

**ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE
SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS
AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BUCARAMANGA**

**EVELIN YULIETH YESQUIN MORA
ELKIN ROJAS VILLABONA
RUBÉN DARÍO VÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
PROYECTO DE GRADO I
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN TELEMÁTICA
BUCARAMANGA, NOVIEMBRE 06 DE 2020**

**ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE
SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE
CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA**

**EVELIN YULIETH YESQUIN MORA
ELKIN ROJAS VILLABONA
RUBÉN DARÍO VÁSQUEZ**

**Anteproyecto de Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero de
Sistemas**

**DIRECTOR:
Diana Teresa Parra Sánchez**

**CO-DIRECTOR:
César D. Guerrero**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
PROYECTO DE GRADO I
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN TELEMÁTICA
BUCARAMANGA, NOVIEMBRE 06 DE 2020**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. MARCO REFERENCIAL	10
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	10
4.2 MARCO TEÓRICO.....	10
4.3 ESTADO DEL ARTE	18
4.4 MARCO LEGAL	23
5. METODOLOGÍA.....	25
6. RESULTADOS OBTENIDOS.....	26
6.1 DIAGNOSTICO SOBRE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA	26
6.2 <i>FRAMEWORK</i> CONCEPTUAL BASADO EN TOE PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE	33
6.3 ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. CASO DE ESTUDIO EN EL QUINTO PISO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS	43
7. DISCUSIÓN	58
8. CONCLUSIONES.....	59
9. TRABAJO FUTURO.....	61
REFERENCIAS.....	62

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de búsqueda	18
Tabla 2. Análisis de documentos recuperados.....	20
Tabla 3. Descripción de cada nivel del Modelo de Madurez COBIT	39
Tabla 4 Especificaciones técnicas de la Tarjeta RFID	44
Tabla 5 Especificaciones técnicas del Gateway GTW410	46
Tabla 6. Especificaciones técnicas Wi-Fi IEEE 802.11	47
Tabla 7. Parámetros IPv6.....	47
Tabla 8 <i>Guidelines</i> de la estrategia de transformación digital	54

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Comunicación entre componentes de un sistema RFID	13
Figura 2. Graficas de la tasa de deserción estudiantil en programas de tecnología	29
Figura 3. Gráfico de la tasa de deserción estudiantil en programas de pregrado	30
Figura 4 Framework conceptual TOE.....	43
Figura 5 Tarjeta con Identificador de Radio Frecuencia.....	44
Figura 6 Wiegand 26-34 Wifi Wireless Reader.....	45
Figura 7 Gateway GTW410.....	45
Figura 8 Framework Conceptual de Access Control	52
Figura 9. Arquitectura Tecnológica de la solución IoT.....	53

1. INTRODUCCIÓN

Internet de las Cosas (IoT) es la forma en la cual se comunican los objetos con las personas, dispositivos, organizaciones y servicios (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2015). Esta interconectividad busca compartir información y datos con el fin de facilitar la comunicación y mejorar la calidad de vida de las personas por medio aplicaciones y dispositivos inteligentes que ayudan a ejecutar tareas con poca implicación humana. Uno de los campos donde se aplica es la educación (Mirza & Alghathbar, 2009). La adopción de Internet de las Cosas en la educación está modificando la concepción que años atrás se tenía en este ámbito (Majeed & Ali, 2018). Hoy en día existe una variedad considerable de software y hardware, los cuales ofrecen soluciones a las instituciones educativas. En Medellín se encuentra un ejemplo de esta tendencia: las universidades de esta ciudad han estado implementando dispositivos con tecnología *Radio Frequency Identification* (RFID) que ofrece control de forma precisa y automática al momento del ingreso de cualquier persona o vehículo a sus instalaciones (Rueda-Rueda et al., 2017).

Estas tecnologías no solo se utilizan para temas de seguridad. También son adaptables a procesos de aprendizaje y formación académica (Majeed & Ali, 2018). Para supervisar que este proceso sea continuo es fundamental la toma de asistencia a clase. Teniendo en cuenta el plan de desarrollo de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019b), este documento propone el diseño de una estrategia de transformación digital para el despliegue de un sistema de control de acceso a las aulas. Para la realización de esta estrategia se tiene en cuenta la infraestructura tecnológica de la Universidad, así como el diseño de la solución tecnológica basada en Internet de las Cosas.

El presente documento corresponde a un proyecto de grado del Programa de Ingeniería de Sistemas, desarrollado en el Semillero de Investigación en Telemática, en la línea de investigación de Telemática. Esta propuesta está basada en la tendencia tecnológica de Internet de las Cosas (IoT). Este proyecto busca desde la apropiación de tecnologías digitales, definir una estrategia de transformación digital que facilite el proceso de toma de asistencia y el seguimiento académico a estudiantes de Programas de Pregrado de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de toma de asistencia a las diferentes clases impartidas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga se está llevando a cabo mediante el Sistema de Información para la Gestión Académica (SIGA). Este sistema está conformado por cuatro módulos. El primer módulo permite llevar un control de inasistencias. El módulo de caracterización del estudiante tiene en cuenta los registros de datos de cada estudiante para obtener un indicador de riesgo académico. Para llevar el control de asistencias se tienen tres tipos de usuarios, el Docente es el encargado de tomar asistencia, el Coordinador ingresa observaciones y el motivo de la inasistencia en caso de que el estudiante estuviera ausente y el Administrador ingresa, edita y elimina usuarios en el sistema. Lo anterior es posible gracias al módulo de asistencias. Por último, el módulo de alerta temprana tiene como función el análisis de datos que muestra como resultado el riesgo académico del estudiante el cual permite asignarle un proceso de contingencia en un momento adecuado (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019a).

Métodos como la toma la asistencia al principio o al final de la clase y en algunos casos varias veces durante la clase, son los utilizadas por los docentes para verificar que los estudiantes matriculados en el curso asisten a clase. Este proceso, genera que parte del tiempo de clase sea dedicado a verificar la asistencia del curso, ya que el docente debe pausar la clase, tomar asistencia y retomar la clase. Por otra parte, hay docentes que toman asistencia empleando un listado que debe ser firmado por los estudiantes. Posteriormente, el docente verifica el listado y registra las inasistencias en el sistema SIGA. El inconveniente que se presenta en este caso es la posible pérdida de información que se puede generar al extraviarse la hoja o que algún estudiante accidentalmente no haya firmado la asistencia.

La toma de asistencia es un proceso de vital importancia, ya que un estudiante puede perder un curso por inasistencia a clase. Lo anterior, está estipulado en el artículo 46 del Reglamento Estudiantil de Pregrado de la Universidad Autónoma de Bucaramanga: *“Si el estudiante al finalizar el módulo o curso tuviere fallas por inasistencia en un porcentaje igual o superior al veinte por ciento (20%) del total de las horas exigidas, la calificación del último registro será de cero, punto, cero (0.0). No aplica para programas virtuales. En el caso de programas de Ciencias de la Salud, en la práctica clínica, la inasistencia no podrá superar el diez por ciento (10%)”* (Comunidad universitaria UNAB, 2019). Si esta falta se repitiera en más de uno de los cursos, el estudiante podría perder su semestre estudiantil por inasistencias, siendo esta una de las causas de deserción estudiantil.

Según el Sistema para la Prevención y Análisis de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior (SPADIES) 1.360 estudiantes decidieron retirarse de la institución educativa en el primer periodo del año 2019 (Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior, 2019a). Para el

Departamento de Santander, se registró una tasa de deserción del 40,3%. Según el Ministerio de Educación Nacional, el problema más crítico es la falta de articulación entre la educación básica-media y la superior, puesto que los colegios son mucho más flexibles que la universidad en temas como inasistencias y habilitaciones y el estudiante a la hora de entrar a la universidad piensa que esto no va a cambiar (Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior, 2019b).

Para ayudar a solucionar este problema, la UNAB por medio Bienestar Universitario, ha creado una serie de estrategias para ayudar a los estudiantes a mitigar inconvenientes que afecten su proceso de aprendizaje, y puedan culminar satisfactoriamente sus estudios. Algunas de ellas están enfocadas en fortalecer las habilidades en matemáticas, comunicación, lectura y escritura; esto se lleva a cabo a través de los cursos de nivelación que son impartidos en los estudiantes de primer ingreso. Otra forma en la que se brinda apoyo a los estudiantes es a través de tutorías académicas básicas impartidas desde Bienestar Universitario, dirigidas a estudiantes que presentan mayor riesgo académico en áreas como matemáticas y habilidades comunicativas. Por otra parte, se cuenta con las tutorías específicas a las cuales los estudiantes tienen acceso si lo consideran necesario para reforzar temas de los cursos que está viendo en ese momento.

Adicionalmente desde cada uno de los Programa Académicos de la Universidad, los Directores de Programa y docentes, realizan seguimiento del rendimiento académico de sus estudiantes, identificando de este modo a los estudiantes en riesgo académico por bajas calificaciones o inasistencia a clase. Por último, se tiene una estrategia que involucra a los mismos estudiantes. Esta lleva como nombre el “Plan Padrino”, que consiste en fortalecer, identificar e intervenir las diferentes causas del bajo rendimiento y de esta manera mediante el acompañamiento lograr potenciar los procesos de aprendizaje (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019a).

Lo anterior da origen a la siguiente pregunta de investigación: *¿De qué manera con la adopción de una estrategia digital se puede mejorar el proceso de toma de asistencia a las clases en la UNAB?*

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estrategia de transformación digital para la adopción de soluciones IoT para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico sobre adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Diseñar un *framework* conceptual basado en TOE para la adopción de tecnologías IoT para el control de asistencia en las aulas de clase.
- Diseñar una estrategia de transformación digital para la adopción de soluciones IoT para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Caso de estudio en el quinto piso del Edificio de Ingenierías.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual del proyecto está desarrollado en torno a los siguientes descriptores: *Internet of Things*, Adopción IoT, Transformación digital, Control de Acceso, y Tecnología RFID:

Internet of Things: “Se describe como una oportunidad fundamental de desarrollo a escala mundial que podría mejorar las vidas de millones de personas y acelerar espectacularmente los avances para lograr los *Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas*” (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2015).

Adopción IoT: Es la acogida de la interconexión digital a través de Internet en alguna industria o región en específico, en donde se utilizan factores como contenido, contexto, políticas, arquitecturas y eventos para realizar la adopción (Ladasi et al., 2019).

Transformación digital: Aprovechamiento de las tecnologías emergentes y maduras en las organizaciones para optimizar su estrategia de generación de valor (Ministerio de Tecnología, Información y Comunicación, 2018).

Access control: Busca evitar actividades que puedan recurrir a una violación de seguridad restringiendo lo que el usuario puede hacer directamente así como los programas que se ejecuten a su nombre pueden hacer (Sandhu & Samarati, 1994).

Tecnología RFID: Es una tecnología para la identificación de objetos, personas y animales a distancia sin necesidad de contacto o línea de vista. Se utiliza en la seguridad del control de acceso a establecimientos comerciales y educativos (Nikitin & Rao, 2006).

4.2 MARCO TEÓRICO

El marco teórico del proyecto se basa principalmente en la presentación de las características de Internet de las Cosas, la tecnología RFID, la aplicación de IoT en universidades y el control de acceso.

Conceptos y características de IoT

Internet de las Cosas es una infraestructura de red global dinámica con características de autoconfiguración que están basadas en protocolos de comunicación estándar e interoperables en la cual cada cosa ya sea física o virtual

tiene identidades, atributos físicos y personalidades virtuales. También usan interfaces inteligentes que están perfectamente integradas en la red de información y comunican los datos que se registran con los usuarios, entornos, entre otros (Abdalkafor et al., 2018).

El Internet de las Cosas, añade la dimensión comunicación con cualquier objeto, (entre computadoras, entre humanos, de humano a objeto y entre objetos) a las tecnologías de la información y las comunicaciones las cuales ofrecen a los usuarios comunicación en todo instante (en movimiento, de día, de noche) y en cualquier lugar (en exteriores, interiores, fuera del computador y en el computador) (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012a).

Este sistema consta de bloques funcionales los cuales sirven para la identificación, detección, actuación, comunicación y gestión. Estos bloques hacen referencia a: 1) Los dispositivos, los cuales proporcionan funciones como detección, monitoreo, actuación y control, 2) Servicios, el sistema utiliza diferentes tipos de servicios de IoT, entre ellos el servicio de descubrimiento de dispositivos, servicios con los cuales se monitorean los dispositivos. administración, este bloque se usa para gobernar el sistema IoT, 3) Seguridad, este bloque es una parte esencial para el IoT ya que proporciona funciones como autorización, autenticación, seguridad de datos, integridad de contenido e integridad de mensajes, y 4) Aplicación, hace referencia a la interfaz para que los usuarios puedan monitorear y controlar varias características inmersas en el IoT, permitiendo a los usuarios visualizar el estado del sistema y analizar o ver los datos procesados (Abdalkafor et al., 2018).

Las características fundamentales de IoT son las siguientes: (i) Interconectividad: los servicios de IoT pueden estar interconectados con la estructura de la información y comunicación mundial; (ii) Servicios relacionados con objetos: suministra protección a la privacidad y coherencia semántica entre los objetos físicos y sus correspondientes objetos virtuales; (iii) Heterogeneidad: se basan diferentes plataformas de hardware y redes; (iv) Cambios dinámicos: El estado de los dispositivos cambia dinámicamente (modo reposo, activo, conectado y/o desconectado), así como el contexto del dispositivo y el número de dispositivos; (v) Escala enorme: el número de objetos que debe gestionarse es mayor al número de dispositivos que están conectados a la red (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012a).

Administración de instalaciones y recursos educativos de las IES

La relación hace referencia a las instalaciones, equipos, suministros, documentos, recursos bibliográficos, muebles, puntos de información, así como otros elementos que son necesarios para los servicios que prestan las IES (Rueda-Rueda et al., 2017).

El Internet de las Cosas ayuda en la gestión de muebles, equipos y dispositivos utilizados. Un ejemplo de cómo puede ser utilizado, es para realizar la trazabilidad para la identificación de equipos e instrumentos para la detección de daños, pérdidas o robos de equipos de oficina, laboratorio y aulas de clase. Otro ejemplo para la implementación del IoT en estos espacios son los sistemas de climatización, a través del despliegue de sensores los cuales se conectan con el aire acondicionado y así hacer que se enciendan si se detecta presencia en la sala o que las ventanas se abran o cierren para controlar la temperatura ambiental. Por último, se tiene la aplicación en el sector seguridad, que consiste en controles de acceso ubicados en las instalaciones en zonas que son usadas regularmente por los estudiantes, docentes y administrativos, o en zonas o áreas restringidas. También puede ser usado como apoyo al sistema de vigilancia a través de la detección de intrusos y monitoreo de edificaciones (Rueda-Rueda et al., 2017).

Otro ejemplo, es el uso de sistemas de control de acceso con tarjetas RFID como apoyo para la gestión de visitantes al campus universitario para la identificación y acceso de los estudiantes, docentes, administrativos y visitantes a locaciones autorizadas (Chuanjun et al., 2013).

Concepto y características de RFID

La tecnología RFID es utilizada para la identificación de objetos, personas y animales a distancia sin necesidad de contacto o línea de vista. Consiste en el almacenamiento y envío de información de objetos, animales o personas. Se basa en la transmisión de datos por campos electromagnéticos y una identificación sin contacto visual directo. Se utiliza en la seguridad del control de acceso a establecimientos comerciales y educativos (Nikitin & Rao, 2006).

El sistema de RFID está compuesto por dos subsistemas, los cuales son el software y el hardware.

Componente hardware: Transponder, *TAG* o etiqueta. Objeto que permite la identificación. Estas tarjetas contienen una banda magnética. La banda magnética en la tarjeta puede ser codificada en dirección sur o norte. Cambiando la dirección de codificación a lo largo de la banda permite escribir la información en la banda (C. Sharma & Gondhi, 2018)

Componente Software: Este componente consta de tres partes. En primer lugar, se tiene el software del Sistema RFID, el cual es una colección de funciones necesarias para habilitar la interacción básica entre el *tag* y el lector. En segundo lugar, está el *RFID Middleware* que consiste en un conjunto de componentes software que actúan como puente entre los componentes de un sistema RFID y software de aplicación del computador. Por último, la aplicación del Computador se encarga de recibir datos procesados y normalizados enviados de la etiqueta, vía lector y el software *RFID middleware* (Shirley et al., 2012).

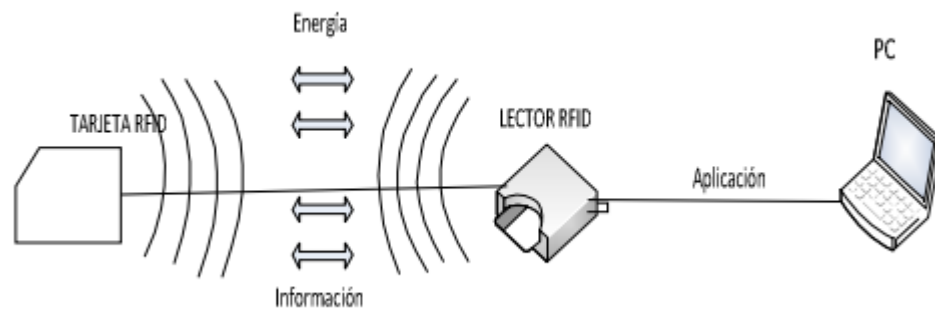


Figura 1 Comunicación entre componentes de un sistema RFID
Fuente: Tomado de (Shirley et al., 2012).

Control de acceso

En los sistemas de control de acceso, los usuarios están autorizados a acceder a áreas restringidas, tanto físicas como virtuales. Estas áreas generalmente se dividen en diferentes zonas de seguridad. El control de acceso se realiza autenticando al usuario en una base de datos que contiene registros de identidades de usuario y sus correspondientes privilegios. Una aplicación de control examina si el usuario tiene los privilegios adecuados para una zona de seguridad particular y autoriza el acceso en consecuencia (Elmstrøm et al., 2013).

A continuación, son presentados algunos modelos de control de acceso que se centran en la gestión de identidad:

Role-Based Access Control (RBAC). Se divide en funciones y usuarios congruentes con sus roles. Dependiendo del rol que sea otorgado son los permisos y autorizaciones que son concedidos, esto con fin de hacer una reducción en la gestión de autorización, reducción de sobrecarga administrativa, y proporcionar una implementación adecuada de políticas de seguridad. Este modelo consta de: usuario, roles, permisos, jerarquía de roles, y un conjunto de sesión (Zhang & Huang, 2009).

El usuario obtiene los datos con los que se pueden acceder al sistema informático ya sea de forma independiente o al cuerpo principal de otros recursos que son expresados por datos. El rol es una organización la cual representa unos derechos y responsabilidades, indicando las características del sistema al que pueden acceder dependiendo del tipo de usuario. Los permisos hacen referencia a los datos en el sistema informático o a la licencia para acceder a otros recursos expresados por los datos. Se dividen en: control de acceso a objetos y control de acceso a datos dependiendo de los detalles de implementación. La jerarquía de roles (RH - Role Hierarchy) son las que describen de una manera íntegra todos los aspectos basados

en los roles de control de acceso. Las restricciones pueden ser utilizadas en las relaciones de jerarquía de roles, además puede hacer una limitación en cuanto al número de sub-roles o hacer una restricción de los roles que no pueden tener sub-roles. Por último, se encuentra la sesión, la cual es una asignación que se le hace al usuario a múltiples roles. Al establecer una sesión entre los usuarios el mismo puede hacer la activación de determinados roles (Zhang & Huang, 2009).

