Diseño prototipo sistema para geolocalización y control de activos de cómputo por medio de tecnologías de RFID

Gionfredy Gómez

Facultad de ingeniería

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Especialización en Ingeniería de Software

Ingeniero Oswaldo Alberto Romero Villalobos

Noviembre 14, 2023

Tabla de contenido

Introducción **5**

Parte I: Contextualización de la investigación **8**

1. Capítulo 1. Descripción de la investigación 8

1.1. Planteamiento / Investigación del problema *8*

1.2. Objetivos *10*

1.3. Justificación del trabajo *12*

1.4. Hipótesis *14*

1.5. Marco referencial *15*

1.6. Aspectos metodológicos *27*

1.7. Estudios de sistemas previos *30*

1.7.2. Análisis de sistemas de detección e identificación de personas en ambiente de laboratorio, utilizando radar y RFID *32*

1.7.3. Sistema inteligente basado en radiofrecuencia - RFID para mejorar el control de inventario en la empresa DTP SAC, Trujillo *35*

Parte II: Desarrollo de la investigación **38**

2. Capítulo 2. Desarrollo de la solución 38

2.1. Análisis de la solución *38*

2.1.1. Planteamiento de la solución *38*

2.2. Desarrollo del prototipo. *40*

Parte III: Cierre de la investigación **51**

3. Capítulo 3. Resultados y discusión 51

3.1. Resultados *51*

3.2. Discusión *52*

4. Capítulo 4. Conclusiones 52

4.1. Verificación, contraste y evaluación de los objetivos *52*

4.2. Aportes originales *53*

5. Prospectiva del trabajo de grado *53*

Bibliografía 54

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 *Interpretación relación señal detección etiquetas vs distancia* _____ *19*

Ilustración 2 Interpretación triangulación para ubicación de elemento _____ *20*

Ilustración 3 Arquitectura diseño y desarrollo prototipo sistema de geolocalización RFID _____ *23*

*Ilustración 4 Modelo lógica de negocio diseño y desarrollo prototipo sistema de geolocalización RFID*_____ *29*

Ilustración 5 Pantalla de inicio del emulador _____ *41*

Ilustración 6 Modal de captura información _____ *42*

Ilustración 7 Pantalla de inicio con un elemento creado _____ *42*

Ilustración 8 Pantalla de inicio con un escenario a simular _____ *43*

Ilustración 9 Mensajes de control simulador _____ *43*

Ilustración 10 Pantalla de inicio gestión de activos _____ *44*

Ilustración 11 Modales de creación y actualización inventarios _____ *45*

Ilustración 12 Modelo entidad – relación BD sistema básico gestión de inventarios _____ *45*

Ilustración 13 Infraestructura backend prototipo _____ *46*

Ilustración 14 Pantalla de inicio aplicación _____ *48*

Ilustración 15 Pantalla localización de inventario _____ *48*

Ilustración 16 Pantalla localización de inventario _____ *49*

Ilustración 17 Pantallas parametria aplicación _____ *49*

*Ilustración 18 Acciones pantallas parametria aplicación*_____ *50*

Introducción

Actualmente la información se ha convertido en un activo intangible de gran valor para las compañías, por lo cual los dispositivos de cómputo en los que se trabaja o manipula dicha información, se encuentran expuestos a constantes situaciones de extravió o robo, dichas situaciones pueden ocasionar pérdidas económicas y afectación reputacional por la pérdida de la información, los reprocesos operativos y adquisición de nuevos equipos.

Con lo anterior las empresas han tomado muy enserio la seguridad de la información y los dispositivos electrónicos en la que se trabaja, colocando gran importancia a fortalecer sus áreas de seguridad y gestión de los activos tecnológicos, buscando herramientas que permitan tener mayor control y minimizar el riesgo.

El presente trabajo se enfocará a presentar el diseño de un prototipo como una propuesta de herramienta o sistema de información complementario a los sistemas de gestión de activos, ofreciendo su apoyo en la ubicación en línea de los dispositivos de cómputo por medio de la tecnología de radio frecuencia.

Este trabajo presentará una serie de pasos y procesos que permitirán ver los pros, contras y el análisis de viabilidad del diseño del prototipo, como un

sistema de apoyo para el monitoreo en línea de los activos de cómputo, por medio de etiquetas pasivas que contienen un chip con la información del dispositivo.

Por lo tanto, este documento presentará un estudio que evaluó la problemática enfocada en la relación de las situaciones relacionadas con la ubicación de los dispositivos electrónicos dentro de una compañía, dando lugar a establecer el planteamiento y formulación del problema, permitiendo dar paso a la elaboración de los objetivos para el desarrollo del prototipo, también se argumenta la viabilidad del prototipo como sistema, por medio de las justificaciones de acuerdo con el análisis y resultado de la elaboración y análisis de las matrices DOFA que permitirán diagnosticar las necesidades que se tienen alrededor de la ubicación real de los dispositivos de cómputo para el diseño del prototipo como una solución factible.

Adicionalmente se dará un contexto general desde el marco referencial desde sus distintos aspectos, permitiendo tener o formular una o varias hipótesis, establecer aspectos metodológicos, que nos permitirá determinar el alcance y delimitaciones del proyecto, con lo anterior como insumo, se diseñó un cronograma de trabajo orientado al tiempo correspondiente de elaboración de este trabajo de grado, como proyecto para el desarrollo del emulador de las

etiquetas, antenas y demás dispositivos que permitirá simular las ubicaciones de los activos electrónicos e información de ubicación para ser interpretada por un sistema y ser visualizada la ubicación en línea en un dashboard.

Parte I: Contextualización de la investigación

1. Capítulo 1. Descripción de la investigación

1.1. Planteamiento / Investigación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En la mayoría de los sistemas actuales de gestión de activos e inventarios no permiten o no tienen funcionalidades que permitan el monitoreo en línea de forma eficiente para el control y seguridad de los activos, por parte de las áreas responsables del inventario y control de los activos en la empresa.

1.1.2. Formulación del problema

Las áreas responsables del soporte y control de los equipos y/o dispositivos de cómputo de algunas compañías, poseen algún sistema de información que le permite por medio de la etiquetación de los dispositivos electrónicos (portátiles, tabletas, equipos de escritorio, datafonos, etc.), consolidar su información y características (inventario, ubicación, responsable, fecha de garantía, etc.) en una base de datos, permitiendo a estas áreas con apoyo de procedimientos estrictos en el registro, gestión, soporte y entrega de los activos, tener un control reactivo de la ubicación física de los mismos.

