

# Agente para el reconocimiento y gestión de ambientes en salones inteligentes

## Agent for the recognition and management of environments in smart classrooms

Rivero, Dulce<sup>1,2\*</sup>; Narvaez, David<sup>2</sup>; Arciniega, Stalin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador

\*milagro@ula.ve, dmrivero@pucesi.edu.ec

### Resumen

*Este trabajo presenta el diseño y construcción de un agente de software responsable de controlar un conjunto de variables asociadas a un salón de clases. El agente identifica a los usuarios que se encuentra en el salón de clases y registra la asistencia de los mismos, también le permite conocer los estudiantes que no asisten al curso., Por otro lado, el agente controla las variables del entorno con base en las condiciones de luminosidad, ruido y temperatura teniendo en cuenta el tipo de actividad académica que se está realizando, tales como reproducción de videos, actividades prácticas, lecturas. Estas variables mantienen el salón con un ambiente adecuado y agradable para los asistentes generando un entorno idóneo para el proceso de enseñanza aprendizaje. Los ambientes inteligentes son utilizados en la automatización de los procesos de enseñanza, se conocen como Salones Inteligentes. En estos sistemas convergen distintas áreas del conocimiento como son el Internet de las Cosas, la Inteligencia Artificial, las tecnologías de comunicación y la analítica de datos entre otras, las cuales permiten crear espacios más personalizados y adecuados para que los procesos de enseñanza sean personalizados y adaptados a las necesidades de aprendizaje de cada estudiante. El agente de gestión forma parte de una arquitectura multiagente para salones inteligentes, el agente colabora con los otros agentes ofreciendo información relacionada con el entorno, tales como la asignatura, a impartir, temperatura actual, nivel de luminosidad, número de asistentes. Para decidir las acciones a ejecutar, el agente utiliza los datos obtenidos del mundo real a través de la red sensores que se encuentran distribuidos dentro del salón, la información recibida de otros agentes y los datos de su estado interno. Para el reconocimiento de personas, se utilizó una cámara con un módulo de reconocimiento*

**Palabras claves:** Ambientes inteligente, salones Inteligentes, agentes, redes de sensores

### Abstract

*This work presents the design and construction of a software agent responsible for controlling a set of variables associated with a classroom. The agent identifies the users who are in the classroom and records their attendance, also allows him to meet the students who do not attend the course., On the other hand, the agent controls the environment variables based on the conditions of luminosity, noise and temperature taking into account the type of academic activity that is being carried out, such as video reproduction, practical activities, readings. These variables maintain the classroom with a suitable and pleasant environment for the attendees, creating an ideal environment for the teaching-learning process. Intelligent environments are used in the automation of teaching processes, they are known as Smart Classrooms. In these systems converge different areas of knowledge such as the Internet of Things, Artificial Intelligence, communication technologies and data analytics among others, which allow to create more personalized and adequate spaces for teaching processes to be personalized and adapted to the learning needs of each student. The management agent is part of a multi-agent architecture for smart rooms, the agent collaborates with the other agents offering information related to the environment, such as the subject, current temperature, brightness level, number of attendees. To decide the actions to be executed, the agent uses the data obtained from the real world through the network sensors that are distributed within the room, the information received from other agents and the data of its internal state. For the recognition of people, a camera with a recognition module was used*

**Keywords:** Intelligent environment, intelligent classroom, agents, sensors networks

## 1 Introducción

En las dos últimas décadas el Internet ha estado en constante evolución, así mismo, han evolucionado nuevas tecnologías como son las redes de sensores y las comunicaciones inalámbricas (Whitmore y col., 2015). La convergencia de estas dos tecnologías, es decir, Internet y las redes de sensores, están dando lugar a nuevas posibilidades en el desarrollo de dispositivos ubicuos, conscientes del contexto y permitirán la inteligencia ambiental. Estos sistemas ofrecen nuevas formas de interactuar con el medio, donde un conjunto de sensores conectados a través de dispositivos inalámbricos facilitan el acceso a la información en cualquier momento y lugar (Computación ubicua). Estos dispositivos son necesarios para la creación de un Ambiente Inteligente (AmI), en los que las redes inalámbricas de sensores juegan un papel fundamental para la percepción, captación y distribución de los datos obtenidos (Archila y col., Morillo y col., 2013)

Existen diferentes definiciones de ambientes inteligentes AmI (Cook 2009, Griol y col., 2011), sin embargo, existen un grupo de características que son comunes en todas estas definiciones, una de ellas es que son ambientes sensitivos que responden, se adaptan, son transparentes, ubicuos e inteligentes. Para ello, los AmI son dotados de dispositivos y sensores que se comunican y colaboran entre sí, con el propósito de adaptar su entorno a las necesidades de las personas que se encuentran realizando alguna actividad, creando espacios más confortables y agradables, mejorando la productividad y satisfacción de las mismas, todo ello de manera transparente y sin ingresar como un intruso.