Attribute-Based Access Control (ABAC). El modelo de acceso de control basado en atributos consiste en que los usuarios y los recursos tienen atributos en común, bien sea a través de datos situacionales, como en el caso de la hora; la persona que inició sesión a la red, o los datos del usuario. A comparación de RBAC este modelo es más flexible. Esto se debe a que no es necesario realizar conjuntos por aparte para luego realizar conjuntos relevantes de atributos de sujeto, además de que las reglas pueden ser implementadas rápidamente y de esta manera se adaptan a los cambios en las necesidades. Recientemente, se consideran múltiples atributos dinámicos como lo son el uso de la aplicación y el fallo de desbloqueo para garantizar el control de acceso y la confidencialidad de los datos del entorno de la nube móvil (Uddin et al., 2019).

eXtensible Access Control Markup Language (XACML). Se basa en XML y se desarrolló para especificar políticas de control de acceso en un formato legible por máquina. La creación de estas políticas puede ser complicada y el uso de XACML no hace que los procesos de crear, especificar y hacer cumplir una buena política de control de acceso sea menos difícil. Es importante asegurarse de que toda la empresa utilice los mismos atributos para el control de acceso y que a su vez provengan de una fuente autorizada (AAS) (Uddin et al., 2019).

Conceptos de Technology-Organization-Environment (TOE):

Es una teoría organizacional, que presenta que el proceso de adopción de la innovación tecnológica es influenciado por tres aspectos del contexto de una empresa (Baker, 2012). También es un marco integrador el cual proporciona una base teórica holística y orientadora teniendo en cuenta que la investigación en la adopción o difusión de las TIC ya que suele evaluar diversos factores tecnológicos, organizacionales y ambientales los cuales facilitan la adopción. Este marco se ha utilizado para la explicación de la adopción de diversas innovaciones, entre ellos están incluidas: sistemas interorganizacionales, comercio electrónico, intercambio electrónico de datos (EDI), sistemas abierto y aplicaciones generales (Ramdani, 2013), a saber:

- 1) Contexto tecnológico: hace referencia a todas las tecnologías que son relevantes para una empresa. Se tienen en cuenta las tecnologías que ya están presentes, así como las que están disponibles en el mercado y pueden ser utilizadas (Baker, 2012). Esta variable está estrechamente relacionada con la adopción de las TIC. En el momento que se percibe una TIC ofrece

alguna ventaja relativa sobre las practicas actuales que se llevan en la empresa, esto hace que sea más probable que se haga la adopción tecnológica. La adopción de nuevas tecnologías puede aportar cambios significativos en las empresas, por eso hay que tener en cuenta que estos cambios sean compatibles con su infraestructura, los valores y creencias que hay en ella. La complejidad de una tecnología crea una mayor incertidumbre para la aplicación satisfactoria y esto hace que aumente el riesgo en la decisión de adopción, esta complejidad se define como; “el grado que una innovación se percibe como relativamente difícil de comprender y utilizar” (Ramdani, 2013)

- 2) Contexto organizacional: hace referencia a las características y recursos de la empresa, incluidas las estructuras de enlace entre los empleados, los procesos de comunicación dentro de la empresa, el tamaño de la empresa y la cantidad de recursos (Baker, 2012). Una buena preparación organizacional mide si una empresa posee una sofisticación en materia de tecnología de la información y las comunicaciones y que los recursos financieros sean suficientes. Un punto por considerar es que los costos económicos y la falta de conocimientos técnicos son identificados como dos de los factores más importantes los cuales obstaculizan el crecimiento de las TIC en una empresa. La sofisticación de la tecnología de la información y las comunicaciones son las que evalúan si una empresa está preparada a nivel tecnológico, mientras que los recursos financieros son los que expresan el capital que tiene una organización disponible para invertir en las TIC. La experiencia previa en las TIC tiene una fuerte influencia en la adopción organizativa de nuevas tecnologías, otro punto que influye en la adopción son las tecnologías ya existentes en la organización (Ramdani, 2013).
- 3) Contexto ambiental: relacionado con la estructura de la industria, la presencia o ausencia de proveedores de servicios tecnológicos y el entorno regulatorio. Estos tres elementos presentan limitaciones, oportunidades e influyen en el nivel de innovación tecnológica de la empresa (Baker, 2012). Las organizaciones tienden a ampliar su infraestructura de TIC yendo más allá de los límites organizativos mediante el desarrollo de sistemas empresariales Inter organizativos. Por lo general, la competencia en la industria del adoptador tiene una influencia positiva en la adopción de las TIC, esto se hace más evidente si la innovación afecta directamente a la competencia y así puede convertirse en una necesidad estratégica para adoptar las nuevas tecnologías y poder competir en el mercado. Este es un factor que aparte de ser importante para la determinación del éxito de la tecnología de la información y comunicaciones, también se relaciona positivamente con la adopción de estas tecnologías (Ramdani, 2013).

Conceptos y características de la transformación digital

La transformación digital es una característica de la 4RI (Cuarta revolución industrial), teniendo en cuenta que es un proceso de explotación de las tecnologías digitales ya que tienen la capacidad de crear nuevos modelos de desarrollo, procesos, creación de productos y servicios en todos los sectores económicos los cuales generan valor. Esto se hace principalmente a través de la digitalización, la cual representa la conversión de datos y procesos análogos hacia formatos que pueden ser entendidos y manipulados por máquinas (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, 2018).

Las organizaciones necesitan una estrategia adecuada para la creación de valor. Estos valores están relacionados con la mentalidad, sistemas y herramientas requeridos por la organización para puedan crear un diseño empresarial. La transformación digital es precisamente el patrón básico que hace que las empresas reformen su estrategia organizacional (Aguiar et al., 2019). Evaluar una estrategia de transformación digital es un proceso complejo, debido a la toma de decisiones de compensación que se deben hacer, además de la cantidad de dinámicas existentes, ya que cada una de ellas tiene implicaciones que afectan directamente en la formulación de la estrategia. (Yucel, 2018).

Es necesario medir el costo y los beneficios de las iniciativas que hay respecto a la transformación digital. Se necesitan modelos y herramientas para evaluar diferentes opciones y de esta manera apoyar la toma de decisiones. Para llevar a cabo el proceso de desarrollo y la evaluación, es importante definir metas, objetivos, políticas e iniciativas. De igual modo, se requiere tener claras las metas y objetivos estratégicos los cuales deben ser incluidos en las acciones, iniciativas y programas en específico. Lo mencionado anteriormente se conoce como caracterización de diversas dinámicas, las cuales están relacionadas con la estrategia de transformación digital, herramienta necesaria para realizar el diseño, evaluación y contribución a la comunicación clara con los grupos de interés para asegurar la coherencia de las políticas con las prácticas y cultura organizacional realizando y monitoreando las actividades que se hacen acorde a la transformación digital (Yucel, 2018).

Para aplicar la transformación digital en un entorno es necesario tener una planificación estratégica. Esto hace referencia al proceso de definir una estrategia con el fin de alcanzar los objetivos planteados. En este sentido, se deben definir los aspectos en los cuales se enfocarán las estrategias de transformación digital independientemente del entorno o la industria. Estas estrategias tienen elementos en común, los cuales se atribuyen a cuatro dimensiones claves: el uso de tecnologías, los cambios en la creación de valor, cambios estructurales y los aspectos financieros (Matt et al., 2015).

El uso de las tecnologías hace referencia a las nuevas tecnologías que la empresa esté dispuesta a adquirir, así como su capacidad para explotarlas. Es por esto que se debe contemplar el papel estratégico de la TI para una empresa y su futura ambición tecnológica. Desde el punto de vista empresarial, utilizar nuevas tecnologías suele implicar cambios en la creación de valor; es decir, la incidencia que tienen las estrategias de transformación digital en las cadenas de valor de las empresas, que permitan saber en qué medida las nuevas actividades digitales se desvían de la actividad principal clásica. Las nuevas desviaciones empiezan a ofrecer oportunidades para ampliar y enriquecer la cartera de productos y servicios actuales, generalmente siempre se encuentran respaldadas por una necesidad de mayor competencia tecnológica, de productos distintos y de mayores riesgos debido a la inexperiencia en el nuevo campo. Si se realiza la digitalización de los productos o servicios, esto puede permitir o exigir varias formas de monetización o ajustes en el alcance de las actividades en la empresa. En esencia, se necesitan cambios estructurales para llegar a proporcionar una base adecuada para las nuevas operaciones. Estos cambios hacen referencia a las variaciones que se hacen en la organización de una empresa, especialmente en la ubicación de las nuevas actividades digitales dentro de las estructuras empresariales (Matt et al., 2015).

Es muy importante para esta evaluación si los productos, procesos o las aptitudes principales se están viendo mayormente afectados por estos cambios. Las tres primeras dimensiones solo pueden verse reflejadas después de que se consideren varios aspectos financieros, como la capacidad que se tiene para financiar los cambios que aporta la transformación digital. Los aspectos financieros son el motor y a su vez una fuerza que puede delimitar los cambios que se quieren llegar a implementar. Una empresa puede llegar a estar en dos situaciones diferentes, una en la que se tiene una menor presión financiera y esto puede reducir la urgencia al actuar, la segunda es que la empresa ya esté bajo una presión financiera alta y por lo tanto pueden carecer de medios externos para financiar la estrategia de transformación digital. Es por esto que las empresas deben explorar sus opciones abiertamente y a tiempo, también hacer frente a la necesidad de llevar a cabo transformaciones digitales (Matt et al., 2015).

Los cuatro dimensiones de la transformación digital y sus dependencias pueden verse integradas en un único marco conjunto de transformación digital (DFT- Digital Transformation Framework), y de esta forma alinearlas estrechamente para garantizar una buena puesta en marcha y explotar plenamente sus efectos previstos apoyando a las empresas en la evaluación de sus capacidades actuales a la formulación de una buena estrategia de transformación digital (Matt et al., 2015).

4.3 ESTADO DEL ARTE

La búsqueda de documentos e información para el desarrollo de este documento fue realizada utilizando las siguientes palabras clave: *Internet of Things* y *Access Control*. La delimitación por tiempo en la búsqueda fue fijada en el período comprendido desde el año 2009 al 2019.

Tabla 1. Criterios de búsqueda

Revisión de la literatura	
Palabras Clave	<i>Internet of Things, Access control.</i>
Bases de datos Consultadas	<i>IEEE Xplore</i>
Cantidad de Referencias Recuperadas	10
Fecha de Búsqueda	Enero 2020
Criterios de Búsqueda	Rango de Fecha de la Búsqueda: entre 2009 y 2019.
	Pertinencia con el tema de investigación: <i>Internet of Things.</i> <i>Access Control</i>
	Documentos en inglés, publicados en Revistas Científicas, libros o Actas de Conferencia.

A continuación, es presentada una síntesis de los documentos estudiados, los cuales fueron revisados en su totalidad por los autores del proyecto.

Acceptance and Applications of Smart Cards Technology in University Settings: Los autores exponen las principales aplicaciones de las tarjetas inteligentes en entornos universitarios. Las tarjetas inteligentes son una aplicación relativamente moderna que depende en gran medida de la tecnología RFID. En el estudio presentado se deja ver la utilización de estas tarjetas para identificación, préstamo de libros y acceso a lugares restringidos dentro de las universidades. Al finalizar, los autores ofrecen una mirada muy general de la aceptación de esta tecnología por parte de los estudiantes. El nivel de aceptación de esta aplicación varía dependiendo del tipo de infraestructura y su utilización (Mirza & Alghathbar, 2009).

The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises: Presenta cinco modelos de negocios que han sido exitosos gracias a la implementación de IoT, propone tecnologías ideales para la implementación de productos y servicios tales como Identificación por radiofrecuencia (RFID), Redes inalámbricas de sensores (WSN), *Middleware*, Computación en la nube y Software de aplicación. El artículo emplea el uso de IoT aplicado al área de la salud teniendo en cuenta la toma de datos de los pacientes para analizar su comportamiento. Para terminar, deja ver la importancia del Internet de las cosas (IoT) en el crecimiento tecnológico de la salud (I. Lee & Lee, 2015).

A Personalized Access Control Based on IoT: El documento presenta un control de acceso flexible y seguro basado en Internet de las cosas (IoT). Este esquema ofrece una solución para las siguientes falencias. Primero, las personas no pueden recordar los números secretos. Segundo, las personas con discapacidad mental tienen problemas para hacer uso de las llaves convencionales y por eso en ocasiones no pueden ingresar a sus hogares. Tercero, se requiere una mejora a la ingeniería social debido a los múltiples ataques a las claves de seguridad. Este control de acceso ofrece al tutor a cargo de la persona con discapacidad el control de bloqueo y desbloqueo de la casa del enfermo. Los patrones se verifican en cada evento de entrada / salida y los números secretos ingresados son comparados. Cualquier situación anormal se notifica a la persona (Jang et al., 2016).

Access control models in IoT: the road ahead: Este documento muestra modelos de control de acceso y protocolos utilizados en el Internet de las Cosas (IoT). Ofrece una descripción general de la revisión de la literatura, así como los desafíos a los que se enfrenta en cuanto a seguridad. Los autores aconsejan concebir un acceso basado en tecnologías de cadenas de bloques para cumplir con los requisitos de seguridad necesarios (Ouaddah et al., 2016).

Access Control in IoT: Survey & State of the Art: Presenta un extenso estado del arte y revisión crítica de diferentes modelos de control de acceso, protocolos y esquemas enfocados en Internet de las Cosas. Los documentos fueron analizados a partir de la regulación de la Unión Europea (UE) para la identificación electrónica (eIDAS). Dichos criterios se basan en la escalabilidad, flexibilidad, interoperabilidad y conocimiento del contexto (Ouaddah et al., 2017).

Investigation of Access Control for Internet of Things: Presenta una propuesta que responde a las necesidades de seguridad en esquemas de cifrado utilizados actualmente. Utilizaron el protocolo Kerberos junto con el protocolo *Constrained Application Protocol* (CoAP) y el esquema de cifrado *Elliptic Curve Digital Signature Algorithm* (ECDSA) para proporcionar el control de acceso basado en roles a los servicios de Internet de las Cosas (IoT). Los autores sugieren, que los dispositivos inteligentes equipados con este esquema de protocolos sean implementados en la industria agrícola, en forma de rociadores inteligentes, sensores de cosecha, y sensores climáticos (Janardhanan & Sharbaf, 2018).

A Survey on Security and Privacy Issues in Internet of Things: El documento presenta una encuesta en la que se tratan temas como ataques, arquitecturas y limitaciones de las soluciones de Internet de las Cosas (IoT). Los autores afirman que la seguridad de los dispositivos IoT depende de las tecnologías, protocolos y mecanismos de seguridad implementados por cada fabricante. En este sentido, todos los dispositivos IoT podrían ser vulnerables a ciertos tipos de ataques. Esto indica la necesidad de desarrollar estándares y políticas de seguridad para soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas (Thilagam et al., 2018).

Why The Internet Of Things?: Ofrece una visión exhaustiva para cualquier persona que desee aprender sobre los aspectos tecnológicos del Internet de las Cosas (IoT), así como su implementación en industrias y en la sociedad en general. El autor afirma que el Internet de las Cosas no es una tecnología única, sino un enfoque sistémico que combina dispositivos, redes, infraestructuras informáticas y software para extraer inercia y automatización (Tsiatsis et al., 2019).

The Internet of Things: Review and theoretical framework: Este estudio incluye una revisión de la literatura, un marco teórico y un modelo conceptual relacionado con Internet de las Cosas (IoT) en el que se observa un aumento en el uso de IoT en los negocios, la industria, el hogar y la salud. Los autores afirman que a medida que el IoT continúa proliferando, los estándares, protocolos y la conectividad debe mantener el ritmo. Junto con esto, la seguridad debe ser un punto focal importante en la adopción e implementación de plataformas IoT. Por último, muestran una extensa explicación sobre la arquitectura IoT, aplicaciones e impacto. Con los hallazgos encontrados, los autores realizaron un modelo con pautas para la adopción exitosa de esta tecnología (Nord et al., 2019)

What roles should the government play in fostering the advancement of the internet of things?; Este documento analiza los datos recopilados de 177 documentos públicos que hablan sobre los roles potenciales del gobierno para lograr el fomento de la innovación del Internet de las Cosas (IoT). El avance de IoT depende en parte de cómo los encargados de formular políticas responden a las oportunidades y desafíos asociados con ella. Este documento fue presentado a la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información de EE. UU, logrando como resultado un conjunto de informes para el gobierno en términos de principios de política general, pre política específica, descripciones, enfoque de gobernanza y procesos que facilitan el desarrollo de políticas (G. Lee, 2019)

En la Tabla 2, es presentada información relevante de cada uno de los documentos estudiados, los cuales fueron enfocados en las temáticas de IoT y *Access Control*.

Tabla 2. Análisis de documentos recuperados

Citación	Tipo	Objetivo	Tecnologías / Protocolos / Dispositivos
(Mirza & Alghathbar, 2009)	Acta de conferencia	Exponer las principales aplicaciones de las tarjetas inteligentes en entornos universitarios.	RFID, Tarjetas inteligentes.
(Lee & Lee, 2015)	Acta de conferencia	Presentar modelos de negocios que han sido exitosos gracias a la implementación de IoT.	RFID, WSN

Citación	Tipo	Objetivo	Tecnologías / Protocolos / Dispositivos
(Jang et al, 2016)	Acta de conferencia	Identificar los diferentes problemas de seguridad, autenticación y privacidad que tienen los dispositivos IoT, además de brindar posibles soluciones para cada una de las capas de las soluciones IoT.	HTTP, WSN, CoAP, IPv6, sensores de temperatura, sensores de sonido, sensores de vibración, sensores de presión.
(Ouaddah et al., 2016)	Artículo	Mostrar modelos de control de acceso y protocolos utilizados en el Internet de las Cosas	Módulos de control de acceso RBAC, ABAC y UCON, Dispositivos IoT
(Ouaddah et al., 2017)	Artículo	Presentar un estado del arte, analizando posibles falencias y ofreciendo soluciones a modelos de control de acceso.	RFID, WSN, IoT, AES, CBC, ESSIV
(Janardhanan & Sharbaf, 2018)	Acta de conferencia	Evaluar las prácticas de seguridad actuales y cuál puede ser el alcance futuro para mejorar el control de acceso a nivel de servicio.	WSN, RFID, CoAP, ECDSA
(Thilagam et al., 2018)	Acta de conferencia	Proponer un control de acceso personalizado basado en IoT usando cerradura digital considerando las características personales para mejorar el control de acceso no flexible.	SoSp, Dispositivos IoT instalados en objetos personales, almacenamiento de registros
(Tsiatsis et al., 2019)	Artículo	Ofrecer una visión exhaustiva para cualquier persona que desee aprender sobre los aspectos tecnológicos del Internet de las Cosas.	<i>Network Attached Storage (NAS)</i> , Dispositivos IoT.
(Nord et al., 2019)	Artículo	Realizar un modelo con pautas para la adopción exitosa de IoT.	Dispositivos IoT
(G. Lee, 2019)	Artículo	Ofrecer a las instituciones gubernamentales un reporte que habla sobre los roles potenciales de la gobernanza para lograr el fomento de la innovación del Internet de las Cosas (IoT).	-

Internet de las Cosas está utilizando múltiples métodos que ofrecen soluciones tecnológicas a problemáticas en distintos campos de estudio (Hernandez, 2004). Uno de ellos es la adopción de tecnologías que ofrecen seguridad y eficiencia en las empresas, ayudando a mejorar la economía y la educación de los países que la implementan (Li et al., 2010). En Colombia las universidades están adoptando tecnologías digitales para mejorar las metodologías de enseñanza, seguridad y administración. Los métodos más comunes son la biometría, las cintas magnéticas,

la tecnología RFID, entre otras. Este es el caso de la Universidad Javeriana de Bogotá que desde el año 2010 ha implementado proyectos en un desarrollo conjunto de software y hardware para controlar los puntos de acceso a toda la Facultad de Ingeniería utilizando la red LAN de la universidad y el protocolo TCP/IP (Hernandez, 2004).