Sin embargo, sus procedimientos y sistema de información pueden no tener, ni proveer dentro de las instalaciones de la organización, un mayor control y gestión de seguridad de los dispositivos informáticos, al carecer de un sistema con funcionalidades más automatizadas, que les permitan a las áreas involucradas y responsables de gestionar la ubicación en línea de los dispositivos de cómputo.

La ausencia de un sistema más automatizado puede ocasionar que en algunas organizaciones, se pueda materializar riesgos, representados en escenarios de extravío, perdida y robo de múltiples dispositivos, estas incidencias pueden dejar en las empresas, inconvenientes de alto impacto, las cuales se representan en grandes consecuencias económicas y fuga de información.

1.1.3. Sistematización del problema

Los procedimientos actuales de las empresas pueden carecer de estrictos protocolos para el control y seguridad de dispositivos tecnológicos y de la información contenida en los mismos.

La mayoría de los sistemas de gestión y control de activos no poseen las funcionalidades y complementos mínimos requeridos para asegurar la gestión preventiva de los dispositivos tecnológicos.

Los datos almacenados mediante los procesos de alistamiento, entrega, mantenimiento y soporte de los dispositivos tecnológicos no son suficientes para la gestión y seguridad de la información y de los activos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un prototipo de software que apoye el sistema de geolocalización, encargado de la ubicación de los dispositivos informativos de la empresa, asimilando la información que emiten las etiquetas pasivas, capturadas a través de antenas de radio frecuencia (RF).

La información almacenada por el sistema automatizado permitirá evolucionar los procedimientos operativos, de gestión, control y seguridad de los equipos, por medio de la transformación y exposición en dicha información en un dashboard de gestión y control, al proporcionar información en línea por medio de una aplicación web con la ubicación real y posibles alertas de seguridad.

1.2.2. Objetivos Específicos

1.2.2.1. Técnicos

Diseñar y desarrollar un emulador que permita realizar la simulación de instalación de antenas de RFID y de varios dispositivos de cómputo para generación de la información requerida por el prototipo.

Diseñar y desarrollar un dashboard que permita el consumo de información de las BD de los históricos de ubicación de los activos de cómputo y de la información del activo en el sistema de gestión de inventarios por medio de un web service.

Implementar y configurar la infraestructura requerida para el desarrollo y despliegue del prototipo (BD's, Servidor de aplicaciones, web service, etc.).

1.2.2.2. Social

Contribuir en la seguridad y tranquilidad de los funcionarios y de la organización, al no generar reprocesos operativos dentro de sus funciones o procesos, stress laboral y ausencia de la información crítica para el desarrollo de sus labores, lo anterior por las consecuencias que pueda dejar la pérdida o robo de sus equipos de cómputo e información.

1.2.2.3. Económica

Diseñar un prototipo de un sistema que minimice las perdidas, extravíos y robo de los equipos de cómputo y como la información contenida en ellos como activo intangible para la organización, esta problemática puede tener consecuencia como la generación de atrasos procedimentales, reprocesos operativos y riesgos reputacionales, que se traducen al final para la organización en pérdidas económicas.

1.3. Justificación del trabajo

1.3.1. Justificación técnica

Las empresas como estrategia organizacional y de seguridad, debe mantener y fortalecer en sus equipos de trabajo el conocimiento de nuevas tecnologías, especialmente las orientadas a la gestión y control de activos, también adaptar e implementar nuevos sistemas de información basados en tecnologías de radio frecuencia, permitiendo la evolución y creación de nuevos protocolos y políticas de gestión, control y monitoreo de dispositivos computacionales, para regularizar y culturizar a los funcionarios de la organización;

Con lo anterior, el diseño de este prototipo como sistema de información basado tecnologías de radio frecuencia, permitirá a las áreas responsables de la administración y seguridad física de los activos computacionales, tener un mejor sistema de gestión, control y monitoreo por medio de la ubicación de los dispositivos computacionales en línea, alineados a las normativas, regulaciones y políticas gubernamentales, minimizando el riesgo de seguridad y fuga de información al que pueden estar expuestos con la perdida y robo de los activos computaciones de la empresa.

1.3.2. Justificación metodológica

Se deben aprovechar los estándares internacionales, como los protocolos, normativas y experiencias en políticas de seguridad e implementación de sistemas de información basados en tecnologías de radio frecuencia en otras organizaciones, que bajo su experiencia solventaron de alguna forma, el riesgo y de sus áreas involucradas en la gestión, control y monitoreo de los inventarios, como de los dispositivos de cómputo.

Esto permitirá mejorar y evolucionar los patrones de análisis, diseño e implementación que puedan tener las empresas, con el objetivo de que las áreas involucradas puedan tener políticas, procedimientos y metodologías de implementación basadas en cooperación entre áreas dentro de la organización.

Lo anterior permitirá que dichas áreas, funcionarios y/o equipos de trabajo estén preparados y alineados con políticas y procedimientos definidos, haciendo más fácil la adopción e instalación de nuevos sistemas orientados a la gestión, control y monitoreo de activos, basados en tecnologías de ubicación como la radio frecuencia.

1.3.3. Justificación practica

Las empresas deberán mantener y evolucionar la documentación, auditoria y soporte de los proceso y procedimientos de implementación de

sistemas y tecnologías de información que actualmente están bajo la responsabilidad de las áreas de tecnología e infraestructura, aprovechando las buenas prácticas que tengan al interior de la organización y que están alineadas con las normativas, estándares y regulaciones vigentes de entes de control y empresas expertas a nivel nacional e internacional

También deben fortalecer y capacitar a los funcionarios responsables, en metodologías que permitan tener información veraz y accesible de los sistemas de información implementados, lo anterior permite que las áreas y funcionarios responsables de los procesos de soporte, auditoria y documentación se adapten con facilidad con la instalación, evolución e innovación de los actuales y nuevos sistemas de información basados en nuevas tecnologías en especial las basadas en radio frecuencia.

