciones en contextos de diversidad», financiado por la Unión Europea.

***Juan Carlos Guevara***

Ingeniero de Sistemas de la Universidad Central, especialista en Auditoría de Sistemas de Información de la Universidad Católica de Colombia, especialista en Sistemas de Información en la Organización de la Universidad de los Andes y Magister en Ciencias de la Información y de las Telecomunicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Actualmente es profesor de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del Grupo de Investigación Metis.

***Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo***

Doctora en Ciencias de la Comunicación, Magíster en Comunicación en Sociedad y Problemas Sociales, experto en Comunicación e Imagen Corporativas y Perito Judicial en Análisis Pericial de Accesibilidad Web. Es directora de Investigación y Desarrollo de Soporte en Accesibilidad en el Grupo de Investigación aDeNu, del Departamento de Inteligencia Artificial de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Patrono fundador y directora general de la Fundación Sidar - Acceso Universal, es activista de la accesibilidad informática desde 1995. Ha publicado más de 100 artículos en conferencias científicas. Imparte cursos de grado y Maestría en las universidades Pompeu Fabra y UNED. Ha participado en 21 proyectos de investigación. Es experto invitado en varios grupos de trabajo del W3C-WAI. Coordinadora del paquete de trabajo 5 Apoya y Coordinadora Técnico Científica general del proyecto Acacia.

***Ricardo Jardim-Gonçalves***

Tiene un doctorado y recibió su habilitación en Sistemas de Información Industrial por la Universidad NOVA de Lisboa (UNL). Es profesor titular en la Universidad NOVA de Lisboa, Facultad de Ciencias y Tecnología (FCT NOVA), y director en UNINOVA - Instituto de Desarrollo de Tecnologías Tecnológicas. Se graduó en Ciencias de la Computación, tiene una maestría en Investigación de Operaciones e Ingeniería de Sistemas. Sus actividades de investigación se han centrado en la interoperabilidad de sistemas complejos. Ha investigado en proyectos financiados por la Comisión Europea durante los últimos 30 años, con más de 200 artículos publicados en conferencias, revistas y libros. Dirige el Grupo para Investigación en Interoperabilidad de Sistemas (GRIS)

en el Centro de Tecnologías y Sistemas (CTS) de la UNINOVA. Tiene una actividad de estandarización relevante actuando como líder de proyecto en ISO TC184 / SC4.

### ***Manuella Kadar***

Es doctora en Informática y en Historia, tiene una maestría en Ciencias de la Computación y es licenciada en Ingeniería Mecánica. Actualmente es profesora en la Universidad at '1 Decembrie 1918' de Alba Iulia, Rumanía, en el Departamento de Ingeniería y Ciencias de la Computación. Dirige el departamento de Investigación, Innovación y Desarrollo. Sus áreas de investigación incluyen gestión de la educación superior, inteligencia artificial, procesos de cambio curricular, rediseño y evaluación del currículo y sistemas informáticos. Es miembro de la Sociedad Informática IEEE, de la Sociedad de Teoría de la Información IEEE, Inteligencia computacional IEEE, Mujeres en Ingeniería IEEE, Sociedad para la Educación IEEE.

### ***Olga Lucía León Corredor***

Doctora en Educación, en el área de Educación Matemática de la Universidad del Valle (2005). Actualmente es Coordinadora técnica del Proyecto de Centros de Cooperación para el Fomento, Fortalecimiento y Transferencia de Buenas Prácticas que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen a la comunidad universitaria (ACACIA). Proyecto ganador del programa Erasmus+ de la Unión Europea. Líder Científica del programa Arquitectura Pedagógica Didáctica y Tecnológica para la formación de profesores en y para la diversidad, de la Alianza de Instituciones para el Desarrollo de la Educación y la Tecnología en Colombia (Aidetc), financiado por Colciencias.

***Fernando Luís-Ferreira***

Investigador sénior de la Universidade Nova de Lisboa, tiene un doctorado en Sistemas de Percepción y Computación de Ingeniería Eléctrica e Informática y una maestría en Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la misma Universidad (FCT / UNL). Sus principales áreas de interés son aquellas que relacionan la ingeniería con la salud y las ciencias humanas. Ha participado en proyectos de investigación en el dominio aeroespacial y aplicaciones de salud, incluida la gestión del conocimiento y la investigación clínica sobre el cáncer y los estudios cerebrales, así como del área de la Educación. Con dos libros publicados en Ciencias de la computación y más de 50 publicaciones científicas, lleva más de 20 años enseñando y mantiene sus actividades de investigación centradas en Ingeniería Futurista, Gestión del Conocimiento y Ciencias Cognitivas.