Para implementar una tecnología en un entorno empresarial se puede utilizar *Technology-Organization-Environment Model (TOE)*, dado que es un marco para examinar la adopción, a nivel de organizaciones con sistemas de información, servicios TIC y productos tecnológicos. Este marco es muy utilizado en la adopción TIC, por su nivel de predicción de factores que influyen en las decisiones del negocio y en su cadena de valor (Tornatzky & Klein, 1982). Una empresa que adopta e implementa innovaciones tecnológicas está influenciada por el contexto tecnológico, organizacional y ambiental (Li et al., 2010). Este framework ha sido examinado por varios estudios tecnológicos, probado y modificado por investigadores que han extraído factores de adopción de *Radio Frequency Identification (RFID)* ordenados por categorías y año de publicación. Por ejemplo, en China los factores que influyen para la aceptación de la tecnología RFID en las empresas son explorados y analizados en el marco del entorno tecnológico-organizacional. En su investigación los autores Jie Li y Yun-Feng (2010) dejan ver que en china la aceptación de RFID está influenciada por varias variables como compatibilidad, costo y complejidad, como también por el contexto organizacional. El *framework* TOE ha ayudado a la implementación de estrategias tecnológicas en sistemas de seguridad y manejo de datos en sectores empresariales, económicos y agrícolas impulsando a las empresas al crecimiento de proyectos de investigación y desarrollo, haciendo que industrias “antiguas y no tecnológicas” como la agrícola se desarrollen e internacionalicen (Li et al., 2010).

Una de las primeras aplicaciones de la tecnología RFID fueron los sistemas de control de acceso, los cuales han sido implementados en construcciones y en escenarios para el registro, tales como bancos, empresas y librerías (Mu, 2019). Tal como lo exponen los autores Mirza & Alghathbar (2019) en su investigación sobre las aplicaciones de las tarjetas RFID en universidades, la aplicación de esta tecnología ha ayudado a pasar de llaves y guardias a tener un control de seguridad que involucra la óptica, la maquinaria, las tecnología de la información y las comunicaciones y la informática (Sunaina & Poojary, 2017). En la India, un país donde el sistema educativo es poco tecnológico, algunas universidades han apostado por el uso de RFID en la asistencia como un inicio de adopción de IoT en sus campus. Ha sido difícil ya que los estudiantes pueden marcar proxis fácilmente, lo que conlleva a que no haya un buen proceso de toma de asistencia. Para darle solución a este problema se incorporaron cámaras de video en el sistema; como toda universidad o escuela tiene la imagen de sus alumnos en su base de datos se captura la imagen en tiempo real y luego se compara la imagen con la existente en la base de datos (T. Sharma & Aarthy, 2017). Dado a que IoT ha permitido el manejo de herramientas como *Access Control*, esta tecnología ha pasado de ser muy

teórica a ser más aplicable, es por esto que las investigaciones se orientan a la construcción de modelos de control de acceso eficientes, haciendo soluciones tecnológicas seguras y optimizadas (Mu, 2019).

Como lo plantearon los autores Nord et al (2019) en su investigación “*The Internet of Things: Review and theoretical framework*”, los productos inteligentes desarrollados con IoT impulsarán la futura transformación digital de las empresas y cambiarán radicalmente su modelo de negocio (Nord et al., 2019). La transformación digital de la mano del IoT está incursionando en primer lugar en la electrónica de consumo, y dispositivos de mano como computadores, cámaras, y teléfonos inteligentes. En segundo lugar, están las tareas de automatización de viviendas y edificios. En tercer lugar, la idea de las ciudades inteligentes parece estar adoptada en todo el mundo. En cuarto lugar, las redes eléctricas y los servicios públicos en general. En quinto lugar, diversas industrias (industria de procesos, así como la fabricación discreta o la agricultura) han iniciado grandes iniciativas de digitalización (Ahrend et al., 2019). Por tanto, el cambio fundamental dentro de las empresas individuales, como industrias en general, solo puede ocurrir con una cultura de innovación abierta, que requiere nuevos tipos de habilidades tanto en ciencia de datos como en Ingeniería de Sistemas (Pflaum & Gölzer, 2018).

4.4 MARCO LEGAL

Se tuvieron en consideración las siguientes normas establecidas a nivel nacional e internacional, relacionadas con Internet de las Cosas (IoT).

Recomendación UIT-T Y.2060: Descripción general de Internet de los Objetos “*Presenta en términos generales Internet de los objetos (IoT). Se aclara el concepto y el alcance de IoT, se identifican las características fundamentales y los requisitos de alto nivel de IoT y se describe el modelo de referencia IoT*” (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012a).

Recomendación UIT-T Y.2069: Términos y definiciones para la Internet de las cosas “*Contiene términos y definiciones referentes a la Internet de las Cosas (IoT) desde la perspectiva del UIT-T a fin de aclarar qué es la Internet de las Cosas y las actividades relativas a IoT*” (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012b).

Recomendación UIT-T 2066: Requisitos comunes de la Internet de las cosas “*Proporciona los requisitos comunes de la Internet de las cosas (IoT), basados en casos generales de utilización de la IoT y de sus actores, creados a partir de la definición de la IoT contenida en la Recomendación UIT-T Y.2060*” (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2014d).

Recomendación UIT-T F.748.1: *Requirements and common characteristics of the IoT identifier for the IoT service* “*Describe los requisitos y las características*

comunes del identificador de Internet de las cosas (IoT) para el servicio IoT” (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2014b).

Ley 1581 de 2012 denominada Habeas data:

“Tiene por objeto desarrollar el derecho constitucional que tienen todas las personas a conocer, actualizar y rectificar las informaciones que se hayan recogido sobre ellas en bases de datos o archivos, y los demás derechos, libertades y garantías constitucionales a que se refiere el artículo 15 de la Constitución Política; así como el derecho a la información consagrado en el artículo 20 de la misma” (Congreso de la república, 2012).

Ley 1978 del 25 de julio de 2019:

“La presente Ley tiene por objeto alinear los incentivos de los agentes y autoridades del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), aumentar su certidumbre jurídica, simplificar y modernizar el marco institucional del sector, focalizar las inversiones para el cierre efectivo de la brecha digital y potenciar la vinculación del sector privado en el desarrollo de los proyectos asociados, así como aumentar la eficiencia en el pago de las contraprestaciones y cargas económicas de los agentes del sector” (Congreso de la Republica de Colombia, 2019).

Decreto No. 1075 del 26 de mayo de 2015:

“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Educación”, con el objetivo de compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen a dicho Sector y contar con un instrumento jurídico único para el mismo (*Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2015*).

5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto de Trabajo de Grado, se definieron tres etapas principales, relacionadas estrechamente con los objetivos específicos del proyecto. A continuación, son presentadas las actividades asociadas con cada una de las etapas.

Etapas 1: Elaboración de un diagnóstico sobre adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Las actividades que se realizaron son presentadas a continuación:

1. Búsqueda de documentos en bases de datos académicas.
2. Identificación de soluciones tecnológicas IoT empleadas para el control de asistencia en aulas de clase.
3. Síntesis del estado del arte.
4. Búsqueda de información sobre la infraestructura TIC de la Universidad.
5. Búsqueda de información relacionada con el uso del Sistema de Información para la Gestión Académica (SIGA).
6. Elaboración del diagnóstico.
7. Documentación de resultados.

Etapas 2: Diseño del *framework* conceptual basado en TOE para la adopción de tecnologías IoT para el control de asistencia en las aulas de clase.

Las actividades que se realizaron son presentadas a continuación:

8. Identificación de variables que afectan la adopción de soluciones IoT en la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
9. Identificación de actores que intervienen en el proceso de toma de decisiones para la adopción de soluciones IoT.
10. Diseño del *framework* conceptual basado en TOE.
11. Documentación de resultados.

Etapas 3: Diseño de la estrategia de transformación digital para la adopción de soluciones IoT para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Caso de estudio en el quinto piso del Edificio de Ingenierías.

Las actividades que se realizaron son presentadas a continuación:

12. Diseño del *framework* conceptual de la solución tecnológica de Internet de las Cosas.
13. Diseño de la arquitectura de solución tecnológica de Internet de las Cosas.
14. Diseño de la estrategia de transformación digital.
15. Documentación de resultados.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

Con el desarrollo del Proyecto de Investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

6.1 DIAGNOSTICO SOBRE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

Para el desarrollo del diagnóstico se tuvo en cuenta la información de la página Web de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, revistas, artículos y otros documentos relacionados con la filosofía, cifras, capacidad e infraestructura de la misma, tomando en consideración el despliegue tecnológico que ha afrontado la institución en estos últimos años en todos sus campus. Se tuvieron en cuenta cifras como programas académicos, salones de clase, acreditaciones, deserción estudiantil, el Sistema para la Gestión Académica (SIGA), y las afectaciones generadas por COVID-19.

La Universidad Autónoma de Bucaramanga está en los primeros lugares del ranking de instituciones educativas con los mayores indicadores de desarrollo tecnológico e innovación. De acuerdo al último informe sobre desarrollo tecnológico e innovación elaborado por *Sapiens Research Group*, la Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB, es el tercer centro universitario, después de la Universidad Simón Bolívar y la Universidad de La Costa (ambas de Barranquilla), con los mejores indicadores en el país. Los resultados del estudio se basaron en cuatro factores: productos tecnológicos certificados y validados; productos empresariales; regulaciones, normas y reglamentos técnicos, y consultorías científicas y tecnológicas (Sapiens Research, 2019a). Por otra parte, la UNAB ocupa el cuarto puesto de las IES privadas del país que más crecieron en los últimos dos años y que se destacan en Productos Empresariales (EMP – *Empresarial Products*) (Sapiens Research, 2019b).

La Universidad cuenta con el Grupo de Investigación en Tecnologías de Información, y el Semillero de Investigación en Telemática que tienen como objetivo impulsar la investigación en tecnologías de la información en la UNAB a nivel de pregrado y postgrado, promueven el desarrollo en tecnologías de la información de la universidad y de su entorno, fomentando la excelencia en el desarrollo de proyectos investigativos y de extensión en el área de tecnología de la información. Así mismo, en el interior de la universidad se está viviendo un cambio de mentalidad gracias a la creación de UNAB Creative, el centro para la creatividad, la innovación y el emprendimiento, que permite desde la creatividad, fomentar innovación y emprendimiento de base tecnológica, el cual cuenta con personal entrenado en Solución Creativa de Problemas, metodología diseñada por el *International Center*

for *Studies in Creativity, Buffalo State*¹; que también hace parte de la red de consultores de la universidad. El centro tiene tres enfoques principales (UNAB Creative, 2020):

- Creatividad. Desde la UNAB se trabaja para desarrollar la creatividad como motor de la innovación y el emprendimiento.
- Innovación. La apuesta en este enfoque es por la generación de iniciativas innovadoras que logren un impacto en lo educativo, organizacional y social entre otros campos de acción de la universidad y así solucionar retos y generar valor en la organización.
- Emprendimiento. El emprendimiento logra abrir la mente para un abanico de posibilidades disruptivas e innovadoras, de esta forma aportar soluciones pertinentes a problemas reales, contribuyendo a la transformación de su entorno y mejorando la economía.

Un ejemplo de producto de desarrollo tecnológico en la UNAB es el *Spin-off Think Link*, empresa enfocada en el diseño, desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas. *Think Link* nace de un proyecto financiado por Colciencias denominado Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT) en el 2016. *Think Link* se especializa en desarrollar soluciones estratégicas las cuales abordan necesidades críticas actuales en los sectores de mayor trascendencia para la economía mundial tales como agricultura, información digital y eficiencia energética, brindando servicios como (Think Link, 2019):

- Diseño y construcción de dispositivos adaptables de acuerdo a unas necesidades específica.
- Creación de espacios inteligentes los cuales permiten la monitorización y control del consumo de energía eléctrica en ambientes tanto residenciales como corporativos.
- Soluciones basadas en Arquitectura en la Nube con fin de tener una optimización de recursos informáticos de almacenamiento y equipos.
- Servicios con tecnología que sustituye la forma convencional de mostrar la información digital.
- Soluciones basadas en Analítica de datos.

Otro ejemplo de despliegue tecnológico en la universidad, es la nueva sede en Bogotá, un innovador campus que ofrece una oferta académica enfocada en la creación, innovación y el emprendimiento. Cuenta con alianzas con las universidades de *State University of New York at Buffalo*, Tecnológico de Monterrey (México) y Alcalá de Henares de España con lo que presentan una oferta de posgrados, educación continua y consultorías académicas. También prestan servicios académicos a las empresas y organizaciones que están interesadas en entrar en la Industria 4.0. La UNAB es la primera universidad del país experta y certificada internacionalmente en el Modelo de Creación e Innovación (TIM) de *State*

¹ Disponible en: <https://creativity.buffalostate.edu/>

University of New York at Buffalo y en los modelos de solución creativa de problemas. Este campus ofrece postgrados virtuales, programas corporativos y educación continua virtual.

La oferta académica de posgrados que están vigente se divide en posgrados presenciales y virtuales. En la modalidad presencial cuenta con una maestría y tres especializaciones, las cuales se mencionan a continuación: Maestría en Gestión, Aplicación y Desarrollo de Software, Especialización en Gerencia de Recursos Energéticos, Especialización en Dirección de Empresas, Especialización en Gerencia de Soluciones Financieras. La modalidad virtual cuenta con dos especializaciones en la facultad de ciencias de la salud y dos especializaciones y una maestría en la facultad de ciencias sociales, Humanidades y Artes las cuales se especifican a continuación: Epidemiología, Seguridad y Salud en el trabajo, Maestría en E-Learning – Convenio *Universitat Oberta de Catalunya*, Especialización en Comunicación Digital y Medios Interactivos, Especialización Educación con Nuevas Tecnologías (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020c).

Uno de los procesos más frecuentes e importantes de la universidad es llevado a cabo mediante el Sistema para la Gestión Académica (SIGA), que permite el monitoreo y seguimiento de las inasistencias en cada uno de los cursos que son impartidos en la UNAB. Este sistema no solo sirve para verificar si los estudiantes están asistiendo a sus clases, también sirve como ayuda para hacerle seguimiento a estudiantes que por algún motivo están teniendo dificultades académicas y brindarles un proceso de ayuda correspondiente para nivelarse académicamente. Este sistema está conformado por cuatro módulos diferentes los cuales ayudan a poder cumplir su función (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019a).

En primer lugar, está el módulo de captura de inasistencia, como su nombre lo dice es donde se registran las horas que los estudiantes no estuvieron presentes en la clase.

Por otra parte, está el módulo de caracterización del estudiante el cual consiste en facilitar y automatizar el registro de los datos de los estudiantes. El objetivo de este es completar la información básica que se encuentra en el sistema académico la cual es clave para obtener variables necesarias para los indicadores de riesgo académico.

El tercer módulo es el que controla la asistencia. Está dividido en tres diferentes perfiles de usuario. El primero es el del docente quien se encarga de tomar lista y registrar los estudiantes que no asisten a clase con la respectiva observación o los motivos de la inasistencia. El segundo es el perfil del coordinador quien es el encargado de ingresar diferentes motivos dados por el estudiante respecto al motivo de su inasistencia. También puede generar y ver los reportes individuales o totales de los estudiantes que no se hayan presentado a clase. Por último, el administrador

quien es el encargado de asignar y habilitar los diferentes usuarios que están en el sistema, aparte de eso puede crear o editar variables que se encuentran en el módulo de caracterización.

En cuarto lugar, se encuentra el módulo de alerta temprana; encargado de analizar los datos con los cuales se calcula el riesgo académico. También genera correos automáticamente a los responsables de atender los riesgos académicos y financieros. Estos correos son enviados al Servicio Integrado de Solicitudes (SIS) por el cual se gestiona la atención a los estudiantes que lo necesiten y así hacer los seguimientos respectivos (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019a).

Una de las razones por la cual es importante el proceso de asistencia mediante la plataforma SIGA es que a través de esto se puede dar seguimiento a las posibles causas de la deserción estudiantil. La tasa de deserción estudiantil en la UNAB en Enero del 2020 es de 9.65% de la cual el 7.54% hace referencia al nivel de formación de pregrado profesional y tecnológico (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019b).

En la Figura 2 es presentado el porcentaje de deserción estudiantil que tiene cada uno de los programas de tecnologías que son impartidos en la universidad.

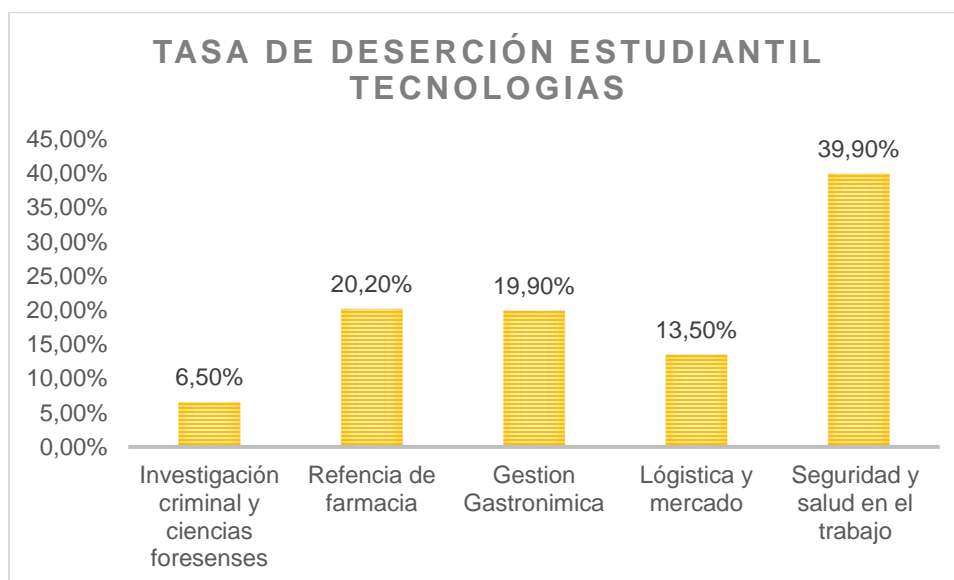


Figura 2. Graficas de la tasa de deserción estudiantil en programas de tecnología
Fuente: Adaptado de (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019b)

En la Figura 3 se observa el porcentaje de deserción estudiantil que tiene cada uno de los programas de pregrado profesional de la UNAB.