1.4. Hipótesis

El diseño de un prototipo como un sistema de información basado en tecnologías de radio frecuencia para la geolocalización de los dispositivos de cómputo en un ambiente controlado, permitirá a las organizaciones, áreas y usuarios involucrados a tener acceso a los datos de ubicación y caracterización de los dispositivos informáticos, además de sus funcionalidades en tiempo real, que les permitirá monitorear y controlar de manera remota la ubicación de los

equipos, minimizando el riesgo de pérdida por desaparición o robo, lo que puede evitar consecuencias a nivel operativo, fuga de información de tipo legal y económico.

1.5. Marco referencial

En este apartado se hará una descripción de los diferentes marcos, como referencia con la cual se puede tener un mayor entendimiento de la teoría, conceptos, motivaciones, modelos y estrategias que conllevaron a la realización de esta investigación y al diseño del prototipo como sistema para permitir la geolocalización de dispositivos de cómputo por medio de tecnologías de radio frecuencia – (RFID).

1.5.1. Teórico

En la actualidad las tecnologías basadas en conexión y transferencia de información inalámbrica han tenido un gran auge en los sistemas de información, entre las tecnologías, las basadas en radio frecuencia, han tenido una gran acogida, por permitir flexibilidad de movimiento y control a distancia.

Con lo anterior, esto ha permitido implementar sistemas de información que detecten y asuman comportamiento de acuerdo con las necesidades de las organizaciones y consumidores.

Entre las tecnologías emergentes de esta índole, está la de radio frecuencia, que uno de sus usos es la detección y/o ubicación de elementos en áreas determinadas, la implementación de estos sistemas es muy común verlo en supermercados, almacenes de cadena, tiendas de ropa, calzado, entre otros, su instalación tiene como finalidad, rastrear y evitar eventos de salida no autorizada o robo de elementos sin ser pagados.

En este momento existe una gran cantidad de compañías dedicadas a la exploración de sus bondades e implementación, pero son muy pocas las que han llevado esta tecnología y su uso a otro nivel, por ejemplo, como sistema de geolocalización en línea en ámbitos internos, sin llegar a hacer uso de sistemas basados en geolocalización satelital como GPS.

Dentro de la búsqueda de proyectos similares, por ejemplo, en Suramérica, hoy existen proyectos de universidades y/u organizaciones privadas, como gubernamentales que enfocan sus esfuerzos de investigaciones a buscar ls beneficios y mejoras o evolución que puedan dar el uso de los sistemas basados en radio frecuencia, enfocados en necesidades puntuales.

La CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones) de la Republica de Argentina (Montenegro & Marchesin, 2007) dio estudio para la aplicabilidad de RFID como herramienta tecnológica que permita la identificación de elementos

de interés (inventarios, vehículos, etc.) como iniciativa para implementación de sistemas de detección y/o captura de información.

Otro ejemplo es representado en su tesis de grado por el ingeniero Ruiz Rodríguez, Marlos Smith en la Universidad César Vallejo -UCV del distrito de Trujillo en Perú (Ruiz Rodriguez, 2020), quien aporto con su investigación a que la empresa DTP SAC (Diesel Truck Parts), tuviera una estrategia y solución para su inconveniente en el control de inventarios, con la ayuda y soporte de un sistema de información basado en RF. Otro claro ejemplo se realizó en la República de Venezuela, los ingenieros García Mata, Miguel Ángel y Valega Peña Julio Cesar en su tesis de grado de la Universidad de Nueva Esparta (Garcia Mata & Valega Peña, 2013), basaron su investigación en la construcción de un prototipo que permite la localización de los niños por parte de sus padres por medio de un sistema basados en tecnologías de RF.

Otro escenario de investigación se da en la Universidad de Guayaquil en Ecuador, donde el enfoque de la tesis de grado del ingeniero Pérez Acosta, Jorge (Perez Acosta, 2017), fue el diseño y desarrollo de un sistema para el control de pasajeros y equipaje en los aeropuertos por medio de tecnología RFID.

También ha de destacar algunas investigaciones hechas en nuestro país, en los que sus esfuerzos e investigaciones se han enfocado en buscar y permitir la

adopción de esta tecnología para diversos fines y especialidades, entre los ejemplos podemos ver las investigaciones realizadas por el ingeniero Orjuela Rodríguez, Sebastián, quien en su tesis de maestría de la Universidad Nacional de Colombia – UNAL (Orjuela Rodríguez, 2020), tuvo énfasis en el análisis de un sistema que permitió la identificación de personas en un laboratorio, por medio de tecnologías de RFID, también está la investigación de tesis de grado del ingeniero Fuentes Amin, Oscar Camilo (Suarez Pérez, 2021), cuyo enfoque fue la investigación y desarrollo de un prototipo que por medio de conexión Wifi y tecnología RFID permita el registro automático de personas en lugares de alta afluencia o aforo.

1.5.2. Conceptual

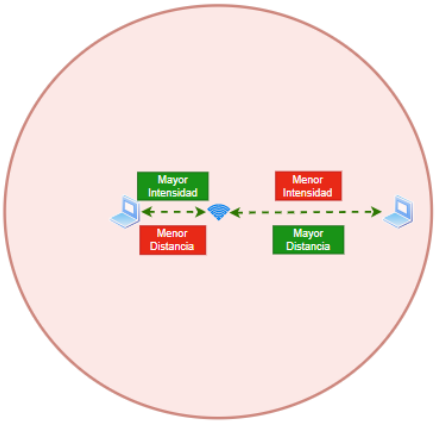
Basados en algunas investigaciones relacionadas con proyectos donde se involucran tecnologías de RFID y sistemas de geolocalización de personas y/o objetos, la investigación se basó en el “enfoque empresarial”, donde se describieron las diferentes situaciones y necesidades desde las diferentes capas del modelo, esto me permitió realizar el análisis para la descripción del sistema diseñado y prototipado, como objeto de este proyecto, también me base sobre los conceptos de triangulación que permitieron crear la lógica de ubicación de un elemento, interpretando las formulaciones y/o técnicas de acuerdo a la

información del elemento y de las antenas de acuerdo con las referencias dadas por la ingeniera Irene Velazco en su artículo “04_Técnicas de localización basadas en medidas de rango.pdf” (Velasco Nogales, 2023).