Los AmI han tenido un impacto importante en muchos dominios, como hospitales oficinas y educativos entre otros. Los AmI en dominios educativos se conoce como salones inteligentes (SaI). Estos son espacios caracterizados por facilitar el acceso a la información, enriqueciendo sus espacios de aprendizaje. Un SaI debe generar un entorno adecuado y confortable, a fin de mejorar el rendimiento y el proceso de aprendizaje del estudiante

Existen diferentes factores a tenerse en cuenta en el proceso de enseñanza a la hora de construir una plataforma para SaI, algunos de ellos son las estrategias didácticas, los métodos de enseñanza, los recursos de aprendizajes y los factores ambientales. Según Elosúa y col., (1993) "El aprendizaje requiere unas condiciones ambientales que faciliten la concentración como condiciones de lugar iluminación, ausencia de ruido y distractores en general. También es muy importante la planificación de horarios y tiempos para las diversas materias"

Para lograr que un SaI se mantenga en condiciones adecuadas, se utilizan una variedad de dispositivos (sensores y actuadores) que permiten reconocer y controlar su entorno. Estos dispositivos capturan un conjunto de variables tales como la presencia de objetos, su localización, la temperatura del ambiente y luminosidad;

variables que permita a un agente de software identificar las condiciones de su entorno (Ríos 2014). Además de esta información, un AmI utiliza la información de su estado interno y de la información que otros agentes pueden ofrecer del mundo externo. Con toda esta información un AmI realiza las acciones necesarias para que el ambiente se adecue a las necesidades de cada usuario.

Los trabajos en el campo de los SaI son extensos, en la literatura se encuentra propuestas que abordan este problema desde diferentes perspectivas, en unos casos se centran en el uso de dispositivos aumentados para el desarrollo de las actividades en clase, como es el caso de AmI-DesK desarrollado por Antona y col., (2010). Xie y col., (2001) abordan el problema de la enseñanza remota y local, ofreciendo la posibilidad de interactuar como si se estuviera físicamente en el salón. El profesor y los alumnos que se encuentran de manera local interactúan a través de un pizarrón interactivo y de lápices digitales para hacer anotaciones que lo estudiante remotos pueden visualizar.

Otros trabajos se han dedicado al desarrollo de herramienta que muestre a los profesores la información del estudiante. Leonidis y col., (2010) proponen ClassMate, un framework abierto para Ambientes Inteligentes en educación, entre sus características están interoperabilidad de los servicios del ambiente, comunicación síncrona y asíncrona, capacidad de adaptación y seguridad. Adicionalmente, se encuentran trabajos que presentan modelos conceptuales para salones inteligentes como es el caso del diseño de la arquitectura para salones inteligentes basada en un modelo de capas propuestos por Hernández y col., (2014) y las arquitecturas basadas en agentes (Ovalles y col., 2006).

Otros autores se enfocan en la percepción del ambiente mediante el uso de sensores y actuadores, tal como iClass (Ramadan y col., 2010) el cual es un ambiente inteligente donde, a un salón, se integran un conjunto de sensores embebidos, actuadores, procesadores y una red heterogénea, creando un espacio multiusuario, dentro de este enfoque se ubica el presente trabajo.

En este trabajo se presenta el diseño del agente que gestiona el entorno de un salón de clases, también se presentan los resultados obtenidos a partir de la construcción del agente. Sus principales funciones son la identificación de los usuarios, la gestión de horario y el control de las variables ambientales, tomando en cuenta el tipo de actividad que se realiza en ese horario. El agente forma parte de la arquitectura multiagente para SaI propuesta por Rivero y col., (2016). Para el control se utilizan los valores actuales, del entorno, para ello, se diseñó una red de sensores inalámbricos que capturan las condiciones del entorno.

El resto de este trabajo está organizado en sesiones. En la sección dos se presentan los conceptos de base que soportan este trabajo. En la tercera sección se presenta brevemente la metodología que se siguió en el desarrollo del agente y en la sección cuatro se describe la arquitectura multiagente en la que se soporta este trabajo e y se listan los comportamiento que el agente debe tener. La sección cinco presenta el

diseño del agente del entono, describiendo la red de sensores inalámbricos utilizada para la captura de los datos y el diseño de cada uno de los componentes del agente. Finalmente, en la sección sexta las conclusiones y trabajos futuras son presentados.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Redes de sensores inalámbricos

Una red de sensores inalámbricos (WSN) se define como una red de característica configurable integrada por un conjunto de nodos sensores, distribuidos, que colaboran en una tarea común. Están formadas por un grupo de sensores con capacidades adquisición de datos (sensoriales) y de comunicación.

Las redes de sensores es un concepto relativamente nuevo, usado para la adquisición y tratamiento de datos en muchas aplicaciones, como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental. Los sensores imitan la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello se encuentran una variedad de sensores asociados a cada sentido: sensores de visión e iluminación que emulan la vista, sensores de ruido, sonidos que imitan el oído, sensores de contacto que reproducen el tacto, entre otro. Por lo tanto, los sensores son dispositivos electrónicos que permiten interactuar con el entorno, proporcionando datos que una vez procesados permiten tomar las acciones adecuadas.

Una red de sensores inalámbrica es una infraestructura compuesta de muchos nodos sensores, cada uno equipados con microcontrolador, una fuente de energía (casi siempre una batería), un radio transceptor (RF) y un elemento sensor (fig. 1), con autonomía y distribución física con capacidades de comunicación inalámbrica limitadas. Son dispositivos de bajo coste y consumo, capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación.