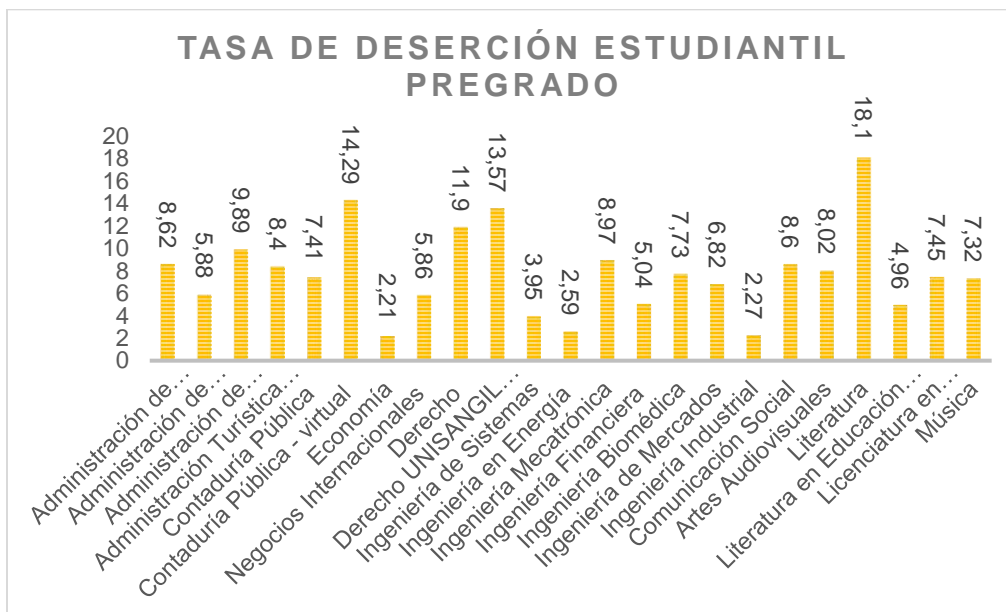


Figura 3. Gráfico de la tasa de deserción estudiantil en programas de pregrado
Fuente: Adaptado de (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019b)

En cuanto a la oferta académica, la Universidad Autónoma de Bucaramanga tiene 97 ofertas académicas presenciales, 13 virtuales, 2 duales para un total de 112 programas académicos. Ofrece un Doctorado presencial, 20 maestrías presenciales y dos virtuales, 11 especializaciones clínicas presenciales, 37 especializaciones presenciales y 4 virtuales, 25 pregrados profesionales, 4 virtuales y 2 duales, 3 pregrados tecnológicos presenciales y 3 virtuales. Los datos anteriores dejan ver un 38% de oferta académica en especializaciones, 28% en pregrados profesionales, 19% en maestrías, 10% en especializaciones clínicas, 6% en pregrados tecnológicos y por último 1% en doctorados (Construcción Planeación y Evaluación UNAB, 2019).

La facultad de estudios técnicos y tecnológicos – UNAB Tecnológica, en la modalidad Pregrado tecnológico, cuenta con seis programas entre los cuales se encuentran Tecnología en Investigación Criminal y Ciencias Forenses en forma presencial, Tecnología en Regencia de Farmacia en forma virtual, entre otros. La modalidad pregrado profesional tiene cinco facultades (Ciencias Económicas, Administrativas y Contables; Ciencias Sociales, Humanidades y Artes; Ciencias Jurídicas Políticas; Ingeniería, y Ciencias de la Salud) y 32 programas en los cuales se encuentran: Administración de Empresas, Comunicación Social, entre otras. En la modalidad de Posgrados y Especializaciones, se encuentran 52 programas: Dirección de Empresas de forma presencial, Comunicación Digital y Medios Interactivos en forma virtual, entre otros (Resoluciones de Registro Calificado MEN - Sistema SACES y SNIES, 2019).

Es importante mencionar que la universidad autónoma de Bucaramanga tiene acreditaciones de alta calidad a la mayoría de programas académicos en un intervalo de tres a ocho años dependiendo del manejo, nivel de educación y de las resoluciones de renovación que le dan los entes encargados al programa. Por ejemplo, el programa Ingeniería de Sistemas fue acreditada de alta calidad por primera vez en el año 2002 con una vigencia de 4 años, la cual fue renovada en el año 2015 con una vigencia de 6 años (Resoluciones de Acreditaciones del MEN, 2019).

Para el desarrollo de las actividades académicas la UNAB cuenta con un terreno construido total de 61.293.07 m² del cual le corresponden 25.486,16 m² al campus El Jardín (Planta física, 2019). La universidad tiene al servicio de los estudiantes y trabajadores los siguientes espacios académicos (Laboratorios, salas de informática, auditorios, aulas de clase, bibliotecas, centros y salas de estudio y espacios de prácticas):

En el edificio Armando Puyana Puyana se encuentran dos aulas para rectoría, una para vicerrectoría, el auditorio mayor Carlos Gómez Albarracín, trece cubículos de música, un aula para la dirección del programa de Ingeniería Financiera, el laboratorio de telecomunicaciones, un aula para el punto BVC, seis aulas de asesoría y dos aulas de juntas (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020b).

El edificio Luis Carlos Galán cuenta con cuatro aulas de informática, la biblioteca central Luis Carlos Galán Sarmiento, la cocina estudiantil BANU y una sala de juntas. En los diez bloques que se encuentran alrededor del campus (A, D, E, F, G, H, I, J, K, N), se tiene un total de 79 aulas entre salones, aulas de informática y laboratorios; En el bloque N está ubicado el auditorio menor Alfonso Gómez Gómez (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020b).

Por último, el edificio Ingenierías (L), en el que se encuentra el auditorio Jesús Alberto Rey Mariño, un aula de doctorado, ocho aulas de informática, 16 laboratorios y seis aulas de clase. Haciendo un énfasis en el quinto piso del edificio de ingenierías el cual es el objeto de estudio en el proyecto, en este piso se pueden encontrar cinco aulas de informática y el *Game Dev Lab* (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020b).

En la universidad se cuentan con varios recursos tecnológicos que están a disposición de la comunidad universitaria, al 2019 se cuentan con 2.257 computadores distribuidos en los diferentes espacios académicos, además se disponen con elementos audiovisuales disponibles para préstamos a los estudiantes los cuales son: iPad (6), Micrófono Diadema (10), Parlantes Multimediales (2), Sonido Móvil (3), Wireless Pointer (15), Micrófono Videoconferencia (12), Router para salón (9), Bases para micrófono (20), Mezclador (consolas de Sonido) (2), Micrófono Alámbrico (13), Micrófono Atril (6) y Computador Portátil (150). También

se cuenta con dotación audiovisual instalada en la infraestructura de la universidad como: Sistemas de audio (178), Switches de audio y video (179), Proyector (185), TV(43), Webcam (46) y PC Tiny (48) (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019b)

Por otra parte, en el plan de desarrollo 2019-2024 la UNAB presenta una nueva estrategia la cual guiará a la institución durante los próximos seis años. Este plan se sustenta en elementos claves con los cuales la universidad busca cumplir su objetivo en ser una institución innovadora, pertinente y sostenible en el 2024 (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019d).

La universidad cuenta con distintos retos estratégicos, uno de estos retos es la transformación digital, con el que busca posicionarse por el alto nivel de avance con lo que se pueda fomentar el desarrollo académico, la investigación y la extensión, todo esto para poder mejorar la experiencia de los estudiantes y grupos de interés (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019c).

Para llevar a cabo lo que se plantea en la visión, se estableció una estrategia competitiva, que consiste en redefinir la experiencia en el ambiente educativo. Es por esto que le apuesta a la transformación digital para que sea la principal influencia en lograr un ambiente innovador, creativo y a su vez hacer que la experiencia académica sea inolvidable. Dentro de esta estrategia la UNAB formuló 17 iniciativas estratégicas. A continuación, se va a enfatizar en dos iniciativas las cuales están directamente relacionadas con el tema de tecnología y transformación digital. Uno de ellos es el campus creativo, el objetivo de este es transformar la experiencia y promover el desarrollo de la creatividad en la comunidad académica a partir de promocionar una cultura de creatividad, innovación y emprendimiento, llevando a cabo la construcción adecuada de espacios, y uso de tecnologías y herramientas. Por otra parte, está la *Digital user experience* con la cual se quiere implementar el Plan de Transformación de la Experiencia Digital de la universidad y así facilitar la digitalización de los servicios de los clientes, todo esto mediante la apropiación tecnológica, optimización digital de procesos, la analítica y la incorporación de competencias digitales (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019d).

La UNAB llevó a cabo el proyecto de conectividad del campus el cual consiste en que la institución tenga políticas y procesos adecuados de gestión tecnológica y además cuente con sistemas de información, contenidos y canales alineados a todos los frentes de trabajo de la estrategia de TIC. El objetivo general de este proyecto es fortalecer el intercambio de información de la comunidad universitaria mejorando la infraestructura tecnológica, de sistemas de información y de procesos, todo esto con el fin de incrementar la eficiencia en la operación, brindar un apoyo a la toma de decisiones y aumentar los niveles de calidad del servicio (ComparTIC UNAB, 2018).

La Universidad Autónoma de Bucaramanga continúa avanzando en su proceso de transformación digital. Su capacidad de respuesta se ha evidenciado durante la crisis desencadenada por la pandemia COVID-19. Para el caso de la UNAB se definieron los escenarios de enseñanza y aprendizaje que se aplicarán de ahora en adelante, tras la llegada de la emergencia sanitaria. Se destaca que la UNAB logró darle continuidad a las clases que se impartían desde el primer semestre académico del año 2020 y de manera simultánea se desarrolló el proyecto Unab Innova², el cual enmarca distintas acciones estratégicas de innovación pedagógica, para que la universidad continúe brindando educación de calidad a sus estudiantes.

En la parte tecnológica se puso a disposición de los docentes las aulas virtuales, las cuales se despliegan en la plataforma *Microsoft Teams* con el fin de facilitar a los estudiantes y profesores un espacio adecuado con mayor comunicación e interacción, asimismo grabar las clases haciendo crecer el acervo audiovisual institucional. Además de todo lo anterior también se han implementado tecnologías que permiten el desarrollo académico como los grupos en la aplicación *Whatsapp* que posibilita a los docentes y estudiantes la consignación de todo tipo de información de manera instantánea.

También se implementaron las teleclases con el motivo de brindar al docente un espacio de trabajo óptimo y así pueda iniciar gradualmente el regreso al campus combinando lo presencial con lo remoto. Las universidades en este proceso virtual deben ofrecer servicios de apoyo que cumplan con la atención de sus usuarios, que en este caso son los docentes y profesores, brindando respuestas en menor tiempo posible. Para garantizar un buen desarrollo por parte de la docencia como la del estudiantado, la UNAB otorgó el paquete de *Office 365*, que permite el óptimo desempeño en cada una de las aplicaciones que este paquete incluye: *Word*, *PowerPoint*, *Excel*, *Skype empresarial* y *OneDrive* (UNAB Innova, 2020).

6.2 FRAMEWORK CONCEPTUAL BASADO EN TOE PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE

Durante la etapa de revisión de literatura se identificaron algunos autores involucrados en la adopción de tecnologías en los centros educativos (Mirza & Alghathbar, 2009; Ouaddah et al., 2016; Thilagam et al., 2018). También se identificaron las barreras que dificultan la implementación de tecnologías digitales en universidades, las cuales pueden ser internas o externas. Las variables internas tienen que ver con los recursos de la universidad y sus lineamientos, las externas corresponden a políticas y regulaciones.

² Disponible en: <https://unab.edu.co/innova/>

El *framework* TOE es una teoría organizacional que explica que tres elementos diferentes del contexto de una empresa influyen en las decisiones de adopción de soluciones tecnológicas (Tornatzky et al., 1990) Estos tres elementos son el contexto tecnológico, el contexto organizacional y el contexto ambiental. Basados en la literatura estudiada, se tiene que los tres contextos influyen en la innovación tecnológica de las organizaciones.

Contexto tecnológico

El contexto tecnológico incluye todas las tecnologías que son relevantes para una empresa, tanto las tecnologías que ya están en uso como las que están disponibles en el mercado pero que no se utilizan actualmente (Baker, 2012). Es importante aclarar que no tener en cuenta las tecnologías ya existentes en el proceso de adopción puede generar una barrera a la hora de implementar una solución tecnológica, ya que no se establece un límite amplio en el alcance y ritmo del cambio tecnológico que puede emprender la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

La UNAB orienta su estrategia tecnológica con el fin de facilitar la transformación en los servicios que son brindados en los ámbitos de docencia, investigación, extensión, agilizar las gestiones administrativas, fomentar relaciones (universidad, empresa, estado, y graduados) y posicionar a la institución como una entidad innovadora dentro del sector educativo. Para lograr lo propuesto, la unidad de las TIC UNAB, alineada con el Proyecto Educativo Institucional (PEI) y el Plan de Desarrollo, hace la identificación e implementación de tecnologías que garantizan la operación de la infraestructura de la universidad y busca ofrecer soluciones que promuevan el autoservicio de la comunidad universitaria (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019a).

La universidad cuenta con diferentes servicios tecnológicos los cuales son relevantes para los estudiantes. Dentro de estos recursos se encuentran las salas de informática que son de acceso libre para uso de software genérico o especializado, laboratorios, salones de clases y salas de reunión. A nivel de *e-Learning* se cuenta con plataformas como TEMA (Tecnología Aplicada a la Enseñanza para el Mejoramiento del Aprendizaje) y Canvas que ayudan a potenciar el aprendizaje haciéndolo más intuitivo, inmediato y constante. También tiene a disposición equipos de préstamos como computadores de consulta en sala, los portátiles los cuales se prestan por horas, los equipos de multimedia; además cuenta con otros servicios como lo son la conectividad inalámbrica en el campus y la atención personalizada tanto de soporte como de mantenimiento (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019a).

Es importante mencionar que se cuenta con software tanto comerciales como también de libre uso para los estudiantes, entre ellos están las licencias de: *Suite Microsoft, Suite Adobe, SPSS, FlexSim, Comsol, MatLab, Stata, SolidWorks* entre otros, con los cuales se busca favorecer el uso de las TIC en los diferentes ámbitos

académicos. En términos generales en la UNAB se cuenta con 103 programas de cómputo adquiridos con sus respectivas licencias los cuales equivales a un total de 40.066 licencias. También cuenta con más de cien mil aplicaciones instaladas entre ellas licenciadas y de software libre (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019a).

A continuación, son mencionadas las variables de tipo tecnológico:

Costo: El costo de la implementación de las soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas depende de la adopción de las tecnologías de la información y las comunicaciones tradicionales teniendo en cuenta la complejidad de estas. Es por esto que el personal encargado de llevar estos proyectos en la organización debe contemplar los aspectos tecnológicos, organizacionales y del entorno para reducir el riesgo del proyecto y presentar una estimación del costo de la inversión que sugiere el despliegue de nuevas soluciones tecnológicas (Parra & Guerrero, 2020). En este sentido, la implementación de una nueva solución tecnológica basada en tecnologías IoT requiere de preparación tecnológica por parte de la organización. El proceso de transformación digital implica el desarrollo de proyectos pequeños inicialmente, para conocer previamente la aceptación por parte de los empleados, antes de llevar a cabo un despliegue en toda la organización (Gartner, 2017).

Los costos que debe asumir la UNAB para implementar el control de acceso basado en IoT depende de la arquitectura planteada para la solución tecnológica. Se plantea la realización de pruebas piloto inicialmente en el quinto piso del Edificio de Ingenierías de la UNAB. La arquitectura que se plantea en este documento (Disponible en la sección 6.3 ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. CASO DE ESTUDIO EN EL QUINTO PISO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS Ver Figura 9) consta de cinco componentes que abarcan las cuatro capas que se definen en el modelo de referencia IoT que plantea la UIT-T Y.2060. Los componentes que se plantearon son: Una tarjeta de identificación RFID que como su nombre lo menciona es la forma en la cual cada estudiante se identifica en el sistema. Un lector Wiegand 26-34 *Wifi Wireless Reader* que permite validar las credenciales de cada estudiante. El tercer elemento el cual pertenece a la capa de comunicación es un *IoT Gateway* (IoT Gateway GTW410) que tendrá comunicación por medio de Wi-Fi con el lector para almacenar los datos, y posteriormente hacer el procesamiento de estos. Para el almacenamiento y procesamiento de la información se plantea el uso de los servicios de computación en la nube que ofrece *Google Cloud*. El ultimo componente es una aplicación web donde se podrán visualizar y administrar todos los datos que se guardaron y procesaron anteriormente, esta aplicación sería administrada por el departamento TIC de la Universidad, específicamente Centro de Atención de Tecnologías de la información y las Comunicaciones (CaTIC).

Infraestructura TIC: La adopción de tecnologías IoT implica la transformación de la infraestructura TIC existente para apoyar la tecnología, la organización debe contar con una red de referencia la cual consta de tres partes: red central, red de acceso y de red de área de IoT (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016).

En cuanto a la infraestructura TIC de la universidad se encuentran los servidores, plataformas de almacenamiento y aplicaciones, bases de datos, la red de datos la cual permite la transferencia de información desde y hacia internet o a los usuarios clientes y entre los diferentes sistemas de información, también se encuentran el subcomponente recursos TIC el cual corresponde a los computadores de escritorio, portátiles, video beams, tabletas, software académico y administrativo y otros elementos disponibles para el uso de la comunidad universitaria. En el plan estratégico TIC del 2013 – 2018 se planteó el Proyecto Conectividad del Campus, el cual buscaba que en el 2018 la universidad contara con políticas y procesos adecuados de gestión tecnológica y con sistemas de información, contenidos, canales modernos, y alineados a todos los frentes de trabajo de la estrategia TIC (ComparTIC UNAB, 2018).

La UNAB en los últimos años ha realizado una inversión para dotar los espacios académicos con infraestructura tecnológica que permita interactividad y pueda facilitar los procesos de comunicación y acceso a recursos informáticos que estén disponibles en internet. Para lograr lo mencionado anteriormente se han dotado salones con proyector de video interactivo, sistema integrado de sonido, y equipo exclusivo para profesor. Hoy en día se cuenta con 29 laboratorios, 9 auditorios, 125 salones, 33 salas de reuniones y 10 salas de estudios con estas características (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019a).

Actividades R&D: Teniendo en cuenta la complejidad que conlleva el despliegue tecnológico en internet de las cosas, las organizaciones deben contar con el personal encargado de identificar cuáles son los beneficios que se pueden obtener mediante la adopción tecnológica y a su vez dirigir el proceso de innovación tecnológica para mejorar o crear procesos productos o servicios (Parra & Guerrero, 2020).