La construcción de la lógica de ubicación del elemento, fue basada en la interpretación de los datos de distancia enviadas por el emulador, que al homologarse a nivel físico en los sistemas de detección de RFID (antenas y etiquetas pasivas), se manifiesta por la intensidad de la señal que las antenas detectan a encontrar etiquetas de RFID, lo anterior relacionado con las características técnicas de las antenas, esto permitió deducir que la distancia es inversamente proporcional con la intensidad de la señal con la cual se detecta la etiqueta (a mayor intensidad de señal, menor distancia en referencia a la antena, y a menor intensidad de señal, mayor distancia en referencia a la antena).

Ilustración 1

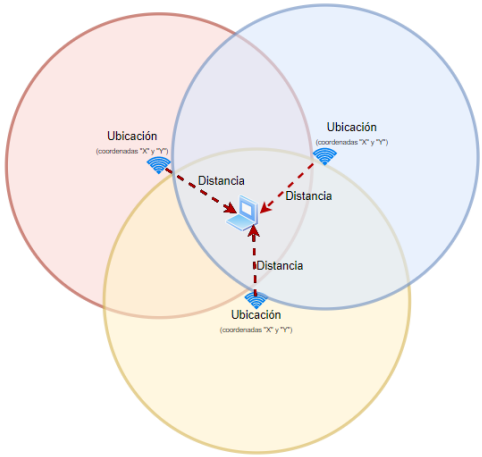
Interpretación relación señal detección etiquetas vs distancia



Nota. La imagen nos permite dar claridad de la interpretación de la señal con la cual las antenas de RFID detectan las etiquetas pasivas y su relación con la distancia.

Ilustración 2

Interpretación triangulación para ubicación de elemento



Nota. La imagen nos permite dar claridad de la interpretación de la señal con la cual las antenas de RFID detectan las etiquetas pasivas y su relación con la distancia.

1.5.2.1. Capa Organizacional

El interés de esta investigación fue determinar que recursos y herramientas fueron requeridas de acuerdo con las áreas de interés involucradas en la solución del inconveniente que actualmente pueden reflejar las organizaciones.

Los involucrados en la alta gerencia de las empresas tendrán a su disposición una solución que pondrá a su disponibilidad información, con la cuál,

se puedan elaborar analítica de datos y crear las estadísticas, análisis y proyecciones que sean requeridas por los interesados.

En cuanto a las áreas operativas como infraestructura, comunicaciones, seguridad y las de mayor impacto como las áreas encargadas de la gestión y soporte de equipos y activos, tendrán los datos y herramientas visuales que les permitirá, de acuerdo con su rol y misión dentro de la organización, el consumo de la información para la gestión, control, soporte y localización de los dispositivos de cómputo.

1.5.2.2. Capa de datos y procedimientos

Para esta capa se concentró el objetivo del proyecto como parte de la investigación, donde su interés fue adaptar y demostrar el fortalecimiento de la información que manejan actualmente algunos sistemas actuales, orientados a la gestión y mantenimiento de los dispositivos de cómputo, integrando por medio de la consolidación de los datos recolectados entre el sistema de gestión de activos y el prototipo del nuevo sistema de geolocalización.

La integración de estos sistemas permitirá tener una fuente de información más centralizada y de mayor control, lo anterior, es la demostración y alcance de este proyecto, permitiendo brindar información de valor a las áreas involucradas, promoviendo la evolución de los procedimientos actuales de gestión y control de

inventarios aplicados a los dispositivos de cómputo que son de carácter reactivo a pasar a ser procedimientos de enfoque preventivo.

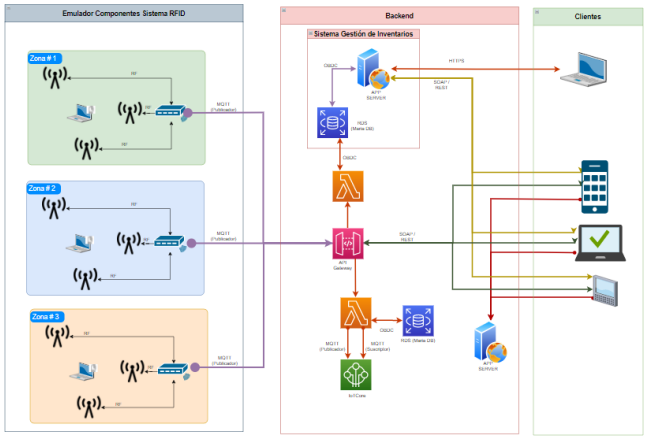
1.5.2.3. Capa de aplicaciones

El enfoque de esta capa por parte de la investigación y alcance del proyecto es de mayor impacto, ya que el objetivo fue el diseño y desarrollo del prototipo que permitió la emulación de los dispositivos de RFI (Etiquetas, antenas, etc.) del sistema, para permitir por medio de un dashboard, la interpretación de la información y la geolocalización de los dispositivos de cómputo, con lo cual, los esfuerzos del proyecto se orientaron en el diseño, construcción, acoplamiento y estabilización del prototipo como sistema en un ambiente controlado.

Las pruebas y demostraciones son el enfoque del prototipo para permitir la gestión, monitoreo y control en línea de los equipos de cómputo asociados a etiquetas de RF pasivas y un sistema de infraestructura que permite la detección y captura de información, a su vez integro la información para ser consultada por una aplicación de acceso web, donde se visualizan los datos reales de las fuentes de información (ubicación por radio frecuencia y sistema de inventario), como lo refleja el siguiente diagrama.

Ilustración 3

Arquitectura diseño y desarrollo prototipo sistema de geolocalización RFID



Nota. La grafica representa la arquitectura que fue empleada para el diseño y desarrollo del prototipo, el funcionamiento del dashboard y su integración con un sistema de gestión de inventarios.

1.5.3. Espacial

La investigación de la cuál fue objeto de este proyecto y con la cual se dieron las pautas de la propuesta del diseño del prototipo, con lo que se determina que las áreas dentro de la estructura orgánica de la empresa y que intervienen en el proceso, son aquellas que su misión, de forma directa en indirecta estan relacionadas con la gestión, control, ubicación, monitoreo y seguridad de todos los equipos de cómputo que actualmente o a futuro tenga la organización, a continuación se listan las áreas posiblemente puedan estar

involucradas de acuerdo con el organigrama de cada organización y a la(s) responsabilidades asignadas en cada empresa:

Dirección Arquitectura: Es un área que define y documenta los lineamientos, estándares y buenas prácticas en la adopción e implementación de sistemas de información.