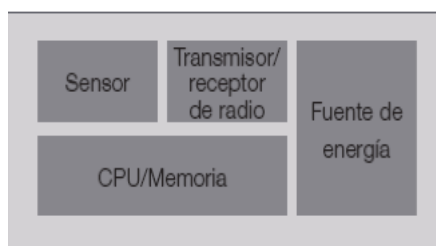


Fig. 1. Estructura de un nodo sensor. (Wireless Sensor Network, s.f.)

Las redes de sensores inalámbricos ofrecen velocidades de transmisión relativamente bajas con enlaces de corto alcance. Se caracterizan por ser redes desatendidas (sin intervención humana), con alta probabilidad de fallo (en los nodos, en la topología), habitualmente construidas ad-hoc para resolver un problema muy concreto (es decir, para ejecutar una única aplicación). Una ventaja de las

arquitecturas basadas en redes de sensores inalámbricas es su escalabilidad

Existen diferentes redes de sensores inalámbricas y cada red utiliza sus propios estándares, protocolos y formatos de representación de datos. Sin embargo, existen un conjunto de características, independientes del tipo de red, que son deseables, estas son: (Morillo y col., 2013)

- Fácil instalación.
- Auto-identificación.
- Auto-diagnóstico.
- Confiabilidad.
- Coordinación con otros nodos.
- Funciones software y de tratamiento digital de la señal.
- Protocolos de control y de interfaz de red estándares.

En el resto de esta sección se describen las tecnologías utilizadas en el trabajo

### 2.2 Tecnologías inalámbricas estándares: ZigBee

Los estándares inalámbricos más conocidos son: para redes LAN el IEEE 802.11b (Wifi) y para redes PAN el protocolo IEEE 802.15.1 e IEEE 802.15.4.

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbricas diseñado por la Zigbee Alliance, creado para solventar necesidades del mercado de un sistema a bajo coste y solventar problemas de interoperabilidad y duración de baterías, siendo ideales para redes domóticas. Zigbee brinda seguridad en la comunicación con tasas bajas de transmisión de datos (*Low-Rate Wireless Personal Area Network* LR-WPAN) y la comunicación se realiza en banda libre de 2.4 GHz a través de una frecuencia única.

Según la función que cumplan en la red, se definen tres tipo de dispositivos ZigBee (Oyarce, 2010); el primero es el **coordinador o nodo raíz**, éste tiene la función de formar la red, además establece el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red), también puede realizar funciones como Router, es decir, que participa en el enrutado de paquetes y es origen y/o destinatario de información. Además, es el responsable del arranque y configuración de los parámetros de red, admisión de nodos y asignación de direcciones de red; el segundo, denominado **routers** es un nodo que crea y mantiene la información sobre la red, también determina la mejor ruta para transmitir un paquete de información. La función principal es retransmitir paquetes de otros router o de un dispositivo final (*End Device*), previa unión a una red Zigbee; finalmente los dispositivos finales, estos, por no tener la capacidad de enrutar paquetes o enviar información directamente a otro dispositivo final (*end-device*), sólo puede interactuar a través de su nodo padre. La capa de red soporta algunas configuraciones tal como se muestran en la figura 2, estas son (Dignani 2011):

**Topología Estrella:** se caracteriza por tener un coordinador con uno o varios nodos hijos, su alcance está limitado al rango de transmisión del coordinador, la configuración es muy sencilla, y el coordinador es el único nodo que rutea paquetes.

**Topología Árbol:** en esta topología los nodos ruteadores pueden tener nodos hijos con una comunicación directa entre ellos, un ruteo jerárquico y un único camino.

**Topología Malla:** se destaca porque los nodos ruteadores pueden tener nodos hijos, además los terminales solo pueden intercambiar datos con sus respectivos nodos padres, y es posible el ruteo dinámico.

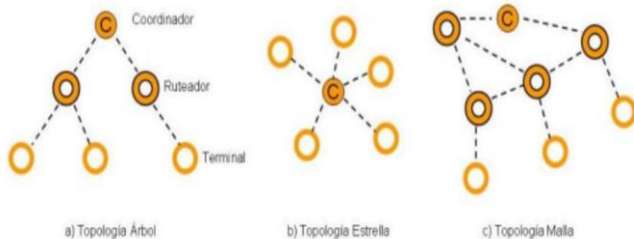


Fig. 2. Tipos de topología. (Dignani, 2011.)

## 2.2 Arduino

Arduino es una placa con un microcontrolador y un Entorno de desarrollo Integral (IDE) que facilita la programación de dispositivos electrónicos. Se utiliza para desarrollar objetos interactivos, teniendo las entradas de una variedad de interruptores o sensores, y el control de una variedad de actuadores, motores, y otras salidas físicas. Una placa arduino puede comunicarse con una aplicación software que se ejecuta en un ordenador a través de un puerto de comunicación serial universal USB.

## 2.3 Sensores

Los sensores son de distinta naturaleza y tecnología, toman del medio la información y la convierten en señales eléctricas. Existen placas con sensores de medida de muy diversos parámetros, como sensores de presión barométrica, GPS, movimiento, luz, medida de radiación solar, humedad en suelo, humedad aire, temperatura, sonido, velocidad del viento, etc.