La universidad cuenta con un departamento llamado DTIC (Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación), el cual es el encargado de mantener la operación de todos los servicios tecnológicos y enfrentar los retos de crecimiento que demandan los proyectos de inversión, mejoramiento y gestión. La DTIC está organizada con un equipo humano que se dividen en tres áreas: Centro de Atención de Tecnologías de la información y las Comunicaciones (caTIC) el cual es el responsable de dar soporte a la comunidad universitaria en los servicios de préstamos de equipos, conectividad, soporte en las aulas, carnetización, gestión de contraseñas, acompañamiento para el acceso a los sistemas de información, reparación y mantenimiento. Otra área es el sistema de Información el cual es el responsable del mantenimiento, desarrollo, soporte y actualización de las

plataformas de software de negocio que brinda soporte a la operación de las diferentes dependencias de la universidad. Por último, Infraestructura que es la responsable de gestionar la infraestructura de red, tanto física como inalámbrica también es la encargada de gestionar los recursos disponibles de servidores como el almacenamiento, procesamiento y mantener la seguridad de la información (CompartIC UNAB, 2018).

Privacidad y seguridad: Para lograr desarrollar las soluciones de IoT en una organización, implica abordar las posibles amenazas de seguridad en la confidencialidad, la autenticidad y la integridad de datos y los servicios. Una de las consecuencias que se pueden encontrar en las vulnerabilidades es el daño a la reputación o imagen de las organizaciones (un ejemplo de esto, se vería reflejado al afectar la privacidad de los clientes), lo que puede implicar demandas judiciales muy costosas. (Parra & Guerrero, 2020).

La Universidad Autónoma de Bucaramanga cuenta con una dependencia llamada Secretaría General y Jurídica la cual es la encargada de garantizar el cumplimiento de la constitución, las leyes, los estatutos generales, los reglamentos y disposiciones institucionales (Universidad Autonoma de Bucaramanga, 2020d).

Además de esto la institución ha presentado un manual de recomendaciones generales de seguridad de la información para la comunidad universitaria. En el documento se encuentran diferentes lineamientos los cuales permitirán mantener la seguridad de la información de la institución, dar cumplimiento a la ley de Habeas Data, las buenas prácticas de seguridad y las políticas institucionales de seguridad de la información de la universidad (Oficina de seguridad de la información., 2020).

Contexto organizacional

El contexto organizacional se refiere a las características y recursos de la empresa, incluidas las estructuras de enlace entre los empleados, los procesos de comunicación dentro de la empresa, el tamaño de la empresa y la cantidad de recursos disponibles (Baker, 2012). En el contexto organizacional, se ha considerado la variable cultura organizacional. A continuación, son mencionados aspectos de la universidad desde el punto de vista organizacional.

La Universidad Autónoma de Bucaramanga es una institución de carácter privado, dedicada al servicio de la Educación Superior desde el año 1952. La dinámica de su crecimiento está representada por una amplia y pertinente oferta académica, un volumen de producción investigativa, destacado en importantes actividades que la convierten en una universidad responsable socialmente. Cuenta actualmente con 1600 empleados aproximadamente y su especialidad es la educación preescolar, primaria, bachillerato, especializaciones y maestrías (Universidad Autonoma de Bucaramanga, 2020a).

El Plan de Desarrollo de la UNAB contempla nueve objetivos estratégicos (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2019b):

1. Gestión de conocimiento: Consiste en lograr el reconocimiento de la UNAB en temas como generación, transparencia y comunicación del conocimiento y participación en redes académicas y científicas.
2. Gestión de la innovación: Su objetivo es impulsar en la UNAB el ambiente, la mentalidad y los procesos requeridos para generar innovaciones a nivel organizacional, en procesos y en productos de manera sostenible y sistemática.
3. Internacionalización: Consolidar a la UNAB con visión global, mediante la internacionalización de sus funciones misionales, la enseñanza y aprendizaje del inglés y la movilidad de estudiantes y profesores.
4. Relación con grupos de interés: Cumplir las propuestas de valor para cada uno de los grupos de interés, mediante modelos de relación integrales.
5. Agenciamiento de recursos externos y sostenibilidad financiera: Gestionar recursos externos para el fortalecimiento de la docencia, investigación y contribuir al crecimiento sostenible de la UNAB.
6. Transformación digital: Posicionar a la UNAB teniendo en cuenta los avances en servicios digitales, campus creativo, negocios digitales, procesos automatizados que fomenten el desarrollo académico, la investigación y la extensión para mejorar la experiencia de los grupos.
7. Responsabilidad social universitaria: Cumplir los principios del Pacto Global de Naciones Unidas y contribuir de forma activa y voluntaria al desarrollo sostenible de su entorno
8. Calidad y pertinencia: Mantener la Acreditación institucional, acreditar programas en los ámbitos nacional e internacional
9. Gestión de cultura organizacional y de desarrollo de talento humano: Consolidar la cultura organizacional y el desarrollo del talento humano, enfocada en creatividad, productividad, competitividad y colaboración con un mayor sentido de pertenencia.

Recursos de la UNAB

Sistema de Información Bibliográfica SIBU

El Sistema de Información Bibliográfica SIBU cuenta con una gran variedad de recursos digitales. La UNAB tiene a disposición revistas académicas, información jurídica, económica, administrativa y contable de carácter nacional e internacional, normas internacionales, libros digitales y recursos de aprendizaje multimedia, entre otros. El SIBU (Sistema de Bibliotecas UNAB), está conformado por la Biblioteca Central Luis Carlos Galán Sarmiento ubicada en la Sede El Jardín y tres Bibliotecas especializadas mencionadas y ubicadas de la siguiente forma: Biblioteca Ciencias de la Salud, ubicada en la Sede El Bosque, biblioteca FOSCAL ubicada en la Torre Milton Salazar Piso 4, biblioteca Escolar Armando Puyana Puyana ubicada en el

Instituto Caldas UNAB o campus El Tejar (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020e).

Estrategia TEMA

En la página web de la Estrategia TEMA, los educadores de la Universidad tienen a disposición una serie de materiales que pueden utilizar de acuerdo con sus necesidades educativas, específicamente manuales sobre cómo emplear algunas herramientas Web 2.0. Este espacio nació con el objetivo de compartir diversos recursos que ayuden a enriquecer y dinamizar las prácticas docentes (Unab virtual, 2015).

En el año 2012 la universidad hizo un estudio para comprender el entorno tecnológico en el que se mueve la universidad. Se empleó una metodología llamada *Control Objectives for Information and related Technology (COBIT)* la cual analiza la incorporación de TIC en los procesos mediante una escala de seis niveles de madurez con el fin de identificar las áreas de oportunidad de cada uno de los ejes estratégicos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El resultado del modelo de madurez empleado arrojó que la universidad en la incorporación de TI en sus procesos se encuentra en el Nivel 2, Repetible, esto significa que las personas utilizan métodos similares para la realización de una misma tarea. Sin embargo, la capacitación es reducida y la comunicación formal del procedimiento se deja en manos de una sola persona, lo que genera alta dependencia y aumenta la probabilidad de errores. Esta condición, hace que las personas se enfuercen más para lograr efectividad, pertinencia y oportunidad en la adopción de nuevas tecnologías que requiere la universidad para alcanzar los resultados esperados en el Plan de Desarrollo (ComparTIC UNAB, 2018).

Tabla 3. Descripción de cada nivel del Modelo de Madurez COBIT

Nivel	Descripción
Inexistente (0)	Total, falta de un proceso reconocible. La Universidad no reconoce que hay un problema que resolver.
Inicial (1)	Hay evidencia de que la Universidad ha reconocido que los problemas existen y que necesitan ser resueltos. Sin embargo, no hay procesos estandarizados, pero en cambio hay métodos <i>ad-hoc</i> que tienden a ser aplicados en forma individual o caso por caso. El método general de la administración no es organizado.
Repetible (2)	Los procesos se han desarrollado hasta el punto en que diferentes personas siguen procedimientos similares emprendiendo la misma tarea. No hay capacitación o comunicación formal de procedimientos estándar y la responsabilidad se deja a la persona. Hay un alto grado de confianza en los conocimientos de las personas y por lo tanto es probable que haya errores.

Definida (3)	Los procedimientos han sido estandarizados, documentados, y comunicados a través de capacitación. Sin embargo, se ha dejado en manos de la persona el seguimiento de estos procesos, y es improbable que se detecten desviaciones. Los procedimientos mismos no son sofisticados, sino que son la formalización de las prácticas existentes.
Administrada (4)	Es posible monitorear y medir el cumplimiento de los procedimientos y emprender acción donde los procesos parecen no estar funcionando efectivamente. Los procesos están bajo constante mejoramiento y proveen buena práctica. Se usan la automatización y las herramientas en una forma limitada o fragmentada.
Optimizada (5)	Los procesos han sido refinados hasta un nivel de la mejor práctica, basados en los resultados de mejoramiento continuo y diseño de la madurez con otras universidades. TI se usa en una forma integrada para automatizar el flujo de trabajo, suministrando herramientas para mejorar la calidad y la efectividad, haciendo que la empresa se adapte con rapidez.
Fuente: Adaptado de (Tecnología de la Información y las Comunicaciones, 2019b)	

En la UNAB el talento humano, incorpora como componente de formación el conocimiento y utilización de las TIC en todos los niveles y modalidades de oferta educativa. La capacitación en TIC corresponde a una parte fundamental de la formación del talento humano, integrada a la carrera docente para los profesores, a las categorías de la planta de personal para los administrativos y a los programas de formación profesional para los estudiantes, con los pesos porcentuales definidos y reglamentados por los ámbitos correspondientes (ComparTIC UNAB, 2018).

Durante el desarrollo de la investigación hemos encontrado trabajos sobre el desarrollo del talento humano en las organizaciones según teorías de rápido aprendizaje. Según Liu & Yuan (2010) la formación de trabajadores más competentes hace a las empresas más maduras. Estimular el crecimiento de los empleados hace que se cree una motivación y se genere un entorno de confianza. Se deben escuchar las opiniones del trabajador y tener una comunicación eficaz con ellos, un tono y un lenguaje corporal adecuado. Se debe evaluar la contribución de cada trabajador a los objetivos de la empresa y ofrecer recompensas salariales, para que el empleado se sienta valorado y desarrolle una actitud positiva (Liu & Yuan, 2010). Las anteriores pautas las podría tener en cuenta más adelante la universidad.

La universidad depende altamente de las TIC. Estas tecnologías cubren necesidades de gestión universitaria, enriquece la infraestructura tecnológica y mejoran la conectividad. Debido a esto, el CaTIC se encarga de la implementación, mantenimiento y desarrollo de sistemas de información que apoyan los procesos administrativos y académicos. Así como el CaTIC existen otros grupos mencionados anteriormente que ayudan al correcto funcionamiento tecnológico de la universidad. La dirección TIC orienta a las áreas académicas para que logren alcanzar el valor estratégico de la tecnología y la información. Para ello de identifican tecnologías que permitan transformar la institución. La estrategia TIC define los lineamientos

para la adopción de mejores prácticas en cuanto a procesos, gestión de proyectos y seguridad de la información. La infraestructura TIC mantiene en operación los servidores y plataformas que soportan aplicaciones, sistemas de información y servicios digitales. Los sistemas de información desarrollan, implementan, interconectan y administran los sistemas de información que conectan la gestión académica, financiera y administrativa de la universidad. Por último el centro de atención TIC interactúa con los usuarios, identifica problemas y oportunidades respecto del uso de tecnologías (ComparTIC UNAB, 2018).

Contexto ambiental.

El contexto ambiental incluye la estructura de la industria, la presencia o ausencia de proveedores de servicios tecnológicos y el entorno regulatorio. Las empresas que deben pagar altos salarios por mano de obra calificada a menudo se ven obligadas a innovar mediante innovaciones en el trabajo. La ausencia de mano de obra calificada y la no disponibilidad de consultores u otros proveedores de servicios tecnológicos dificultan la innovación (Baker, 2012).

La implementación tecnológica es un factor relevante, es por esto que, si la empresa no cuenta con expertos en el tema, debe acudir a consultores o empresas especializadas debido al requerimiento de una evaluación de madurez digital para evitar pérdidas por fricción durante la implementación. Los casos de uso potenciales se deben evaluar y priorizar teniendo en cuenta el valor comercial, la accesibilidad a los datos y la viabilidad de implementación (Baker, 2012).

DECRETO 1330 DE 2019: *“Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior”*

“Con el propósito de continuar fortaleciendo los procesos de aseguramiento de la calidad de la educación superior, el gobierno nacional expidió el Decreto 1330 de 25 de julio de 2019” (Congreso de la Republica de Colombia, 2019).

Este decreto establece que cada IES decidirá sobre el nivel de intensidad en el que se desarrollará la investigación y, por tanto, el perfil del personal que se dedica a este tipo de actividades dentro de la institución. Esto reducirá la exigibilidad que se hacía para que las IES tuvieran profesores con PhD dedicados a la investigación.

Ley 1978 del 25 de julio de 2019: *“La presente Ley tiene por objeto alinear los incentivos de los agentes y autoridades del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)”* (Congreso de la Republica de Colombia, 2019).

Esta ley contiene 51 artículos que brindan las herramientas para incentivar la inversión de las TIC y la televisión en sectores públicos y privados. Habla de la priorización al acceso y uso de las TIC en la producción de bienes y servicios. Uno

de los objetivos es la creación de condiciones para que Colombia llegue al 70% de los hogares conectados a internet.

Con la creación de estos decretos por parte del gobierno nacional se cree firmemente en las amplias oportunidades que podrían brindar las tecnologías de la información y las comunicaciones. Para ello se espera que refuercen la integración del alumnado, apoyar la formación de docentes, a partir de contenidos pertinentes. Las tecnologías son necesarias para el proceso de aprendizaje porque promueven entornos de trabajo colaborativos que hacen que el aprendizaje sea activo, flexible y mejore la comunicación con el profesor. Las formas de enseñanza y aprendizaje cambian, el profesor ya no es el gestor del conocimiento. Su papel ha evolucionado al de un guía que orienta al alumno con su aprendizaje

“Las soluciones tecnológicas traen consigo contenidos dinámicos, interactivos y atractivos (presentación simultánea de texto, sonidos e imágenes). Nuevos formatos de información como presentaciones, videos, aplicaciones y muchas más, pueden facilitar el aprendizaje, al aplicar metodologías más activas y menos expositivas. Pero, sobre todo, porque suponen un cambio ante un modelo educativo inmutable a lo largo de los años. Por todos estos beneficios se necesita cada vez más adoptar tecnología en entornos donde la enseñanza es esencial” (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, 2019).

Framework conceptual TOE

El *Framework* conceptual TOE está constituido por tres factores. El factor tecnológico, el factor organizacional y el factor ambiental. El factor tecnológico contiene cuatro variables. El costo, la infraestructura TIC, la seguridad y privacidad y las actividades R&D. El buen uso y el enriquecimiento de estas variables harán que la adopción tecnológica en la UNAB sea más factible. El factor organizacional consta de una variable llamada cultura organizacional, la cual se encarga de desarrollar habilidades y pensamientos tecnológicos en la comunidad universitaria con el fin de generar una cultura madura para una buena recepción de las tecnologías digitales, para este caso, un control de acceso en el quinto piso del edificio de ingeniería. Por último, el factor ambiental es el encargado de sacar el mejor provecho a los decretos, leyes o normativas que el gobierno nacional coloca a disposición en el sector tecnológico colombiano. Lo anterior se logra gracias a una variable llamada regulación. Adaptando y organizando cada uno de estos factores se puede llegar a la adopción de soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga (ver Figura 4).

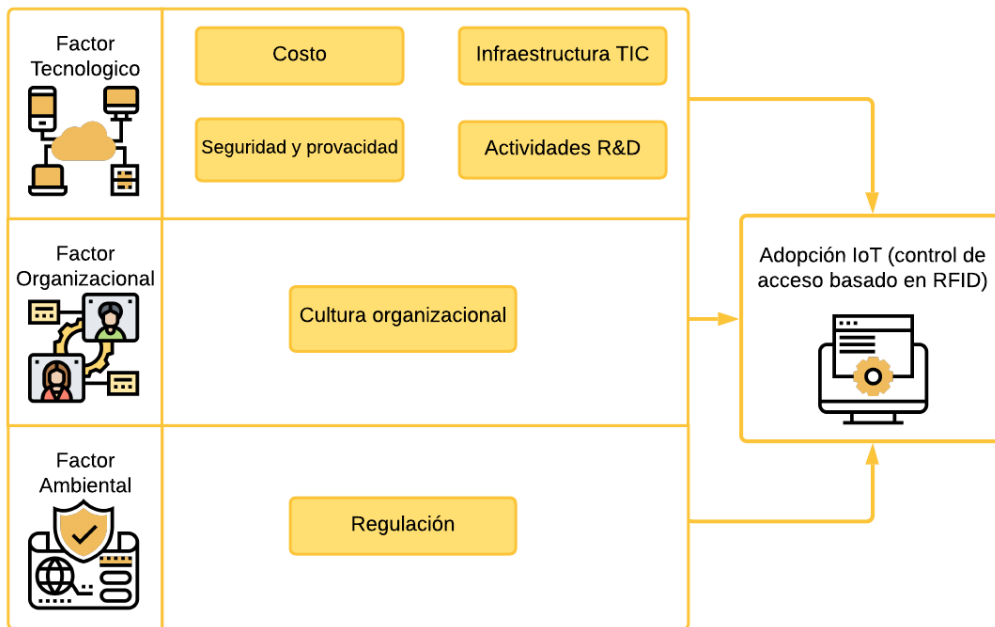


Figura 4 Framework conceptual TOE

6.3 ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. CASO DE ESTUDIO EN EL QUINTO PISO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS

Para el diseño del framework conceptual de la solución de Internet de las Cosas para el control de asistencia en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se tomaron en consideración los documentos recuperados en la revisión de la literatura. El Diagnostico de la UNAB en torno a la tecnología con la que cuenta. La recomendación UIT-T Y.2060 que presenta los términos generales de Internet de las Cosas (IoT), identifica las características fundamentales y los requisitos de alto nivel de IoT y describe el modelo de referencia IoT. La UIT-T Y.2060 señala que cada implementación IoT debe tener una capa de aplicación, una capa de soporte de servicios, una capa de red y una capa de dispositivos.

Dispositivos, tecnologías y protocolos seleccionados

Tarjeta con identificador RFID

En primer lugar, se presenta una tarjeta inteligente operada bajo el sistema de radiofrecuencia (RFID), la cual consta de 64 bloques de memoria. Estas tarjetas se basan en el sistema de proximidad que consiste exactamente en realizar solo

lectura (Sunaina, 2017). Cada bloque tiene un almacenamiento de 16 Bytes. La implementación de esta tarjeta proporciona un cifrado de datos almacenados y seguridad de la información privada y personal (Mirza & Alghathbar, 2009) La tarjeta de proximidad por radiofrecuencia permite la identificación automática del usuario por radio frecuencia (RFID). Para el control de acceso se utiliza una tarjeta pasiva la cual contiene un chip que al ser aproximado el lector recibe una corriente que hace que se active, al activarse hace la devolución de un código de identificación al sistema. La comunicación con el lector se hace mediante una antena de radio de baja frecuencia a 125 KHz (Bhd., 2010) (ver Figura 5). En la Tabla 4 son presentadas las especificaciones de la Tarjeta RFID.