Área Gestión y Soporte de Equipos: Es un área encargada del soporte (hardware y software) y gestión de los activos tecnológicos (equipos de cómputo) que fueron adquiridos por la organización para los funcionarios y/o usuarios finales.

Área Tecnología y Comunicaciones: Áreas de la TI (Tecnologías de Información), que están encargadas del soporte e implementación de la infraestructura y sistemas de información y comunicación que tienen con fin controlar y centralizar la información de la diferentes áreas administrativas y operativas de la organización

Dirección Ciberseguridad: Dirección encargada en impartir, monitorear y documentar las políticas y regulaciones de seguridad con las cuales deben estar todos los sistemas e infraestructuras de información, como equipos de cómputo.

Área Seguridad Física: Área encargada de gestionar y controlar la seguridad de las instalaciones y recursos físicos de la organización por medio del personal de vigilancia y sistemas de monitoreo.

1.5.4. Histórico

Desde algún tiempo, las organizaciones se han encontrado en un riesgo que se les ha representado en situaciones de perdida y robo de dispositivos de cómputo, estas situaciones pueden presentarse esporádica o recurrentemente, con la percepción de ausencia de algunos dispositivos, con lo cual, está puede repercutir en retrasos en los procesos y tareas de los funcionarios afectados, lo que puede conllevar a reprocesos y perdida de información, estos últimos pueden representar para la alta gerencia de la compañía, un factor negativo y crítico, que puede afectar sus procesos internos y externos, su operaciones y su nivel reputacional, al ver afectada la integridad y confidencialidad de la información que estaba en los equipos desaparecidos, bajo la premisa que la información se representa en las últimas décadas como un activo intangible, al día de hoy, las empresas para minimizar el riesgo, son susceptibles a tomar diferentes medidas para el uso y movimiento de los equipos de cómputo, pero pueden repercutir en retrocesos de habilidades y dinámicas de la organización con sus funcionarios y

procesos, en contra del mejoramiento o evolución de sus procesos y procedimientos dentro de la organización.

Con lo anterior las empresas han encausado esfuerzos en buscar opciones apoyados de las tecnologías para el aseguramiento y control de los activos de cómputo que actualmente y ha futuro pueda adquirir la organización.

1.5.5. Legal

De acuerdo a la resolución 963 de 2019, el uso de dispositivos basados en tecnologías de comunicación de radio frecuencia o llamadas dentro del decreto RCA (Radiofrecuencia de Corto Alcance) puede ser suadas de forma libre sin que afecten, ni perjudiquen otras señales en las bandas de radiofrecuencia reguladas por la ANE (Agencia Nacional del Espectro), con lo cual, la anterior resolución dió vía libre al objeto de este proyecto y de las investigaciones concernientes que tuvieron lugar en el diseño y construcción del prototipo de un sistema de geolocalización basados en tecnologías de frecuencia y poder ser adoptado por alguna organización sin perjuicios legales por su uso, lo que permite que las organizaciones no cuenten con ninguna restricción, política o lineamiento que impida su implementación en las instalaciones, ni hacerlo parte de sus controles dentro de la organización y de las áreas involucradas, lo que no les impide que adopten nuevas reglamentaciones, políticas, procedimientos regulatorios y

procedimentales que les permitan tener acciones preventivas, basados en los datos del sistema de información y la tecnología usada por el mismo.

1.6. Aspectos metodológicos

1.6.1. Tipo de estudio

Basados en los estudios de tipo descriptivo y exploratorio de los incidentes que pueden ocasionar la problemática a ser analizada y que dieron alcance al diseño del prototipo como una probable solución alienada con las posibles necesidades y las áreas de interés de las organizaciones.

Como resultado del estudio descriptivo y de acuerdo con las responsabilidades de las áreas involucradas, la problemática expuesta y el impacto en las empresas, las cuales requieren de una solución que reduzca los riesgos de fuga de información y pérdidas económicas, que, de acuerdo con sus argumentaciones, estas incidencias y afectaciones pueden repercutir en daños reputacionales y presupuestales para la organización.

Con lo anterior se procedió a la realización y análisis por medio de las matrices DOFA, de las afectaciones que pueden provocar las posibles situaciones antes comentadas, los factores externos e internos que intervienen y que nos dieron las pautas y estrategias como guía para el diseño y construcción del prototipo, que permita apoyar y evolucionar los sistemas actuales de gestión y

control de inventarios, a un nuevo sistema de información propuesto, como solución a la problemática actual de las compañías.

1.6.2. Método de la investigación

Para poder determinar la complejidad y factores de origen de la problemática que actualmente puedan presentar las compañías, se optó por hacer una investigación con metodología cualitativa, esta permitió indagar y deducir las causas y efectos que trae a las actividades de los funcionarios y procesos de las áreas afectadas, la perdida y robo de los equipos de cómputo, también nos permitió analizar las responsabilidades y misiones de las áreas involucradas con la administración, gestión y seguridad de los dispositivos perdidos o robados, adicionalmente tener mayor conocimiento del funcionamiento y alcance de algunos sistema de información actuales, para la ubicación y gestión de los inventarios.

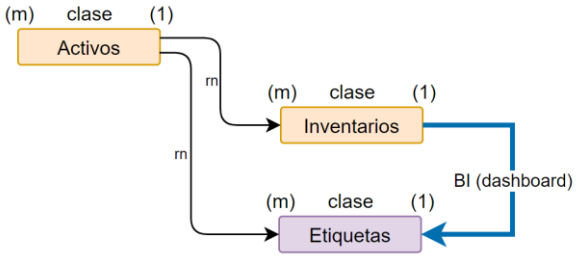
Lo anterior y basados en las matrices DOFA, permitieron tener las justificaciones y tener claro los factores internos (fortalezas y debilidades), como también los factores externos (oportunidades y amenazas), con lo cual se obtuvieron las estrategias que ayudaron a adoptar los criterios a tener en cuenta en el diseño del prototipo, como una factible solución que pueden presentar las empresas a la problemática.