**Sensores de movimiento:** son dispositivos que transmiten y reciben radiaciones, los sensores accionan sus contactos cuando detectan variaciones de movimiento en las señales captadas, que posibilitan el accionamiento de diferentes dispositivos interconectados. Algunos sensores de movimiento son: los sensores infrarrojos detectan el cambio de un ambiente a través de la temperatura de los cuerpos; sensores ultrasónicos, capaces de captar variaciones en el espacio a través de una onda ultrasónica que recorre el ambiente y vuelve al detector rebotando en cada objeto que se encuentra en el ambiente. Si el dispositivo detecta un

nuevo objeto se activa.

**Sensor de iluminación:** son dispositivos que registran los niveles de luminosidad, su valor varía dependiendo de la luz. A medida que recibe más intensidad luminosa su resistencia va disminuyendo. Dentro de este tipo de sensores se tienen: sensores reflectados y por intercepción, están basados en el empleo de una fuente de señal luminosa y una célula receptora del reflejo de esta señal, que puede ser un fotodiodo, un fototransistor, LDR, incluso chips especializados, como los receptores de control remoto.

**Sensores de temperatura:** son dispositivos que miden la temperatura del aire. Existe una gran variedad de sensores de temperaturas; termocuplas, termistores, termómetros infrarrojos, termorresistencia, siendo el más utilizado las termocuplas.

**Sensores de sonido:** El ruido se puede definir como un sonido no deseado. Las ondas sonoras se originan por la vibración de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de compresión o expansión a través del medio que las soporta. El sonido se puede definir en términos de las frecuencias que determinan su tono y calidad, junto con las amplitudes que determinan su intensidad.

Los sensores de sonidos son interruptores eléctricos que trabajan sin contacto. Cuentan con un micrófono sensible diseñado para mostrar las formas de onda de audio de los niveles de ruido entre 45 y 100 dB, los sensores ultrasónicos unidireccionales y los sensores ultrasónicos de reflexión o bidireccionales son ejemplos de este tipo de sensores

## 2.4 Reconocimiento de personas

El reconocimiento de personas automatizado busca identificar a una persona por medio de la imagen de su rostro intentando emular el proceso cognitivo que realiza el ser humano al reconocer a sus pares.

Los sistemas biométricos, utilizan un dispositivo que le permiten registrar las características del rostro en formato digital, un algoritmo para el procesamiento de los datos recolectados, que efectúan control de calidad de los datos y van conformando los datos de reconocimiento (vector de características). Un algoritmo de aprendizaje y finalmente, el algoritmo que compara los datos de la persona para su identificación (Etchart y col., 2011).

En la actualidad se encuentra una variedad de API que realizan el reconocimiento facial, una de ellas es EMGU CV (EMUG s.f.). Esta librería se puede utilizar en diferentes plataformas como: Windows, Linux, Mac OSX y sistemas móviles. Posee una biblioteca de procesamiento de imágenes similar a la de OPEN CV, que permite funciones del OPEN CV para ser llamados en lenguajes compatibles en punto net como son C#, VB, VC++ y IronPhyton.

## 2.5 Agentes y Sistemas multiagentes

Existe en la literatura diferentes definiciones de agentes (Wooldridge y col., 2001), por ejemplo, en el caso de MaSE, un agente es visto como una abstracción útil para resolver problemas en dominios específicos. Según esto, un agente está caracterizado por lo siguiente:

- Los agentes son entidades que están distribuidas.
- Los agentes son entidades autónomas, dirigidas por objetivos.
- Los agentes comparten información con otros agentes de forma interactiva, conformando sistemas multiagentes.

Adicionalmente, existen otras características que caracterizan a un agente, tales como:

- Un agente tiene cierto conocimiento del mundo donde vive.
- Un agente es responsable de alcanzar y mantener ciertos objetivos.
- Un agente es capaz de observar el estado algunos objetos en el entorno
- Un agentes es capaz de sentir ciertos eventos
- Las interacciones entre agentes son descritas en términos de un protocolo de comunicación
- Un agente puede ejecutar acciones

### 3 Metodología

Para la construcción del agente se realizó como primera fase un proceso de análisis que permitió identificar las funcionalidades y/o comportamientos que se esperaban del agente. A partir de estos requerimientos posteriormente se dio inicio a su construcción, usando un enfoque ágil (SCRUM) definiendo complejidades y prioridades de cada función y actualizando el diseño en la medida que evolucionó su construcción. En cada *Sprint* se validaron los comportamientos, se discutió el diseño, se definieron los casos de pruebas y finalmente se implementaban sus comportamientos.

### 4Análisis

Basados en la tres primeras características de un agente de reconocimiento y gestión del ambiente, se establece que el agente de control del entorno tiene como objetivos: mantener el SaI en condiciones ambientales adecuadas de acuerdo a la actividad académica que se va a realizar, gestionar el horario de clases e identificar la asistencia de los estudiantes asignados a cada curso.

El agente intercambia información con otros dos agentes, tal como se muestra en la figura 3, en ella se presentan los componentes necesarios para el desarrollo de la plataforma para SaI.