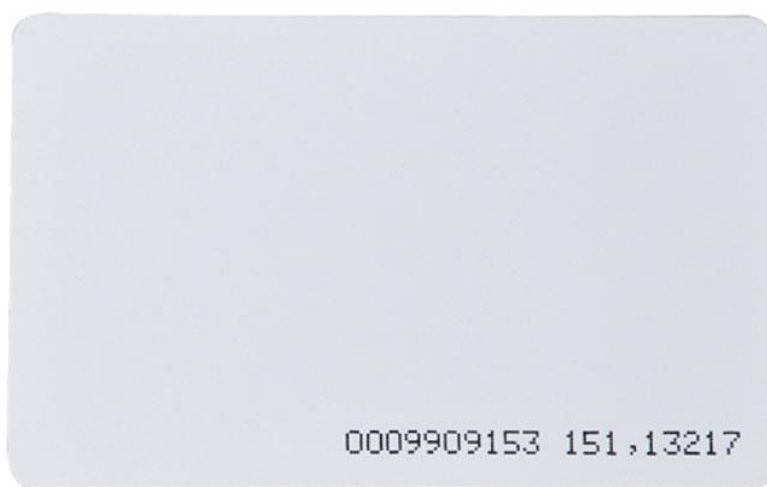


Figura 5 Tarjeta con Identificador de Radio Frecuencia
Fuente: Tomado de (Electronilab, 2020).

Tabla 4 Especificaciones técnicas de la Tarjeta RFID

Especificaciones técnicas Tarjeta RFID	
<i>RFID Frequency</i>	<i>1,2 GHz (Low Frequency)</i>
<i>Passive Proximity</i>	<i>Without battery</i>
<i>Code</i>	<i>64 bits</i>
<i>Thickness</i>	<i>0,88mm (Printable)</i>
<i>Measures</i>	<i>5.4 x 8.5 cm</i>
<i>Recommendation for use</i>	<i>Access Control</i>
Fuente: Tomado de (Bhd., 2010)	

Lector RFID

El *Wiegand 26-34 Wifi Wireless Reader* es un lector inalámbrico para el control de acceso el cual registra los datos que son brindados por la tarjeta para posteriormente comunicarse con el sistema de computación en la nube, este lector trabaja bajo una frecuencia de 125 kHz y como su nombre lo dice cuenta con un

sistema *Wiegand* el cual hace que el lector se conecte al sistema de control de acceso (Access Control Management, 2020) (ver Figura 6).



Figura 6 Wiegand 26-34 Wifi Wireless Reader
Fuente: Tomado de (Access Control Management, 2020)

IoT Gateway

GTW410 es un *Gateway* inteligente multifuncional que integra el protocolo de comunicación *ZigBee*, *Wi-Fi* y *BLE (Bluetooth Low Energy)*, también admite módulos de RF externos a través de USB. Este dispositivo puede ser personalizado para integrar todas las combinaciones posibles entre diferentes tecnologías de comunicación (*ZigBee*, *Zwave*, *BLE*, *LoRa*, *4G / 3G / 2G* y *Wi-Fi*) para realizar la adquisición de datos remota y las funciones de control remoto. Utiliza tecnología inalámbrica de grado industrial y garantiza seguridad de la red mediante un cifrado de alto nivel y así evitar invasiones o ataques (Geniatech, 2020a) (ver Figura 1Figura 7). En la Tabla 5 son presentadas las especificaciones del *IoT Gateway*.



Figura 7 Gateway GTW410
Fuente: Tomado de (Geniatech, 2020a).

Tabla 5 Especificaciones técnicas del Gateway GTW410

Especificaciones técnicas Geniatech IoT Gateway	
Processor	Snapdragon 410E quad core ARM® Cortex® A53
CPU Frequency	1,2 GHz
Internal Memory	1GB or 2GB LPDDR3 533MHz
Internal Storage	8GB or 16 GB eMMC5.0
External Storage	1x Micro SD socket
OS	Android 6.0, Linux based on Debian, Windows 10 IoT core
MiniPCI-E LTE/3G	Optional
Bluetooth	4.1
Zigbee/Z-wave	IEEE 802.15.4
WLAN	IEEE 802.11 b/g/n
WLAN Frequency	2.4 GHz
Fuente: Tomado de (Geniatech, 2020b)	

WIFI IEEE 802.11

La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) define las características que tiene una red de área local inalámbrica (WLAN). La palabra WI-FI (*Wireless Fidelity*) es el nombre de la certificación otorgada por la *Wi-Fi Alliance*. Este grupo garantiza la compatibilidad de dispositivos con estándar 802.11 (Murray et al., 2015). La compatibilidad del WI-FI es muy amplia, admite ordenadores portátiles, computadores de escritorio, celulares inteligentes, entre otros dispositivos con propiedades de conexión de 11 Mbps o superiores. Una red WI-FI está compuesta por una capa física, que ofrece tres tipos distintos para la codificación de la información. Estos tipos son DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), que utiliza ondas radiofónicas para la transmisión de señales digitales, FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), que emite las señales sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatorias y por último el Infrarrojo, este método convierte la energía en una señal eléctrica permitiendo la comunicación entre nodos. A su vez tiene una capa de enlace de datos de la cual se desprenden otras 2 subcapas que son control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC) (Wi-Fi Alliance, 2020).

Las capas LLC y MAC, dependiendo de la configuración de red usada define la forma en que los datos son transferidos en el medio físico y le da un identificador único a un dispositivos de red (Murray et al., 2015). Esa es la función de cada capa respectivamente. El estándar original 802.11 ha sido modificado para optimizar el ancho de banda y mejorar la seguridad, dando paso a los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g. Estos protocolos tienen distintas modificaciones y varían un poco sus características de rango y flujo de datos. Se recomienda utilizar la especificación IEEE 802.11 por su óptimo rendimiento ya que con el nuevo estándar 802.11ac podemos alcanzar velocidades de hasta 1,3 Gbps utilizando tres antenas en la configuración, su señal es estable y limpia, debido a la utilización de la banda de 5 GHz que ayuda a disminuir la interferencia y ofrece estabilidad y recepción en

la señal (Wi-Fi Alliance, 2020). En la Tabla 6 se presentan las especificaciones técnicas del Wi-Fi IEEE 802.11.

Tabla 6. Especificaciones técnicas Wi-Fi IEEE 802.11

Especificaciones técnicas Wi-Fi IEEE 802.11	
<i>Frequency</i>	2.4 – 5.8 GHz
<i>Data rate</i>	600 Mbps
<i>Range</i>	10 – 250 m
<i>Network size</i>	Thousands (mesh)
<i>Network topology</i>	Star, tree, P2P, mesh
<i>Encryption</i>	WPA2
Fuente: Tomado de (Mocrii et al., 2018)	

IPv6

La IPv6 es una versión del Protocolo de Internet la cual es la versión sucesora de la IPv4 y se caracteriza por: El aumento en el tamaño de las direcciones IP de 32 bits a 128 bits, para soportar niveles de jerarquía de direcciones, la escalabilidad del enrutamiento *multicast* es mejorada al añadir un campo de “alcance” a las direcciones, también se define un nuevo tipo de dirección llamada “dirección *anycast*” la cual es utilizada para enviar un paquete a cualquier grupo de nodos. Se limita el costo de ancho de banda del encabezado para así reducir el costo de procesamiento en manejo de paquetes. Se implementaron cambios en la forma en que se codifican las opciones de encabezado IP lo cual permite un reenvío más eficiente, límites menos estrictos en la longitud de las opciones y tener una mayor flexibilidad. Por último se añade una nueva capacidad para permitir el etiquetado de paquetes pertenecientes a “flujos” de tráfico particulares (Internet Engineering Task Force, 1998). En la Tabla 7 son presentados los parámetros del IPv6.

Tabla 7. Parámetros IPv6

Parameter IPv6	
<i>Standardized by</i>	Internet Engineering Task Force
<i>Interoperability</i>	No
<i>Functions</i>	Provides an identification and location system for computers on networks and routes traffic across the Internet
<i>Designed for / used for</i>	Packet-switched internetworking
<i>Type of protocol</i>	Internet layer protocol
<i>Routing</i>	Simplified efficient multicast routing
<i>Application</i>	Provides end-to-end datagram transmission across multiple IP networks
<i>Security</i>	IPSec and build-in authentication and privacy support
<i>Scalability</i>	Highly scalable address scheme
Fuente: Tomado de (C. Sharma & Gondhi, 2018).	

Computación en la nube

Para almacenar la información que después será visualizada se ha propuesto el paradigma de *Cloud Computing*, el cual está definido en la Recomendación ITU-T Y.3500 Tecnología de la información – Computación en la nube – Descripción general y vocabulario (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2014a)

“La computación en la nube es un paradigma que permite el acceso en red a un conjunto redimensionable y elástico de recursos físicos o virtuales compartibles con capacidad de autoconfiguración del servicio y administración a voluntad. El paradigma de la computación en la nube consta de las características principales, las funciones y las actividades de computación en la nube, los tipos de capacidades en la nube y las categorías del servicio en la nube, los modelos de despliegue en la nube y los aspectos intersectoriales de computación en la nube (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2014c).”

La computación en la nube es una tecnología la cual está en constante evolución esta se caracteriza por tres razones principales según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2014):

1. Los clientes o usuarios finales pueden acceder a recursos ya sean físicos o virtuales cuando lo requieran siempre y cuando estos se encuentran accesibles por la red, se emplean dispositivos de usuario final como lo son *smartphones*, tabletas, computadores de escritorio y computadores portátiles para acceder a estos recursos.
2. El costo que tenga el servicio lo definen los servicios que se usan, esto hace que sea un modelo para implementar eficiente.
3. Una de las ventajas del *Cloud Computing* es la autonomía del usuario para reducir el coste, tiempo y esfuerzos que se requieren para efectuar una acción.

Computación en la nube es un servicio que se puede consumir a través de internet. Este servicio permite rentar recursos computacionales (por ejemplo, servidores, almacenamiento, procesadores) mayormente utilizados por empresas que necesitan escalar verticalmente su infraestructura o reducirla rápidamente, dependiendo de la demanda de sus mercados (Arif et al., 2019). Actualmente existen tres empresas líderes en el mercado del *Cloud Computing*, *Amazon Web Services*, *Microsoft Azure* y *Google Cloud*. *Amazon Web Services* es la empresa más antigua ofreciendo este servicio, tiene una plataforma muy madura lo que es una gran ventaja ya que tienen un gran centro de datos alrededor del mundo, es decir, tienen muchos servidores y computadoras en distintos lugares, lo que permite crear proyectos sin ningún límite, dado que su infraestructura es enorme (*Amazon Web Services*, 2020). *Microsoft Azure* es bien recibida en el mercado debido a que su plataforma está diseñada para funcionar con todo el ecosistema *Windows* (*Windows* es el sistema operativo más utilizado en el mundo), su documentación es

sencilla y el licenciamiento no es tedioso porque Azure se encarga directamente de eso (Microsoft Azure, 2020). *Google Cloud* ofrece servicios de *Big Data*, *Analytics*, *Artificial Intelligence*, entre otros. Se enfoca en ofrecer soluciones o servicios que requieren grandes procesamientos incluyendo redundancia en caso de fallas y menor latencia, ya que los recursos se encuentran más cerca de los clientes (Google Cloud, 2020)

Para el caso del escenario *Access control*, la computación en la nube se utiliza para el procesamiento y el comando de los datos de las diferentes fuentes de información en el *Access control* (tarjetas y lectores). La nube es el nivel más avanzado de la arquitectura, que proporciona la capacidad de almacenamiento masivo de datos, los cuales posteriormente serán procesados con alta confiabilidad, escalabilidad y autonomía (Xu et al., 2014) Es importante incorporarla en la solución tecnológica porque ayuda a sustituir la infraestructura del lugar donde se va a adoptar, esto hace que no se gaste dinero en cambios estructurales, en costos de energía y mantenimiento de ordenadores y servidores. Además, ayuda con la discreción y seguridad de los datos personales de las personas involucradas (Gupta et al., 2020).

Escalabilidad y elasticidad: Los recursos del *hardware* que componen el *Access control* no estarán limitados a una capacidad estática, es decir la plataforma en la nube se adaptará a la carga de datos a la que está siendo sometida, por lo que el almacenamiento del sistema de *Access control* no se agotará. Por tal razón, para el procesamiento y análisis de los datos se requieren herramientas escalables que permitan identificar los patrones de comportamiento (Yassine et al., 2019).

Seguridad: Los datos personales de los estudiantes, docentes y administrativos estarán seguros. Esto se debe, en parte, a que los proveedores son capaces de dedicar recursos a la solución de problemas de seguridad que muchas empresas no pueden permitirse el lujo de abordar debido a su infraestructura o a problemas financieras. Con la computación en la nube la universidad solo tendrá que preocuparse de la seguridad a nivel de aplicación de la tecnología, el proveedor de la nube es responsable de la seguridad física (Arif et al., 2019).

Costo: El costo en el escenario del sistema de *Access control*, será reducido notablemente. El servicio de computación en la nube convierte los gastos de capital a gasto de funcionamiento, ya que la infraestructura la proporcionan terceros y no se tendrán gastos de adquisición de ordenadores o servidores (Arif et al., 2019).

Rendimiento: El análisis de los datos que proporciona la aplicación web tendrá un resultado final óptimo. El administrador tendrá la capacidad de un seguimiento permanente e implementar correcciones que permiten obtener más provecho de los recursos. Para el procesamiento de los datos, se debe hacer uso completo de todos los recursos computacionales, de tal manera que se puedan abordar los desafíos de rendimiento de los algoritmos de cómputo casi en tiempo real o fuera de línea, para encontrar patrones ocultos y generar conocimiento valioso (Kim et al., 2015).

Plataforma Web

Los datos que son almacenados en la nube pasan a ser visualizados y analizados lo cual se hace por medio de una aplicación web que permite a los del área del CaTIC manejar el área del acceso de control en el quinto piso del edificio de ingenierías en la universidad autónoma de Bucaramanga y también tomar decisiones con respecto a esa información que se guarda.

Privacidad y seguridad

Para analizar los temas de seguridad, es necesario conocer cuáles son las vulnerabilidades que comúnmente corroboran a los terceros a irrumpir, por este motivo se toman en cuenta los principales retos que toma un adversario cuando accede a un sistema. El motivo principal es interrumpir o impedir el funcionamiento adecuado, esto lo hacen porque una vez logrando colapsar tienen la facilidad de atacar los sistemas y vulnerarlos, como en el caso de los atacantes que logran acceder a la información de terceros sin su consentimiento, por lo cual es considerado un reto para la creación y gestión de IoT afrontar este tipo de desafíos que genera una preocupación significativa en todos los temas relacionados con información (Nord et al., 2019).

Teniendo en cuenta las anteriores características, basados en Uddin et al., (2019) se proponen los siguientes requisitos para que la seguridad aumente y no se presenten las situaciones prescritas (Uddin et al., 2019):

- Primer requisito: la solicitud de acceso solo será presentada por el coordinador de roles.
- Segundo requisito: la persona que va a hacer un uso comercial debe aprobar la solicitud de seguridad.
- Tercer requisito: Sólo los usuarios autorizados tendrán acceso a todos los recursos.
- Cuarto requisito: El acceso de un usuario se revoca cuando finalice el servicio.
- Quinto requisito: transferencia de servicios a través del cambio de roles requiere dos niveles de aprobaciones del Propietario del proceso (Servicio de salida e Incorporación) y revocación de los existentes y aprovisionamiento de nuevas credenciales.
- Sexto requisito: llevar un registro suficiente para ser monitoreado y retenido.

RFID es una tecnología que usa etiquetas incrustadas encargadas de hacer un proceso de reconocimiento automático. El contenido de estas etiquetas consta de tres elementos básicos los cuales son: etiqueta RFID (transponedor), lector (transceptor), sistema de aplicación de trasfondo (base de datos) (Li et al., 2010).

La mayoría de las etiquetas son de carácter pasivo, esto significa que se alimentan de la energía que les propicia directamente el lector, cuando el lector emite señales RFID las etiquetas que están cerca responden. A pesar de estos mecanismos que aparentemente proveen seguridad en un lugar, se ha podido apreciar que aún hace falta desarrollar buena parte en este proceso. En la implementación de RFID, gracias a las cámaras de seguridad se ha visto cómo los ladrones hacen uso de bolsas forradas en aluminio para ocasionar la pérdida de interferencia en el sistema de radio frecuencia, esto es debido a que las frecuencias emitidas por los lectores son bajas, si estas fueran un poco más intensas podrían ocasionar interferencia con otras RFID cercanas, en otras palabras, ocasiona la pérdida de información en áreas restringidas como hospitales y centrales de comando (Li et al., 2010).

También se ha podido apreciar que el sistema de las etiquetas se ha podido falsificar, bloquear y permitir diferentes vulnerabilidades que terminan negando el servicio como lo son los siguientes ataques tradicionales a RFID (Huang, 2009): i) ataque del hombre en el medio: consiste en que la persona que realiza el ataque se encarga de cambiar los mensajes que se envían entre dos personas, inyectando diferentes textos y haciéndose pasar por uno de ellos, entrega a cada uno de ellos lo que les quiere hacer creer. ii) Ataque de repetición: En este caso la persona que provoca el ataque a la red ocasiona que esta vaya mucho más lenta y fraudulenta, provocando retrasos en la entrega de los datos. iii) Ataques de falsificación: Con este ataque la persona ocasiona el engaño, hace creer a las personas por medio de la imitación vulnerando estadísticas, objetos y demás componentes que permitan llevar un análisis, en RFID se destaca el hecho de la falsificación del tráfico de comunicación en la red. iv) Ataque de suplantación de identidad: La persona que provoca el ataque realiza un reajuste en las etiquetas que maneja una persona, cambia los valores, haciendo creer a un tercero que la información que fue modificada es la real. v) Ataque de denegación de servicio: Realizar un recurso informático que aparentemente no funciona para los usuarios previstos.

A partir de la revisión de la literatura (ver Sección 4.3 ESTADO DEL ARTE), el análisis de la UNAB (ver Sección 6.1 DIAGNOSTICO SOBRE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA), y lo presentado en la primera parte de la Sección 6.3 ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. CASO DE ESTUDIO EN EL QUINTO PISO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS (Dispositivos, tecnologías y protocolos seleccionados); a continuación, es presentado el *framework* conceptual de solución tecnológica para el control de acceso en la Universidad Autónoma de Bucaramanga basado en Internet de las Cosas (ver Figura 8).