1.6.3. Fuentes de información

Las fuentes de información que serán utilizadas por el prototipo del sistema de información serán las que se originen desde emulador de dispositivos de RFID (antenas y etiquetas pasivas), adicionalmente consume información por medio de servicios web, que se conectan con la base de datos de un sistema ficticio básico, que emula un sistema actual de inventario y/o activos, con se realizó con el fin de integrar la información de ambos sistemas, el dashboard del prototipo del nuevo sistema de geolocalización, presenta la información de valor relacionada con los dispositivos de cómputo, esto ajustado al modelo de lógica de negocios con el cual está basado su construcción, teniendo en cuenta las misiones de las áreas involucradas en la solución.

Ilustración 4

Modelo lógica de negocio diseño y desarrollo prototipo sistema de geolocalización RFID



Nota. La grafica representa el modelo de lógica de negocios con el cual se basó la construcción e integración de información que fue empleada para el diseño y desarrollo del prototipo y el funcionamiento del dashboard.

1.6.4. Tratamiento de información

De acuerdo con el apartado anterior, las fuentes de información como los servicios web y las BD's, son de acceso restringido y estas solo van a ser accedidas por web services y usuarios específicos de acuerdo con su rol y por las aplicaciones del sistema de inventarios, sistema de ubicación de equipos y herramientas de BI.

1.7. Estudios de sistemas previos

1.7.1. Diseño de un prototipo de sistema de inventario de equipos y repuestos por un control RFID en una bodega

(Berbeo Ruíz & Gómez Guevara, 2018), Diseño de un prototipo de sistema de inventario de equipos y repuestos por un control RFID en una bodega, Proyecto de Grado Ingeniería, Bodegas y espacios delimitados. Control de activos (elementos físicos Ej. Repuestos), utilizaron un prototipo electrónico basado en Arduino para escanear y detectar las etiquetas RFID pasivas de los inventarios, cruce en información con sistemas de inventarios (ERP, SAP, etc.)

1.7.1.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de inventario de equipos y repuestos monitoreado en tiempo real para una bodega con el objeto de reducir tiempos y costos operativos.

1.7.1.2. Objetivos Específicos

a) Diseñar un sistema de posicionamiento haciendo uso de la tecnología RFID en tiempo real para los equipos y partes de inventario en la bodega que interactúe con el sistema de gestión.

b) Desarrollar un software de gestión que permita al usuario interactuar con el sistema actualizando y modificando los valores del inventario de forma práctica y eficaz haciendo uso del sistema RFID y la base de datos.

c) Brindar un registro que evidencie el comportamiento del inventario para un análisis y control posterior generando conocimiento y bases para decisiones empresariales.

1.7.1.3. Conclusiones del trabajo

- Tras el análisis y rastreo de movimientos de los equipos y partes brindados por el aplicativo, sumando un periodo de tiempo mayor a 4 meses se lograrían evidenciar tendencias de movimientos con lo que la empresa estaría en posición de generar campañas comerciales para ciertos periodos de tiempo del año y realizar un análisis de presupuesto anual sobre esta área para el próximo año identificando en que momentos se deben incrementar inventarios o disminuirlos con el fin de mejorar el indicador de rotación.

- La comparativa de tiempos de consulta y actualización de datos de inventario se logra disminuir hasta en un 50% según repuesto. Esto debido a que cada parte ya tiene su identificador adherido, que se traduce en el reconocimiento de la etiqueta por parte del aplicativo, evitando acceder al manual y más archivos para completar una transacción.

- Los costos de mantenimiento del software son muy bajos, ya que solo se contaría con horas ingeniero para soporte de la base de datos y la plataforma de desarrollo (Visual Studio); ambos softwares gratuitos

1.7.1.4. Aporte de la investigación

Esta investigación tiene información sobre los comportamientos en la extracción de información de las etiquetas pasivas por el sistema de RFID, permitiéndome analizar y determinar los criterios y aspectos técnicos, y verificar si siguen vigentes o estas tecnologías han evolucionado en la industria.

1.7.2. Análisis de sistemas de detección e identificación de personas en ambiente de laboratorio, utilizando radar y RFID

(Orjuela Rodríguez, 2020), Análisis de sistemas de detección e identificación de personas en ambiente de laboratorio utilizando radar y RFID, Proyecto de Grado Maestría, Salas laboratorio de Electricidad y Electrónica Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Usuarios laboratorio, Conteo

de flujo de usuarios por medio de un radar de onda continua, encargado de localizar a las personas, un sistema de RFID que permite la identificación de las personas y un algoritmo de IA que permite la contabilización del flujo de usuarios.

1.7.2.1. Objetivo general

Implementar un sistema de identificación y registro por medio de tecnologías de radar, RFID y algoritmos de IA, para la automatización del sistema de registro de usuarios que usan los laboratorios de electrónica de la sede, permitiendo agilizar el proceso que actualmente es operativo.

1.7.2.2. Objetivos específicos

a) Modernizar la aplicación y/o sistema actual de registro

b) Diseño e implementación de un sistema basado en tecnologías de radar para detección de los usuarios

c) Diseño e implementación de un sistema basado en tecnologías de RFID para la identificación de los usuarios

d) Implementación de algoritmos de IA para el análisis de la información recolectada por los sistemas de radar y RFID.

e) Acoplamiento de los sistemas de radar y RFID con la aplicación y/o sistema mejorado de registro

1.7.2.3. Conclusiones

- La constante actualización y versatilidad de tecnologías como el radar y la RFID suponen un desafío para las instituciones a nivel mundial, en Colombia con la llegada de la cuarta revolución tecnológica las instituciones de educación superior que hasta ahora estaban logrando avances enfocados al sistema de procesamiento y muestreo de la imagen, deben ahora analizar y aplicar a sus procesos sistemas capaces de obtener información que les permita un mayor desarrollo en la optimización de procesos que se llevan a cabo por cada una de sus dependencias. A pesar del avance en los últimos 15 años de la tecnología del radar, actualmente los sistemas de radar UWR y FMCW no presentan todas las ventajas necesarias para resolver todas las necesidades que la localización, detección y seguimiento requieren, por ello estos deben fusionarse con otros sistemas que les permita suplir todas aquellas ventajas que presentan.

- Para el caso estudiado se concluye que para llevar a cabo el flujo de usuarios al interior del laboratorio de electricidad y electrónica se requiere de la implementación de un sistema algoritmo de lógica difusa. Se presentan las características que debe poseer el sistema de radar y se presentan dos alternativas presentes en el mercado, de igual forma se presentan las características del sistema de RFID.