Basados en las responsabilidades definidas para este agente y su interacción con los otros agentes se definieron la funciones que el agente debe realizar, como funciones de percepción se especificaron:

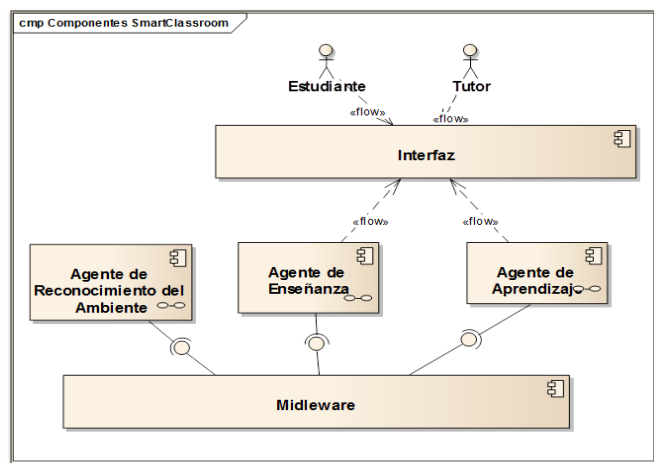


Fig. 3. componentes del modelo conceptual de salones inteligentes (Rivero y col., 2016)

Identificación de personas: debe identificar a las personas que se encuentran en el salón

Percepción de la temperatura: se deben captar la temperatura del entorno

Percepción del nivel de luminosidad: debe captura el nivel de luminosidad (lumen) del ambiente.

Control de ruido: percibir la frecuencia de la onda y su amplitud.

Control de movimiento: el agente debe detectar si hay algún tipo de actividad en el SaI.

Percepción del tiempo: se debe verificar el cambio de horas

Como funciones de actuación (acciones) se especificaron:

Gestión de usuarios: verificar, utilizando la lista de usuarios asignadas al curso, si los usuarios identificados están autorizados para acceder a esa hora. Verificar si el docente está presente y actualiza el número de inasistencias de cada uno.

Control de la temperatura: activa el encendido, apagado o regulación del el aires acondicionado de acuerdo a las reglas predefinidas para el ambiente.

Control de la luminosidad: el agente debe acondicionar el entorno a los niveles de luminosidad requeridos de acuerdo al tipo de actividad que se vaya a realizar.

Control de ruido: si los niveles de ruido superan los establecidos el agente debe activar la alarma de ruido.

Control de movimiento: el agente de no percibir actividad alguna deberá apagar los equipos y la iluminación.

Gestión de horarios. El agente debe identificar el inicio de un nuevo curso e informar a los otros agentes del cambio de asignatura.

Adicionalmente, se definen un conjunto de funciones para la gestión de horarios y reglas de control del ambiente

#### 4.1 Diseño del agente de entorno

El agente de gestión del ambiente consta de componentes tanto de hardware como de software, Dentro del hardware se incluye la red de sensores inalámbricos, encargados de la



Adquisición de los datos. En el software se definen todos los componentes necesarios para procesar la información adquirida por los sensores y en base a ésta decidir las acciones que se deben tomar para mantener un ambiente en condiciones confortables en el salón de clases.

#### 4.2 Diseño de la red de sensores

Para adquirir la información del entorno se diseñó una red de sensores inalámbrica, encargada de detectar la luminosidad, el ruido y la temperatura del salón de clases. El agente, para conectarse a la red de sensores, utiliza una conexión Zigbee con el protocolo IEEE 802.15.4 y una comunicación serial, a través de la librería incluida en el IDE del Arduino. El diseño de la red de sensores se presenta en la figura 4, en ésta se distinguen los siguientes componentes: (A) sistema embebido Arduino, (B) indicadores de iluminación led, (C y F) sistema de sensores, (D) sistema de ventilación junto al actuador electromecánico, (E) luminarias tipo foco LED.

Adicionalmente, la conexión es utilizada para enviar las acciones a los actuadores, responsables de cambiar la intensidad de la luz, la apertura y cierre de las cortinas y el control de la temperatura. Asimismo, para controlar los niveles ruido superior a los establecidos dentro del salón, el agente envía notificaciones al docente, alertando y solicitando al profesor realizar alguna acción para disminuir el ruido.

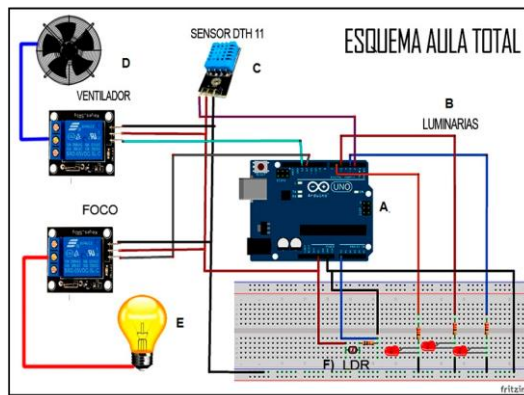


Fig. 4. Diseño de la red de sensores

Adicionalmente, la red de sensores, para la alimentación de los dispositivos de iluminación, utiliza dos fuentes de energías, solar y eléctrica, tal como se muestra en la figura 5, donde se distinguen los componentes: (A) panel solar, (B) conmutador de fuentes de alimentación, (C) regulador de voltaje AC/DC, (D) controlador de alta potencia eléctrica, (E) luminarias LED, (F) sistema embebido Arduino, (G) radio de comunicación inalámbrica y serial, (H) pantalla de visualización lcd gráfica.