***Elsa Marcelino-Jesus***

Investigadora científica en el centro UNINOVA, tiene una maestría en Economía en el área de empresas comerciales y actualmente es candidata al doctorado en el programa de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidade Nova de Lisboa (FCT / UNL). Su área de investigación principal está relacionada con la validación técnica y comercial de proyectos de TIC, incluidos temas como ingeniería de requisitos, evaluación de tecnología, capacitación electrónica, aprendizaje mixto. También tiene experiencia en el área de negocios de parques científicos, principalmente debido a su experiencia laboral anterior en el «Parque de Ciencia y Tecnología de Almada / Setúbal».

***Celson Pantoja Lima***

Celson Pantoja Lima ha sido profesor visitante en el Centro de Rendimiento Industrial (IPC, por sus siglas en inglés) del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), posdoctorado en el Centre Scientifique et Technique du Batiment, Sophia Antipolis, Francia, profesor asistente en la Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Ingeniería Eléctrica, investigador en el Instituto de Nuevas Tecnologías (UNINOVA), Portugal. Celson obtuvo su doctorado de la Universidade Nova de Lisboa, su maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Santa Catarina y la licenciatura en Informática de la misma institución. Desde 2011 es profesor en el Programa de Ciencias de la Computación en la Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

***Carla Marina Paxiúba***

Licenciada en Ciencias de la Computación (2003), magister en Informática Aplicada (2007) y doctorada en Ciencias por la Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Se desempeña como profesor asistente en la misma Universidad. Tiene experiencia en el área de Informática, con énfasis en Ingeniería de Software. Se interesa principalmente en los siguientes temas: procesos de desarrollo, entornos de desarrollo de software, calidad de software y gestión de proyectos y computación educativa.

***Mar Saneiro Silva***

M.<sup>a</sup> del Mar Saneiro Silva, es personal docente e investigadora de UNED desde 2002. Psicóloga clínica y doctora en Psicología, especializada en detección de señales fisiológicas y reconocimiento de patrones conductuales,

discapacidad, alteraciones del desarrollo y dificultades de aprendizaje, ha participado como investigadora en diversos proyectos nacionales e internacionales. El principal ámbito en el que ha desarrollado su labor se centra en el desarrollo, implementación y adaptación de nuevas metodologías formativas, aplicadas a través de las TIC, en el campo de la educación, frente a la mejora de la integración, inclusión y participación de adultos y mayores, así como colectivos en riesgo de exclusión social. Ha participado en diversas redes y grupos de investigación como son RETADIM, Psicobiotecnomedicina sobre Discapacidad (UNED), aDeNu (UNED).

### *Joao Sarraipa*

Es investigador senior en el centro UNINOVA, licenciado en Ingeniería Electrónica y de computadores, tiene una maestría en Ciencias de la Computación y un doctorado en el área de Sistemas de Información Industrial de Ingeniería Eléctrica y de computadores, todos ellos por la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL). Es profesor invitado de la misma Universidad. Tiene amplia experiencia en investigación y coordinación de actividades debido a su trabajo en varios proyectos de investigación y desarrollo nacionales e internacionales en UNINOVA desde 2001, por lo que ha contribuido a la publicación de 100 artículos de investigación en revistas y conferencias reconocidas internacionalmente y relacionadas con áreas como Sistemas Ciber-Físicos, gestión del conocimiento, interoperabilidad semántica y e-Training. Coordinador del Paquete de Trabajo 3 Innova del proyecto Acacia.

***Majid Zamiri***

Licenciado en Psicología General (2006) y cuenta también con la especialización de MBA en gestión estratégica de Universiti Teknologi Malaysia (2012). Desde 2016, comenzó a estudiar el doctorado en la Universidade Nova de Lisboa y a investigar en el tema de Colaboración y aprendizaje en masa. Trabaja en el área de Aprendizaje Colaborativo, Gestión del Conocimiento, Emprendeduría Empresarial e Innovación. Actualmente, es Investigador en UNINOVA y tiene experiencias laborales como Investigador (5 años), CEO (3 años), Gerente (7 años).

La *cuarta revolución* industrial plantea cambios y transformaciones en todos los ámbitos de la sociedad y la educación no es la excepción; problemáticas tradicionales que enfrenta la educación superior como la deserción, el comportamiento y la diversidad estudiantil, son analizadas desde enfoques fisiológicos y emocionales, ante ello, se plantean diversas iniciativas de soluciones con base en *tecnologías disruptivas* como la Inteligencia Artificial, la computación afectiva y la web semántica denominadas en el libro como *estudios de casos* donde se describen las innovaciones con tecnologías disruptivas. Finalmente, y ante la gran interrogante y preocupación de académicos y científicos; por el desarrollo de la robótica, las inteligencias artificiales y de software en general se abordan las cuestiones y el impacto ético.

ISBN: 978-612-4443-08-4



9786124443084