1.7.2.4. Aporte de la investigación

El autor en su investigación e implementación del sistema da pautas y recomendaciones para el seguimiento e identificación de las personas usando 2 tecnologías como lo es RFID y los sistemas de radar, estos aspectos técnicos me permiten tener un concepto más detallado sobre el uso de las tecnologías de RFID para la identificación.

1.7.3. Sistema inteligente basado en radiofrecuencia - RFID para mejorar el control de inventario en la empresa DTP SAC, Trujillo

(Ruiz Rodriguez, 2020), Sistema inteligente basado en radiofrecuencia - RFID para mejorar el control de inventario en la empresa DTP SAC, Trujillo, Proyecto de Grado Ingeniería, Empresa DTP – Diesel Truck Parts SAC (Trujillo - Peru). Control de inventarios y , Conteo de flujo de usuarios por medio de un radar de onda continua, encargado de localizar a las personas, un sistema de RFID que permite la identificación de las personas y un algoritmo de IA que permite la contabilización del flujo de usuarios. (Trujillo - Peru). Control de inventarios y bienes, Monitoreo, localización, identificación y control de los inventarios y bienes de la empresa de forma automatizada por medio de tecnología RFID.

1.7.3.1. Objetivo general

Mejorar el control de inventario en la empresa DTP SAC a través de un Sistema Inteligente Basado en Radiofrecuencia – RFID en Trujillo año 2018.

1.7.3.2. Objetivos específicos

a) Reducir el tiempo de demora en la búsqueda de artículos en el almacén central.

b) Reducir el tiempo promedio de registros de artículos al almacén central.

c) Reducir el tiempo promedio de elaboración de Reportes de los artículos que salen e ingresan del almacén.

d) Incrementar el nivel de satisfacción del personal en el manejo del stock.

1.7.3.3. Conclusiones

- La tecnología basada en radiofrecuencia permite tener un adecuado control de inventario generando una gestión óptima para el usuario.

- El tiempo que se toma buscando los artículos o elementos, muestra que la implementación del sistema propuesto permite enfrentar el problema en la empresa con el registro de artículos.

- El promedio del tiempo de elaboración de reportes, con la implementación del proyecto, es una alternativa más eficaz para el problema en

los tiempos de demora en la preparación de reportes del stock de artículos (saldos de almacén).

- Se corrobora que la satisfacción del personal es favorable, ya que en la escala de linkert, se puede apreciar y justificar la aprobación del sistema propuesto, al optimizar los sistemas operativos para control de los artículos.

1.7.3.4. Aporte de la investigación

El autor en su investigación manifiesta que le implementación del sistema para la automatización del proceso de seguimiento de los artículos, ha permitido a la empresa elemento de la implementación, mejorar y hacer más eficientes sus procesos internos y hacia el cliente, como el control del stock y optimización de la consulta de la información en linea por medio de reportaría, esto fortalece que la implementación del prototipo, objeto de este proyecto de grado, puede tener una gran aceptación entre las organizaciones, al permitirles un control y seguimiento de seguridad de sus activos e inventarios de forma más automatizada y en línea.

Parte II: Desarrollo de la investigación

2. Capítulo 2. Desarrollo de la solución

2.1. Análisis de la solución

2.1.1. Planteamiento de la solución

La propuesta de la solución para esta investigación tuvo como iniciativa el diseño y construcción de un prototipo, que al estar integrada con la BD de un sistema de inventarios por medio de web service, permite que la aplicación encargada de la geolocalización por medio de las etiquetas pasivas en el sistema y que deberán estar asociadas a elementos o activos, para que puedan ser localizados por piso o por inventario, también permite el acoplamiento por medio de *API´s,* para extraer la información del sistema básico de gestión de activos.

Este prototipo fue desarrollado y está conformado por 4 partes:

- Emulador de dispositivos RFID
- Aplicación web básica sistema gestión de inventarios
- Sistemas backend de integración
- Aplicación web geolocalización de de etiquetas RFID

2.1.1.1. Emulador de dispositivos RFID

El emulador es una aplicación construida en lenguaje angular, permite simular la localización de las antenas y elementos que probablemente puedan estar asociados a una etiqueta pasiva, esta funcionalidad transmite la información recopilada por medio de un api que ejecuta la función de publicación de la información en un sistema IoT Core de AWS, la información transmitida por el emulador consiste en la intensidad de señal con la cual es detectada la etiqueta pasiva y actualiza la ubicación de las antenas en el mapa de la aplicación.

2.1.1.2. Aplicación web básica sistema gestión de inventarios

Se diseño y desarrollo de una pantalla sencilla que permite la interacción de forma básica la gestión de los inventarios y sus características base, esta pantalla fue diseñada en lenguaje angular e integrado por medio de servicios REST expuestos en un Api Gateway que permite la conexión con el *backend*.

2.1.1.3. Sistemas backend de integración

El *backend* está conformado por servicios Api Rest expuestos en un Api Gateway de AWS, estas apis permiten la conexión por medio de lambdas desarrolladas en lenguaje Python y que contienen la lógica de negocio, el algoritmo que permite la triangulación por medio de las coordenadas de ubicación de las antenas y de la interpretación de la distancia enviada por el

emulador, y conexión a la información, esta data esta persistida en una BD que fue diseñada bajo un modelo relacional y su motor de BD está en un sistema RDM de AWS, el motor usado para la BD, es un motor MySQL (Maria DB).

2.1.1.4. Aplicación web geolocalización de etiquetas RFID

Esta aplicación es el core del prototipo, esta desarrollada en lenguaje Angular, se integra y obtiene la información requerida por medio de API's que permiten la integración con el backend y con la aplicación básica del sistema de gestión de activos, estas API's están construidas para realizar los procesos CRUD de acuerdo con las necesidades de las pantallas de esta aplicación.

2.1.2. Metodología de desarrollo

El diseño y desarrollo del prototipo y su integración con el sistema básico de gestión de inventarios y activos, se realizó bajo la metodología de "prototipo", permitiéndome ejecutar la investigación objeto del proyecto y desempeñar múltiples roles de acuerdo con la necesidad requerida, lo anterior tuvo siempre como fin, tener como resultado el prototipo integrado y funcional.