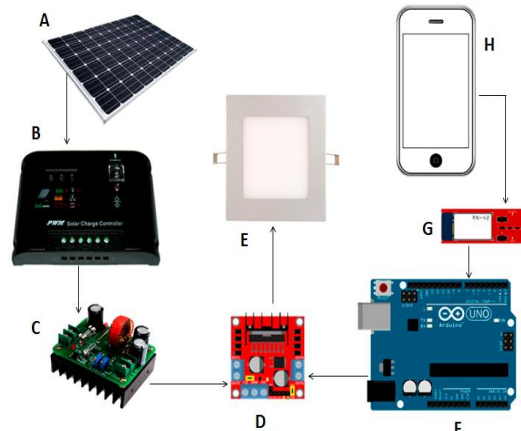


Fig. 5. Diseño del sistema de iluminación.

#### 4.2 Diseño del agente de reconocimiento y control del ambiente

Para lograr desarrollar todas las funcionalidades especificadas durante el análisis, el diseño arquitectónico del agente se dividió en 4 componentes, tal como se observa en la figura 6, en ella se identifica un componente para la adquisición de los datos de cada sensor, un componente para el control del ambiente, un componente para la identificación y gestión de los usuarios y finalmente, un componente para la gestión de horarios

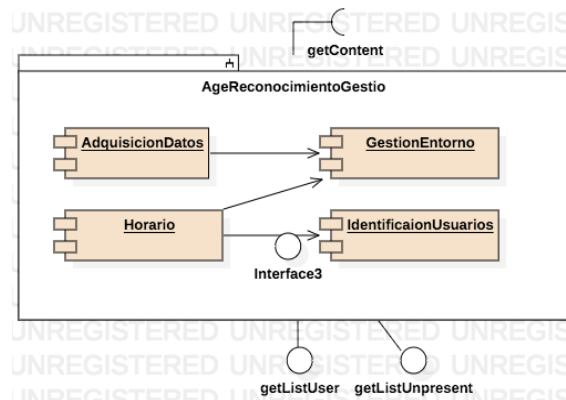


Fig. 6 .Diagrama de componentes del agente de reconocimiento y gestión del ambiente

**Componente de adquisición de los datos:** responsable de conectarse con la red de sensores y adquirir los datos del entorno es decir, la luminosidad, el ruido y la temperaturas y verificar estos valores con los valores de los parámetros previamente establecidos (ver figura 7) .

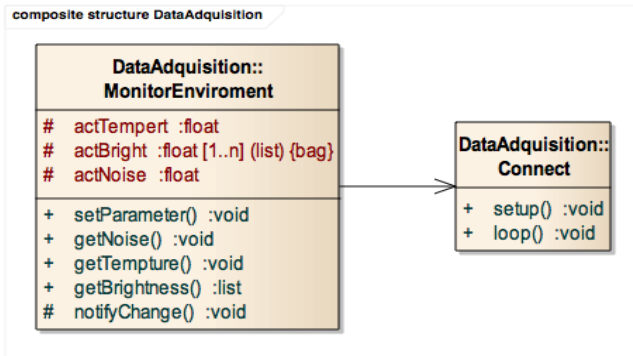


Fig. 7. Componente de adquisición de datos

**Componente de gestión del entorno:** responsable de decidir qué acciones tomar para mantener el ambiente en condiciones adecuadas, para ello utiliza como información externa la estrategia de enseñanza de la asignatura asignada a ese hora; como datos internos el conjuntos e reglas establecidas para el control del ambiente y como los valores del entorno los parámetros de luminosidad, ruido y temperatura capturados por el sistema de adquisición de datos. Cuando el agente decide realizar una o más acciones, basándose en los cálculos o análisis realizados con los datos obtenidos, ejecuta las acciones enviando los comandos adecuados a los actuadores.

Con el objeto de alcanzar una mayor escalabilidad, la ejecución de cada comando se desacoplo en clases individuales, el diagrama de clases de este componente se muestra en la figura 8.

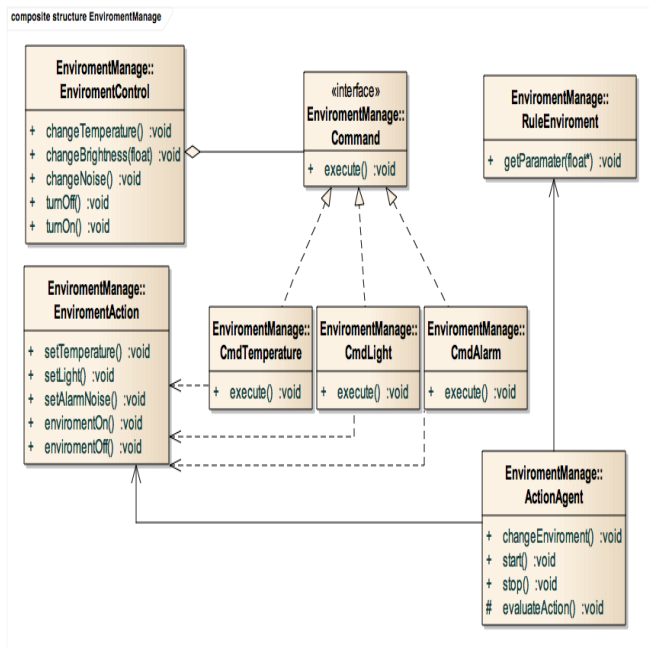


Fig. 8. Componentes de control del entorno

**Componente de identificación de usuarios:** responsable del registro (datos y captura de las imágenes de la cara del usuario) y eliminación de estudiantes y profesores. Cada

usuario está asociado a un conjunto de asignaturas, de acuerdo al horario, de ésta forma se autoriza su ingreso al salón. Para la identificación de los asistentes se utiliza una cámara situada dentro del salón, el componente identifica a las personas y genera las listas de: asistencia e inasistencia, así como, la actualización las inasistencias. Tanto la lista de asistencia, como la de inasistencia se envían al agente de enseñanza para que éste tome las acciones requerida (ver figura 9).