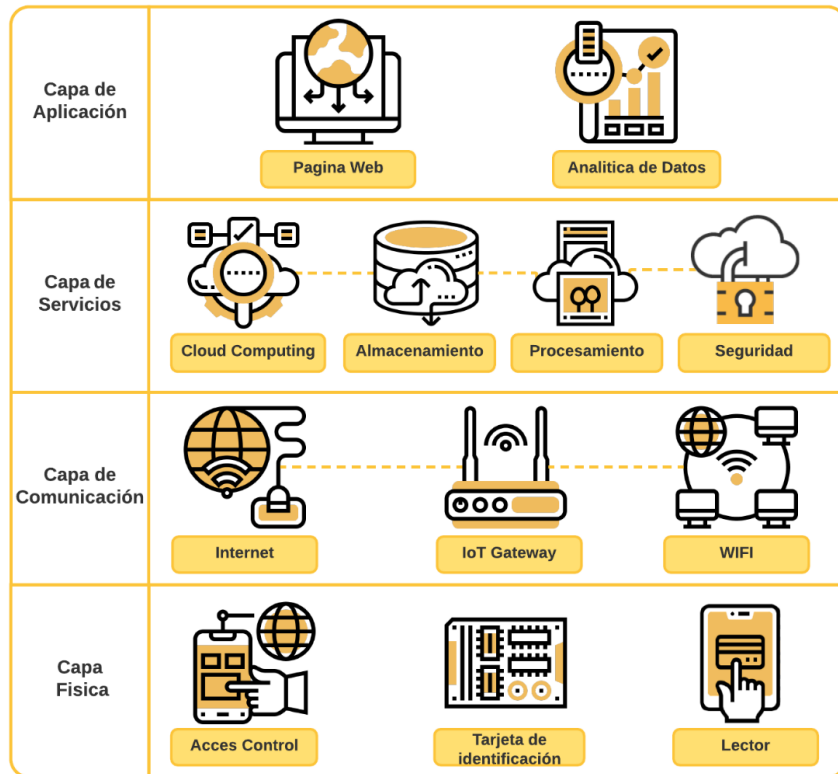


Figura 8 Framework Conceptual de Access Control
Fuente: Adaptado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012a)

El *framework* conceptual propuesto está conformado por cuatro capas principales: Capa física, Capa de comunicación, Capa de servicios y Capa de aplicación. En la capa física es presentado el *Access Control* el cual está conformado por: Una tarjeta inteligente la cual cuenta con un identificador de radiofrecuencia-RFID con una frecuencia de 125 KHz. La implementación de esta proporciona un cifrado de datos de almacenamiento y seguridad de la información y el lector *Wiegand 26-34 Wifi Wireless Reader* que se encarga de leer la información de la tarjeta. Los datos y la información que se generan entre la tarjeta y el lector son enviados a la capa de comunicación, a través del *IoT Gateway GTW410*. En la capa de comunicación, es presentado el *IoT Gateway* el cual incluye Wi-Fi como tecnología de acceso a Internet. En la capa de servicios es presentada la solución de *Cloud Computing* para el almacenamiento, procesamiento y seguridad de los datos. Por último, en la capa de aplicación es presentada una aplicación web dirigida al usuario final por la cual se puede visualizar la información y hacer su respectivo análisis.

Arquitectura Tecnológica

Basado en los dispositivos, tecnologías y protocolos seleccionados y en el framework conceptual de la solución tecnológica para el control de acceso en la Universidad Autónoma de Bucaramanga basado en Internet de las Cosas, las cuales son descritas en la primera parte de esta sección (ver en 6.3 ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. CASO DE ESTUDIO EN EL QUINTO PISO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS); a continuación, es presentado la arquitectura tecnológica para el control de acceso en la Universidad Autónoma de Bucaramanga basado en Internet de las Cosas. (ver Figura 9).

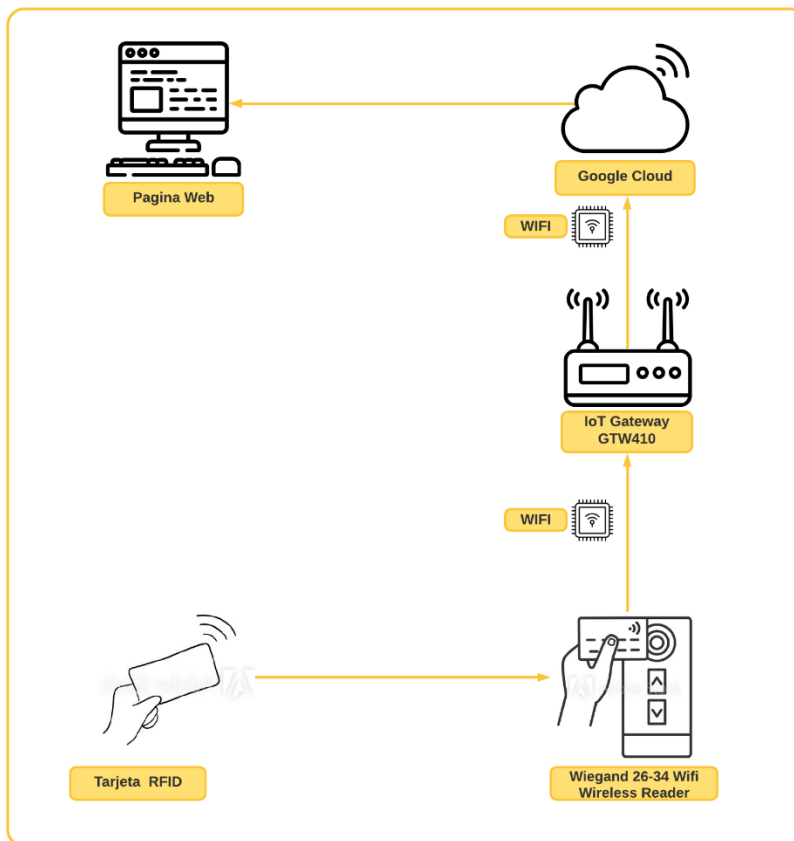


Figura 9. Arquitectura Tecnológica de la solución IoT

Estrategia de Transformación Digital

A continuación, es presentada la estrategia de transformación digital para la adopción de nuevas tecnologías haciendo énfasis en el caso de estudio de control de acceso para la toma de asistencia en la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

El planteamiento de esta estrategia se basó en la revisión de la literatura (ver sección 4. MARCO REFERENCIAL), en los *frameworks* conceptuales TOE y en la arquitectura tecnológica de la solución IoT que se describen en la primera parte de esta sección (ver sección 6.2 *FRAMEWORK* CONCEPTUAL BASADO EN TOE PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE y 6.3 ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA ADOPCIÓN DE SOLUCIONES IOT PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA EN LAS AULAS DE CLASE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA. CASO DE ESTUDIO EN EL QUINTO PISO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS)

Tabla 8 *Guidelines* de la estrategia de transformación digital

Contexto	Lineamiento	Actor	Oportunidades
Tecnológico	Formulación de planes de adopción e implementación de un sistema de control de acceso basado en tecnologías de Internet de las Cosas.	Jefe TIC UNAB, Equipo CATIC, GTI.	Posibilidad de implementar soluciones IoT completas que favorezcan los procesos académicos de la Universidad. Mejoramiento en el proceso de toma de asistencia en la Unab lo que facilita controlar la deserción estudiantil.
	Análisis de la infraestructura tecnológica actual dentro de la Institución.	Jefe TIC UNAB, GTI, Consultor TI externo	Diagnóstico oportuno del estado de la infraestructura tecnológica de la Unab y la posibilidad de modernización para el despliegue de tendencias tecnológicas.
	Desarrollo de pruebas de concepto para el despliegue del sistema de control de acceso basado en tecnologías de Internet de las Cosas.	Jefe TIC UNAB, Equipo CATIC, GTI.	Si la prueba de concepto es exitosa se puede desplegar el control de acceso en todas las aulas de la Unab.
	Formulación de una estrategia de ciberseguridad para proteger la información de los usuarios UNAB que hagan uso del control de acceso.	Jefe TIC UNAB, Oficina de seguridad de la información	Formación de la comunidad Unab en buenas prácticas en ciberseguridad, para el uso adecuado y seguro de la solución IoT.
Organizacional	Formación de la comunidad UNAB en el uso de soluciones tecnológicas basadas en tecnologías IoT.	Jefe TIC UNAB, Gestión Humana, Vicerrectoría académica, Bienestar Universitario, GTI	Comunidad Unab alineada con las tendencias tecnológicas.
Entorno	Formulación de políticas públicas y programas que incentiven la transformación	Entes gubernamentales	La Unab continúa el proceso de transformación digital para

Contexto	Lineamiento	Actor	Oportunidades
	digital las Universidades basados en la adopción de soluciones tecnológicas que apoyen los procesos académicos y administrativos.		consolidarse como <i>Smart University</i> .

A continuación, se presentan a detalle cada una de la recomendaciones que se encuentran establecidas en la Tabla 8.

Contexto Tecnológico

Recomendación 1.

Formulación de planes de adopción e implementación de un sistema de control de acceso basado en tecnologías de Internet de las Cosas.

Actor involucrado: Jefe TIC UNAB, Grupo de Investigación en Tecnologías de Información.

Contexto: Las Universidades están afrontando procesos de transformación digital que sugieren la adopción de tecnologías digitales para apoyar los procesos académicos y administrativos. Un ejemplo de ello es el proceso de toma de asistencia llevado a cabo por los docentes en los cursos, así como el reporte para determinar posibles casos de estudiantes con dificultades para continuar con su proceso de formación.

El Actor Involucrado podría:

- Formular una estrategia de transformación digital para la adopción de sistemas de control de acceso en las aulas de la UNAB para apoyar el proceso de toma de asistencia, y generar alertas sobre posibles casos de deserción estudiantil.
- Ejecutar la estrategia de transformación digital inicialmente en el quinto piso del Edificio de Ingenierías, caracterizado por tener una serie de laboratorios en la que se imparten clases a diferentes programas académicos de la UNAB.

Recomendación 2

Análisis de la infraestructura tecnológica actual dentro de la Institución.

Actor Involucrado: Jefe TIC UNAB, Grupo de Investigación en Tecnologías de Información, Consultor TI externo

Contexto: El despliegue de tendencias tecnológicas en la Institución requiere un análisis de la infraestructura tecnológica existente, para proponer un plan de modernización que facilite la adopción de nuevas soluciones tecnológicas.

Los actores Involucrados podrían:

- Realizar una evaluación de la infraestructura tecnológica de la Universidad.
- Diseñar un plan de modernización de la infraestructura tecnológica para el despliegue de soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas.

Recomendación 3

Desarrollo de pruebas de concepto para el despliegue del sistema de control de acceso basado en tecnologías de Internet de Cosas.

Actor Involucrado: Jefe TIC UNAB, Equipo CATIC, Grupo de Investigación en Tecnologías de Información.

Contexto: Tomando en consideración el riesgo que implica para la Institución el despliegue de nuevas soluciones tecnológicas, se sugiere inicialmente el desarrollo de pruebas de concepto con el control de acceso, para verificar cómo la solución tecnológica influye en el proceso de toma de asistencia en la UNAB.

Los actores Involucrados podrían:

- Realizar inicialmente una prueba de concepto en el quinto piso del edificio de Ingenierías de la UNAB.
- Efectuar un estudio que permita conocer la opinión de la comunidad UNAB que participó en la prueba de concepto.

Recomendación 4

Formulación de una estrategia de ciberseguridad para proteger la información de los usuarios UNAB que hagan uso del control de acceso.

Actor Involucrado: Jefe TIC UNAB, Oficina de seguridad de la información

Contexto: Aunque la Institución cuente con una oficina de seguridad de la información, la implementación de soluciones basadas en Internet de las Cosas trae consigo nuevas vulnerabilidades, que necesitan ser atendidas.

Los actores Involucrados podrían:

- Formular y socializar una estrategia de ciberseguridad con la comunidad UNAB, para el uso seguro del control de acceso basado en tecnologías IoT.

Contexto Organizacional

Recomendación 1

Formación de la comunidad UNAB en el uso de soluciones tecnológicas basadas en tecnologías IoT.

Actor Involucrado: Jefe TIC UNAB, Gestión Humana, Grupo de Investigación en Tecnologías de Información.

Contexto: La constante evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones, requiere del desarrollo de habilidades digitales en los usuarios de la tecnología. Para el caso de la comunidad UNAB, la incorporación de nuevas soluciones tecnológicas, en este caso, un control de acceso como apoyo a la toma de asistencia a clases, implica por parte de la Institución la formación de la comunidad universitaria para que hagan uso adecuado de la tecnología.

Los actores Involucrados podrían:

- Recopilar información que le permita conocer el nivel de formación, perfil profesional, capacidad de adaptación al cambio tecnológico de la comunidad Universitaria.
- Diseñar un plan de formación acorde a las necesidades evidenciadas en la información recolectada.
- Gestionar capacitaciones para el fomento de habilidades digitales de la Comunidad UNAB, en las que pueden participar actores internos como el Grupo de investigación en Tecnologías de Información.

Contexto del Entorno

Recomendación 1

Formulación de políticas públicas y programas que incentiven la transformación digital las Universidades basados en la adopción de soluciones tecnológicas que apoyen los procesos académicos y administrativos.

Actor Involucrado: Entes gubernamentales.

Contexto: Las Instituciones de Educación Superior pueden ofrecer un mejor servicio a su comunidad educativa si logran incorporar en sus procesos académicos y administrativos tecnologías digitales. En este sentido, se espera que el Gobierno Nacional, representado por el Ministerio de Educación Nacional, a través de políticas públicas favorezcan la transformación digital de las Universidades.

Los actores involucrados podrían:

- Formular políticas públicas que favorezcan la transformación digital en las Instituciones de Educación Superior.
- Financiar proyectos de investigación orientados al diseño e implementación de tendencias tecnológicas en Instituciones de Educación Superior.

7. DISCUSIÓN

El trabajo de investigación “*Estrategia de transformación digital para la adopción de soluciones IoT para el control de asistencia en las aulas de clase de la universidad autónoma de Bucaramanga*” se fundamenta en el diseño de un control de acceso basado en tecnologías IoT para la toma de asistencia en las aulas de clase del quinto piso del edificio de ingenierías de la UNAB. Teniendo en cuenta que la implementación de nuevas soluciones tecnológicas en una organización implica cambios, se tomó como base el framework teórico TOE, para identificar las variables que inciden en la toma de decisiones para la adopción de tecnologías en la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Access Control es un sistema que provee la seguridad y el control en un entorno específico, apoyando el proceso de toma de asistencia a clase, y generando alertas tempranas de posibles casos de deserción estudiantil. Aunque estas soluciones requieren de una alta inversión es una buena opción para promover la transformación digital en las Instituciones de Educación Superior y a su vez mitigar ese tipo de problemáticas que retrasan las actividades que se llevan a cabo y se agilicen los procesos de toma de asistencia ocasionando que se lleve un control adecuado de esta información.

El despliegue de estas soluciones tecnológicas requiere de preparación tecnológica por parte de la Institución. Para el caso de la estrategia de transformación digital basada en la adopción de soluciones en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, es necesaria la intervención de los encargados de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, así como el respaldo de los grupos de investigación que trabajan en temas de apropiación tecnológica.

Por otra parte, se recalca la necesidad de implementar tecnologías en Colombia que promuevan los ecosistemas relacionados con Internet de las Cosas, esto a partir de políticas y regulaciones que se encuentren en pro de la adquisición e implementación de soluciones tecnológicas. El Gobierno Nacional está realizando sus esfuerzos por mejorar los aspectos relacionados con la transformación digital, sin embargo, estos avances no son suficientes para el manejo de tecnologías como las que se están proponiendo en este documento.

Dentro de las recomendaciones también cabe incluir el fortalecimiento de las TIC para que la comunidad tenga experiencias relacionadas con las soluciones aquí planteadas y el desarrollo y la eficiencia de estas pueda ofrecer expectativas que se puedan aplicar en diferentes entornos y áreas del territorio colombiano.

8. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto titulado “Estrategia de transformación digital para la adopción de soluciones IoT para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga” permitió profundizar en procesos de transformación digital basados en la adopción de soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas, específicamente en el contexto de Universidades. Para tal fin se realizó una revisión de la literatura, logrando identificar dispositivos, tecnologías y protocolos. Se destaca que especialmente en el tema de *Access control*, no se hallaron muchos trabajos relacionados. Por esta razón, se buscaron documentos que mencionaran aspectos sobre seguridad y privacidad de la información, modelos de negocio, y roles potenciales de la gobernanza en ecosistemas IoT.

En cuanto al diagnóstico sobre adopción de soluciones tecnológicas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, fue posible evidenciar el continuo avance en el proceso de transformación digital liderado y administrado por los grupos de investigación, UNAB Creative, Think Link, DTIC (Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación) y CaTIC (Centro de Atención de Tecnologías de la información y las Comunicaciones). En el Plan de Desarrollo 2019-2024, la UNAB plantea estrategias competitivas para redefinir el ambiente educativo a corto plazo. Para lograrlo se busca promover la creatividad en la comunidad educativa, desarrollar una cultura de innovación y emprendimiento y adecuar los espacios de la universidad para el uso de tecnologías y herramientas TIC. Para evaluar el nivel de incorporación de tecnologías, la universidad realizó un estudio con un modelo de madurez llamado COBIT. Obteniendo como resultado un Repetible (2), siendo Optimizada (5) el máximo valor. Este puntaje muestra que la UNAB está en un proceso de mejora en cuanto a incorporación de tecnologías.

El diseño *Framework* conceptual de la solución tecnológica propuesto, es el resultado del análisis de encuestas, revisión de la literatura, y el diagnóstico realizado. Cabe resaltar que no todas las encuestas del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), ANDI (La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia) o MINTIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia) están actualizadas, lo que hizo un poco más difícil la búsqueda de información. Para su elaboración, se destaca el estudio de las siguientes recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones: UIT-T Y.2060 (2012) Presenta en términos generales Internet de los objetos (IoT), UIT-T Y.2069 (2012) Contiene términos y definiciones referentes a la Internet de las Cosas, UIT-T 2066 (2014) Proporciona los requisitos comunes de la Internet de las cosas (IoT), basados en casos generales de utilización de la IoT y de sus actores, creados a partir de la definición de la IoT contenida en la Recomendación UIT-T Y.2060, y UIT-T F.748.1 (2014) Describe los requisitos y las características comunes del identificador de Internet de las cosas (IoT) para el servicio IoT.

En síntesis, el *framework* conceptual propuesto presenta los aspectos clave que deben ser tomados en consideración para el despliegue de un *Access Control* en la UNAB. El diseño del *framework* conceptual del *Access Control* es el resultado del análisis de la revisión de la literatura, la información obtenida de la UNAB, la búsqueda de dispositivos, tecnologías y protocolos. Después de analizar las tecnologías disponibles para el *Access Control*; por su agilidad, confiabilidad y seguridad, la RFID es la más apropiada para la implementación del *Access Control* en el quinto piso del Edificio de Ingenierías de la UNAB. En síntesis, se tiene la posibilidad de implementar gran cantidad de aplicaciones que aporten a un mayor crecimiento integral de los campus de la UNAB, mejorando así la calidad del trabajo de las personas que pertenecen y asisten día a día a la universidad.

Finalmente, la estrategia de transformación digital propuesta es el resultado de los conocimientos obtenidos de todas las actividades propuestas durante el proyecto. La estrategia consiste en una serie de recomendaciones para la adopción de soluciones IoT teniendo en cuenta el *framework* conceptual TOE. Durante el desarrollo de la estrategia se puede observar la baja competitividad y atraso digital en Colombia, debido a la poca educación en la ciudadanía en el uso de herramientas digitales y una lenta adaptación a las últimas tendencias tecnológicas.