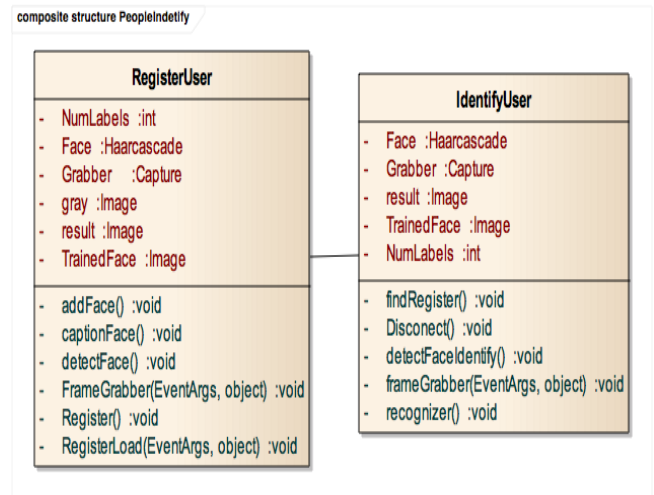


Fig. 9. Componentes de registro e identificación de usuarios

**Componente de gestión de horarios y asistencia:** este componente es responsable de asignar a cada asignatura, de acuerdo al número de horas asignadas a la semana, un horario, respetando el máximo y mínimo número de horas por bloque. Además, permite modificar este horario siempre que no modifique las asignaciones de asignaturas previas y no deje bloques de horas vacías intermedias. Así mismo, el componente permite asociar una lista de estudiante previamente registrados al curso y, uno o más docentes. Por otro lado, el componente controla un reloj interno que dispara el evento de cambio de hora y el evento de cambio de curso cuando identifica que hay un cambio de asignatura. Este evento es notificado al agente de enseñanza. La figura 10 muestra las clases más importantes de este componente.

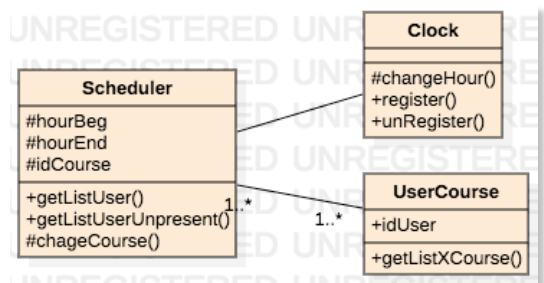


Fig. 10. Componentes de gestión de horario y asistencia

Finalmente, el componente de reconocimiento y gestión del ambiente utiliza la información que provee el agente de aprendizaje y enseñanza (Rivero y col., 2016) y junto con las reglas de condiciones óptimas del entorno, mostradas en la tabla 1, se definen los valores de los parámetros del entorno. Estos datos son enviados al componente de control el cual, utilizando la información interna (base de datos de reglas), la información externa (información suministrada por el agente de enseñanza y de aprendizaje) y los datos recibidos de los sensores calcula y ejecuta las acciones de control asociadas a cada actuador.

Tabla1. Estructura de la tabla de condiciones del ambiente

Actividad	Hora	Temp	Luz	Ruido
Video	7 - 9	23	10	15
Lectura	9 -12	23	80	10
Práctica	14 - 18	20	70	50
Clases	12 - 16	24	80	10
Colaborativo	7 - 9	22	80	50
Presentaciones	10 - 12	24	30	10

Para la construcción del agente se utilizó el IDE de VisualStudio 2015 y el lenguaje de programación c# además se utilizó la librería Emgu CV para el proceso de reconocimiento facial y la otras librería para la conexión *bluetooth*. Para las pruebas de comunicación entre los agentes se simularon los comportamientos de los agentes de enseñanza y de aprendizaje a fin de verificar el envío correcto de los eventos, tales como el cambio de horario y de curso así como la solicitud de las características de la nueva asignatura y de los contenidos. Para el registro de usuarios se ingresó un grupo de estudiantes y se verificó que la aplicación identificaba a cada uno de los estudiantes registrados. La figura 11 muestra la interfaz del registro de usuarios del componente identificación de usuarios



Fig. 11. Interfaz de registro de usuarios

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

El agente de reconocimiento y gestión del ambiente que se construyó a partir del diseño de la red de sensores y la arquitectura software propuesta en este trabajo, permitió validar que la arquitectura software propuesta para salones inteligentes acepta todas las funcionalidades y/o comportamientos definidos inicialmente. Además de los diagramas de componentes y de clases fue necesario elaborar otros diagramas en la fase de diseño como fueron los diagramas de secuencia y de estados con el objeto de verificar la colaboración entre los componentes y con los otros agentes.

Los próximos trabajos se orientaran a la identificación y ubicación de los usuarios dentro del salón de clases. Así mismo, se realizará el desarrollo del agente de enseñanza, hasta ahora simulado, para verificar que ambos agentes colaboran de forma correcta. Una vez verificado su funcionamiento se integrará al agente de aprendizaje el cual se encuentra en fase de desarrollo.

## Agradecimiento

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto “Plataforma Inteligente en ambientes Educativos: Caso Dirección de Estudiante PUCESI” de Centro de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador Sede Ibarra (PUCESI).Agradecimiento

## Referencias

- Antona M, Margetis G, Ntoa S, Leonidis A, Korozi M., Paparoulis G, Stephanidis C, 2010, Ambient Intelligence in the classroom: an augmented school desk. In W. Archila Córdoba DM, Santamaría Buitrago FA, 2013, Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos. Revista digital TIA, 2(1), pp. 4-14.
- Cook D, Augusto J, Jakkula V, 2009, Review: Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. Pervasive and Mobile Computing, 5, pp. 277-298.
- Dignani J, 2011, Análisis del Protocolo Zigbee. Trabajo Integrador de Especialización, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Disponible en: [http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes\\_y\\_Seguridad/Trabajos\\_Finales/Dignanni\\_Jorge\\_Pablo.pdf](http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf) (2018, 15 de Enero).
- Elosúa M, García E, 1993, Estrategias para enseñar y aprender a pensar. Madrid, España: Narcea
- EMUG - CV (s.f.) Disponible en: [http://www.emug.com\\_](http://www.emug.com_) (2018, 20 de marzo).
- Etchart G, Luna L, Leal C, Benedetto M, Alvez C, 2011, Sistemas de reconocimiento biométricos, importancia del uso de estándares en entes estatales. In XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- Griol D, Molina J, Callejas Z, López-Cózar R, 2011, La plataforma EDUCAGENT: agentes conversacionales



inteligentes y entornos virtuales aplicados a la docencia.  
Hernández J, Guerreo E, 2014, Ambientes Inteligentes en Contextos Educativos, Modelo y Arquitectura, Research in Computing Science, pp. 55-65.  
Karwowski SG, 2010, Proceedings of the 2010 AHFE International Conference (3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics), Miami, Florida, USA.  
Leonidis A, Margetis G, Antona M, Stephanidis C, 2010, ClassMATE: Enabling Ambient Intelligence in. World Academy of Science, Engineering and Technology, pp.581-584.  
Maciá F, García-Chamizo J, Marcos-Jorquera D, 2006, Redes inalámbricas de sensores inteligentes. En Maciá F, García-Chamizo J, Desarrollo de grandes aplicaciones de red: actas, pp. 141-150, Alicante, España.  
Oyarce A, 2010, Guía del Usuario. Xbee-Guia del Usuario. Santiago de Chile, Chile.  
Ovalles A, Jimenez J, 2006, Ambiente inteligente distribuido de aprendizaje: integración de ITS y CLSC por medio de agente pedagógicos. *Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquía (EIA)*, pp. 89-104.  
Ramadan A, Hagra H, Nawito M, El Faham A, 2010, The Intelligent Classroom: Towards an Educational Ambient Intelligence Testbed. Sixth International Conference on Intelligent Environments, IEEE. pp. 344-349.  
Ríos JG, 2014, Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/2174> (2017, 15 de diciembre).  
Rivero D, Arciniega S, Narváez L, Puetate G, 2016, Ambientes Inteligentes para la Educación: Un modelo conceptual. En Francklin Rivas, Stalin Arciniega, Avances y aplicaciones de sistemas inteligentes y nuevas tecnologías (pp. 117-130). Mérida: Universidad de los Andes.  
Weikai X, Yuanchun S, Guanyou X, Dong X, 2001, Smart Classroom - an Intelligent Environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 662-668.  
Whitmore A, Agarwal A, Da XL, 2015, The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), pp. 261-274.  
Wireless Sensor Network, Disponible en: [www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf](http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf), 2016, (17 de febrero).  
Wooldridge M, Ciancarini P, 2001, Agent-oriented software engineering: The state of the art. In Ciancarini, P. and Wooldridge, M., editors, *Agent-Oriented Software Engineering*, volume 1957. LNAI, Springer-Verlag.

**Recibido:** 13 de marzo de 2019

**Aceptado:** 03 de julio de 2019

**Rivero, Dulce:** Doctor en Tecnologías Industriales, en Ingeniería de Sistemas y Automática, más de 35 publicaciones, 4 capítulos de libro, reconocimientos

*nacionales, participación en proyectos de investigación nacionales e internacionales:*

**Narvaez, Luis:** MSc en Tecnologías para la gestión y práctica docente, 3 publicaciones, 4 capítulos de libro. Correo electrónico: [ldnarvaez@pucesi.edu.ec](mailto:ldnarvaez@pucesi.edu.ec)

**Arciniega, Stalin:** MSc en Tecnologías para la gestión y práctica docente, 4 publicaciones, 5 capítulos de libro. Correo electrónico: [smarciniega@pucesi](mailto:smarciniega@pucesi)