La actual pandemia generada a causa del COVID-19, ha sido uno de los aceleradores de la digitalización en las industrias, esto generó que los planes proyectados a largo plazo pasaron a ejecutarse en un tiempo muy corto. Por todo lo anterior quien actualmente no comience a digitalizar las operaciones y servicio de su empresa, tendrá serios problemas a la hora de prestar sus servicios. Tanto así que los países y empresas que demuestren una mayor adaptabilidad, más que no ser afectados por la crisis, saldrán fortalecidos de ella.

9. TRABAJO FUTURO

Los resultados obtenidos con el proyecto titulado “Estrategia de transformación digital para la adopción de soluciones IoT para el control de asistencia en las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Bucaramanga” corresponde a la fase inicial para la adopción de soluciones tecnológicas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, más específicamente un sistema de control de acceso basado en tecnologías IoT. Lo planteado en este proyecto tiene como objetivo generar beneficios para la comunidad educativa y mejorar los índices de adopción tecnológica. Se espera que este trabajo sea referente para el desarrollo de nuevos proyectos en el Semillero de Investigación en Telemática, con temas asociados a adopción de soluciones tecnológicas con Internet de las Cosas y *framework* TOE, ecosistema de Internet de las Cosas en la UNAB, y seguridad y privacidad de la información.

REFERENCIAS

- Abdalkafor, A., Al-Ani, K., & Nassar, A. (2018). *The Internet of Things - A Survey*. 1–6. <https://doi.org/10.24897/acn.64.68.187>
- Access Control Managment. (2020). *proveedor de lector de wifi inalámbrico, fábrica de lector de rfid, mayoristas de lector de rfid de wifi, mayoristas de lector de rfid inalámbrico en China - fabricante de rfid de china, fábrica de tarjetas de rfid de china, etiqueta de rfid, etiqueta de*. <https://www.goldbridgesz.com/es/products/RFID-Reader-Wiegand-26-34-Wifi-Wireless-Reader-for-Access-Control-Smart-Card-Reader-IP65.html#.X4ZzTdBKl00>
- Aguiar, T., Gomes, S. B., Da Cunha, P. R., & Da Silva, M. M. (2019). Digital transformation capability maturity model framework. *Proceedings - 2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Conference, EDOC 2019, Section VI*, 51–57. <https://doi.org/10.1109/EDOC.2019.00016>
- Ahrend, U., Aleksy, M., Berning, M., Gebhardt, J., Mendoza, F., & Schulz, D. (2019). Challenges of the digital transformation: The role of sensors, sensor networks, IoT-devices, and 5G : TPaper. *2019 1st International Conference on Societal Automation, SA 2019*. <https://doi.org/10.1109/SA47457.2019.8938077>
- Amazon Web Services. (2020). *¿Qué es AWS?* https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/?nc2=h_mo
- Arif, H., Hajdiab, H., Harbi, F. Al, & Ghazal, M. (2019). A Comparison between Google Cloud Service and iCloud. *2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)*, 337–340. <https://doi.org/10.1109/CCOMS.2019.8821744>
- Baker, J. (2012). The Technology-Organization-Environment. In *Information Systems Theory: Explaining and Predicting our Digital Society Vol. 1* (Vol. 28, pp. 231–235). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2>
- Bhd., C. T. S. (2010). *RFID Card*. 2012(7 February), 125. <http://www.cytron.com.my/viewProduct.php?pcode=RFID-TAG-125-CA>
- Chuanjun, Z., Baoxian, J., & Zhang, Y. (2013). *Research on Application of the Internet of things in University's Teaching Management*. 860–863, 3017–3020. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.860-863.3017>

- CompartIC UNAB. (2018). *PLAN ESTRATÉGICO DE INFORMACIÓN Y LAS Documento de divulgación del Plan Estratégico de TIC Aprobado Comité Financiero Acta No . 2 de Diciembre 5 de 2012. 2.*
- Comunidad universitaria UNAB. (2019). *Reglamento Estudiantil de pregrado. 1–78.*
https://unab.edu.co/sites/default/files/archivos/legal_resoluciones_tarifas/Reglamento Estudiantil Pregrado 29 OCT- ARR.pdf
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (2012). *Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_1581_2012].*
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html
- Congreso de la Republica de Colombia. (2019). *Ley 1978 Del 25 De Julio 2019. Ministerio de Tecnologias de Informacion y Las Comunicaciones, 197825.*
https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1978_DEL_25_DE_JULIO_DE_2019.pdf
- Construcción Planeación y Evaluación UNAB. (2019). *Docencia de la UNAB. 2019.*
- Electronilab. (2020). *Tarjeta de Proximidad RFID 125Khz - Electronilab.*
<https://electronilab.co/tienda/tarjeta-de-proximidad-rfid-125khz/>
- Elmstrøm, S., Jensen, H., & Jacobsen, R. H. (2013). *Access Control with RFID in the Internet of Things.* <https://doi.org/10.1109/WAINA.2013.199>
- Gartner. (2017). *Three Strategies to Achieve Better-Than-Planned Outcomes for IoT Projects.* <https://www.gartner.com/en/documents/3820163>
- Geniatech. (2020a). *GTW410 IoT Gateway Solution, Hardware Platform & Embedded System | Geniatech.* <https://www.geniatech.com/product/gtw410/>
- Geniatech. (2020b). *Gtw410 spec. 1–5.*
- Google Cloud. (2020). *Acerca de los servicios de Google Cloud | Descripción general.* <https://cloud.google.com/docs/overview/cloud-platform-services?hl=es-419>
- Gupta, D., Bhatt, S., Gupta, M., Kayode, O., & Tosun, A. S. (2020). *Access Control Model for Google Cloud IoT. 2020 IEEE 6th Intl Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE Intl Conference on High Performance and Smart Computing, (HPSC) and IEEE Intl Conference on Intelligent Data and Security (IDS), 198–208.*
<https://doi.org/10.1109/BigDataSecurity-HPSC-IDS49724.2020.00044>
- Hernandez, M. M. R. (2004). *Sistema de registro y control de salida de elementos*

mediante dispositivos RFID. 55.
<http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>

- Huang, Y. (2009). *Secure Access Control Scheme of RFID System Application*. 525–528. <https://doi.org/10.1109/IAS.2009.223>
- Internet Engineering Task Force. (1998). Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. *ペインクリニック学会治療指針 2*, 43(March), 1–9. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.1.78>
- Janardhanan, J., & Sharbaf, M. S. (2018). Investigation of Access Control for Internet of Things: Service-Level Role-Based Access Control. *Proceedings - 2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2017*, 1315–1319. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.229>
- Jang, J. J., Moon, J., & Jung, I. Y. (2016). A Personalized Access Control Based on IoT. *Proceedings - 2015 IEEE 21st Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, PRDC 2015*, 317–318. <https://doi.org/10.1109/PRDC.2015.36>
- Kim, J. Y., Lee, H.-J., Son, J.-Y., & Park, J.-H. (2015). Smart home web of objects-based IoT management model and methods for home data mining. *2015 17th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, 327–331. <https://doi.org/10.1109/APNOMS.2015.7275448>
- Ladasi, S. H., Shihab, M. R., Hidayanto, A. N., & Budi, N. F. A. (2019). Prioritizing Determinants of Internet of Things (IoT) Technology Adoption: Case Study of Agribusiness PT. XYZ. *ICICOS 2019 - 3rd International Conference on Informatics and Computational Sciences: Accelerating Informatics and Computational Research for Smarter Society in The Era of Industry 4.0, Proceedings*, 2–7. <https://doi.org/10.1109/ICICoS48119.2019.8982442>
- Lee, G. (2019). What roles should the government play in fostering the advancement of the internet of things? *Telecommunications Policy*, 43(5), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.12.002>
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>
- Li, J., Wang, Y. F., Zhang, Z. M., & Chu, C. H. (2010). Investigating acceptance of RFID in Chinese firms: The technology- organization-environment framework. *Proceedings of 2010 IEEE International Conference on RFID-Technology and Applications, RFID-TA 2010, June*, 263–268. <https://doi.org/10.1109/RFID-TA.2010.5529927>

- Liu, Y., & Yuan, Y. (2010). The formation mechanism of implicit human capital of high-skilled talents based on learning theory. *Proceedings of the International Conference on E-Business and E-Government, ICEE 2010, 09*, 1041–1044. <https://doi.org/10.1109/ICEE.2010.269>
- Majeed, A., & Ali, M. (2018). How Internet-of-Things (IoT) making the university campuses smart? QA higher education (QAHE) perspective. *2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2018, 2018-Janua*, 646–648. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2018.8301774>
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business and Information Systems Engineering, 57*(5), 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Microsoft Azure. (2020). *Qué es Azure: Servicios en la nube de Microsoft | Microsoft Azure*. https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-azure/?ef_id=Cj0KCQjw8rT8BRCbARIsALWiOvTFZT0eNI7Cyo7925zN09loBbJEUmxDvOijQQqetxpLKbpbkB6VFs-ooAp1cEALw_wcB%3AG%3As&OCID=AID2100025_SEM_Cj0KCQjw8rT8BRCbARIsALWiOvTFZT0eNI7Cyo7925zN09loBbJEUmxDvOijQQqetxpLKb
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2015). *Decreto No. 1075 del 26 de mayo 2015*. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019930>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (2018). Conpes 3975: Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial. *Consejo Nacional de Política Económica y Social - Republica de Colombia*, 115. <https://www.cancilleria.gov.co/documento-conpes-estrategia-atencion-migracion-venezuela>
- Ministerio TIC. (2018). Plan TIC 2018-2022. *El Futuro Digital Es de Todos*, 1–105. https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-101922_Plan_TIC.pdf
- Mirza, A. A., & Alghathbar, K. (2009). Acceptance and applications of smart cards technology in university settings. *8th IEEE International Symposium on Dependable, Autonomic and Secure Computing, DASC 2009*, 746–748. <https://doi.org/10.1109/DASC.2009.108>
- Mocrii, D., Chen, Y., & Musilek, P. (2018). IoT-based smart homes: A review of system architecture, software, communications, privacy and security. *Internet of Things, 1–2*, 81–98. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2018.08.009>
- Mu, A. (2019). A solution based on combination of RFID tags and facial recognition for monitoring systems. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53*(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Murray, D., Koziniec, T., Dixon, M., & Lee, K. (2015). Measuring the reliability of 802.11 WiFi networks. *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, 233–238. <https://doi.org/10.1109/ITechA.2015.7317401>
- Nikitin, P. V., & Rao, K. V. S. (2006). Theory and measurement of backscattering from RFID tags. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 48(6), 212–218. <https://doi.org/10.1109/MAP.2006.323323>
- Nord, J. H., Koohang, A., & Paliszkievicz, J. (2019). The Internet of Things: Review and theoretical framework. *Expert Systems with Applications*, 133, 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.05.014>
- Oficina de seguridad de la información. (2020). *Recomendaciones generales de seguridad de la información para empleados y estudiantes UNAB*.
- Ouaddah, A., Mousannif, H., Abou Elkalam, A., & Ait Ouahman, A. (2017). Access control in IoT: Survey & state of the art. *International Conference on Multimedia Computing and Systems -Proceedings*, 0, 272–277. <https://doi.org/10.1109/ICMCS.2016.7905662>
- Ouaddah, A., Mousannif, H., & Ouahman, A. A. (2016). Access control models in IoT: The road ahead. *Proceedings of IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, AICCSA, 2016-July*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/AICCSA.2015.7507090>
- Parra, D. T., & Guerrero, C. D. (2020). Technological Variables for Decision-making IoT Adoption in Small and Medium Enterprises. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 5(4), em0124. <https://doi.org/10.29333/jisem/8484>
- Pflaum, A. A., & Gölzer, P. (2018). The IoT and digital transformation: Toward the data-driven enterprise. *IEEE Pervasive Computing*, 17(1), 87–91. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2018.011591066>
- Planta física. (2019). *RECURSOS FÍSICOS*. https://www.unab.edu.co/sites/default/files/17.Recursos_fisicos.pdf
- Ramdani, B. (2013). *SMEs ' adoption of enterprise applications*. 20(4), 735–753. <https://doi.org/10.1108/JSBED-12-2011-0035>
- Resoluciones de Acreditaciones del MEN. (2019). *Acreditaciones de alta calidad a programas académicos de pregrado profesional*. 6–7.
- Resoluciones de Registro Calificado MEN - Sistema SACES y SNIES. (2019). *Programas por nivel y modalidad de formación*.

- Rueda-Rueda, J. S., Manrique, J. A., & Cabrera Cruz, J. D. (2017). Internet de las Cosas en las Instituciones de Educación Superior. *Congreso Internacional En Innovación y Apropiación de Las Tecnologías de La Información y Las Comunicaciones – CIINATIC 2017, September*, 1–5.
- Sandhu, R. S., & Samarati, P. (1994). Access control constrains what a user can do directly, as well as what programs executing on behalf of the users are allowed to do. In this way access control seeks to prevent activity that could lead to breach of security. *IEEE Communications Magazine*, 32(September), 40–48. <https://doi.org/10.1109/35.312842>
- Sapiens Research. (2019a). *Ranking mejores universidades de Colombia 2019 | DTI-Sapiens*. <https://www.srg.com.co/dtisapiens.php>
- Sapiens Research. (2019b). *Reporte Ranking de la mejores universidades de Colombia (2019)*. <https://www.srg.com.co/noticias/reporte-ranking-dti-sapiens-2019/>
- Sharma, C., & Gondhi, N. K. (2018). Communication Protocol Stack for Constrained IoT Systems. *2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IoT-SIU.2018.8519904>
- Sharma, T., & Aarthy, S. L. (2017). An automatic attendance monitoring system using RFID and IOT using Cloud. *Proceedings of 2016 Online International Conference on Green Engineering and Technologies, IC-GET 2016*, 16–19. <https://doi.org/10.1109/GET.2016.7916851>
- Shirley, D., Tejada, M., Cesar, A., & Jaramillo, R. (2012). *prototipo de Control de Acceso*. 34. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/901/1/Prototipo_Control_Acceso_Corporacion_Universitaria_Lasallista.pdf
- Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior. (2019a). *Conteos desercion en la UNAB*.
- Sistema para la Prevención de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior. (2019b). *Estadísticas de Deserción - Sistemas información*. <https://www.mineducacion.gov.co/sistemasinfo/spadies/Informacion-Institucional/357549:Estadisticas-de-Desercion#>
- Sunaina, A. (2017). *Breakthrough in Access Control Technology*. 1–4.
- Sunaina, A., & Poojary, R. (2017). Breakthrough in access control technology. *2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications, ICECTA 2017, 2018-Janua*, 1–4.

<https://doi.org/10.1109/ICECTA.2017.8251958>

Tecnología de la Información y las Comunicaciones. (2019a). *Información de las TIC*.

Tecnología de la Información y las Comunicaciones. (2019b). *Recursos tecnológicos*.

Thilagam, T., Arthi, K., & Amuthadevi, C. (2018). A survey on security and privacy issues in cloud computing. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(2.4 Special Issue 4), 88–92.

Think Link. (2019). *Think Link | Una Spin-off de la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://www.thinklink.com.co/es/index>

Tornatzky, Fleischer, M. and, & Chakrabarti, A. K. (1990). *Processes of technological innovation*. Lexington books.

Tornatzky, L. G., & Klein, K. J. (1982). Innovation Characteristics and Innovation Adoption-Implementation: a Meta-Analysis of Findings. *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-29(1), 28–45.
<https://doi.org/10.1109/TEM.1982.6447463>

Tsiatsis, V., Karnouskos, S., Höller, J., Boyle, D., & Mulligan, C. (2019). Internet of Things: Technologies and Applications for a New Age of Intelligence. *Internet of Things*, 3–7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814435-0.00012-2>

Uddin, M., Islam, S., & Al-Nemrat, A. (2019). A Dynamic Access Control Model Using Authorising Workflow and Task-Role-Based Access Control. *IEEE Access*, 7, 166676–166689. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2947377>

UNAB Creative. (2020). *Lo que somos – UNAB Creative*.
<https://creative.unab.edu.co/lo-que-somos/>

UNAB Innova. (2020). *Unab Innova – Adelante contigo*.
<https://www.unab.edu.co/innova/>

Unab virtual. (2015). *TEMA 2.0, se renueva la estrategia pedagógica con incorporación de TIC UNAB | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://www.unab.edu.co/content/tema-20-se-renueva-la-estrategia-pedagogica-con-incorporación-de-tic-unab>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2012a). *Visión general de la Internet de las cosas (ITU-T Y.4000/Y.2060 (06/2012))*. 20.
<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2012b). *Y.2069 : Términos y definiciones para la Internet de las cosas*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2069-201207-l/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2014a). *Computación en la nube - Descripción general y vocabulario- UIT-T Y.3500*.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2014b). *F.748.1 : Requisitos y características comunes del identificador IoT para el servicio IoT*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-F.748.1-201410-l/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2014c). *UIT-T Y.3500 (08/2014) Tecnología de la información - Computación en la nube - Descripción general y vocabulario*.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2014d). *Y.2066 : Requisitos comunes de la Internet de las cosas*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2066-201406-l/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2015). *Internet de las cosas podría ser la “clave de conectividad” de bajo coste que transforme las vidas en los países en desarrollo*. https://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2016/02-es.aspx#.Xq8_cqhKjIU
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). *Y.4113. Requirements of the network for the Internet of things*. 28. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.4113-201609-l/es>
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2019a). *Bienestar Universitario | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://www.unab.edu.co/nosotros/bienestar-universitario>
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2019b). *Plan de desarrollo - UNAB*. https://www.unab.edu.co/plan_desarrollo/
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2019c). *Retos estratégicos*. 1–3.
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2019d). *Visión estratégica a 2024*. 1, 6–8. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2020a). *Acerca de la UNAB | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://www.unab.edu.co/nosotros/acerca-de>
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2020b). *Aulas virtuales*.

<https://miportal.unab.edu.co/modulos/aulasVirtuales/>

Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2020c). *Campus Bogotá | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://www.unab.edu.co/campus-bogota?fbclid=IwAR1DzvqJn1Bi7dxA9OBGkEITexi11KjUNLmstPFTCnMScTZjazJQeqb2hQc>

Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2020d). *Secretaría General y Jurídica | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://unab.edu.co/nosotros/secretaria-general-y-juridica>

Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2020e). *Sistema de Bibliotecas UNAB | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB*. <https://www.unab.edu.co/nosotros/sistema-bibliotecas-unab>

Xu, L. Da, He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>

Yassine, A., Singh, S., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2019). IoT big data analytics for smart homes with fog and cloud computing. *Future Generation Computer Systems*, 91, 563–573. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.040>

Yucel, S. (2018). Modeling digital transformation strategy. *Proceedings - 2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2018*, 221–226. <https://doi.org/10.1109/CSCI46756.2018.00049>

Zhang, Z., & Huang, T. L. (2009). An improved RBAC model and its application. *3rd International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, WGEC 2009*, 735–737. <https://doi.org/10.1109/WGEC.2009.203>