2.2. Desarrollo del prototipo.

El desarrollo se inició de acuerdo con el orden de actividades propuestas, comenzando por el diseño del emulador de los dispositivos (antenas y etiquetas de RFID); el emulador permitió simular una situación de detección en un área

controlada, recopilando la información y transmitiéndola por medio de una API acoplada a una lambda a un sistema de colas como rol publicador.

2.2.1. Emulador de dispositivos RFID

El emulador se desarrolló en lenguaje angular, la aplicación permite por medio de un modal básico, capturar la información mínima requerida para crear los objetos, como las antenas y/o etiquetas (laptop, desktop y Tablet), permitiendo simular una situación y condiciones para la detección de los objetos.

Las siguientes imágenes mostraran el diseño de la aplicación que permitirá al emulador ser funcional y ser la fuente de la información para ser transmitida.

Ilustración 5

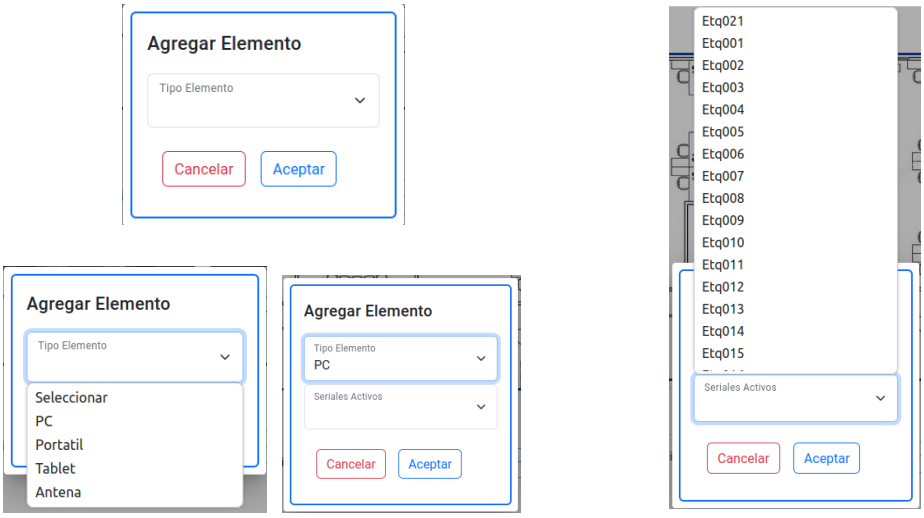
Pantalla de inicio del emulador



Nota. La pantalla de inicio nos permite tener una visual de los elementos como las antenas y etiquetas RFID, simbolizados o representadas por figuras dentro del recuadro.

Ilustración 6

Modal de captura información



Nota. Estas imágenes muestran la pantalla que permite agregar la información mínima para la creación de los elementos y simular la interacción entre las antenas y dispositivos con etiquetas pasivas de RFID.

Ilustración 7

Pantalla de inicio con un elemento creado



Nota. En las imágenes se puede observar la creación e información de un elemento simulado y un icono que permitirá la eliminación si es requerido.

Ilustración 8

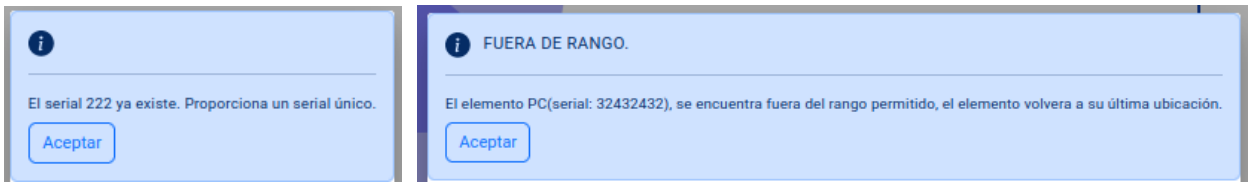
Pantalla de inicio con un escenario a simular



Nota. Esta imagen muestra un escenario con varios elementos entre antenas y dispositivos (etiquetas), permitiendo tener un escenario de interacción simulado, permitiendo la extracción y transmisión de información a través de la API, por medio de los botones localizados debajo del recuadro de los elementos simulados.

Ilustración 9

Mensajes de control simulador



Nota. El emulador permite controlar que los elementos emulados no tengan comportamientos indeseados, por de mensajes que alertan al usuario de dichos comportamientos.

2.2.1.2. Aplicación web básica sistema de gestión de inventarios

Esta pantalla tiene como funcionalidad, permitir la creación, modificación y/o eliminación de registros, como parte de la simulación de un sistema de inventarios, con el fin que permita la integración de información para ser acoplada por la aplicación de geolocalización.

Ilustración 10

Pantalla de inicio gestión de activos



Nota. Esta pantalla permitirá la gestión básica de la información mínima requerida para la integración de la data por parte de la aplicación de geolocalización.

Ilustración 11

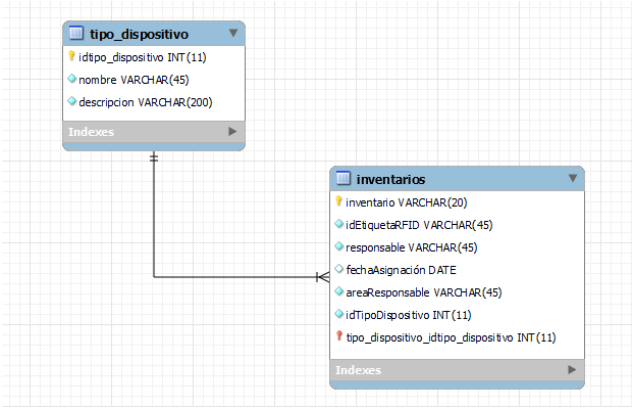
Modales de creación y actualización inventarios



Nota. Estos modales, permiten la gestión de la información mínima requerida para la integración de la data por parte de la aplicación de geolocalización, que está en la BD del sistema de gestión de inventarios.

Ilustración 12

Modelo entidad – relación BD sistema básico gestión de inventarios



Nota. El modelo relacional de la BD está conformado por 2 tablas que permiten tener la mínima integridad de información requerida para el funcionamiento de la aplicación de geolocalización.

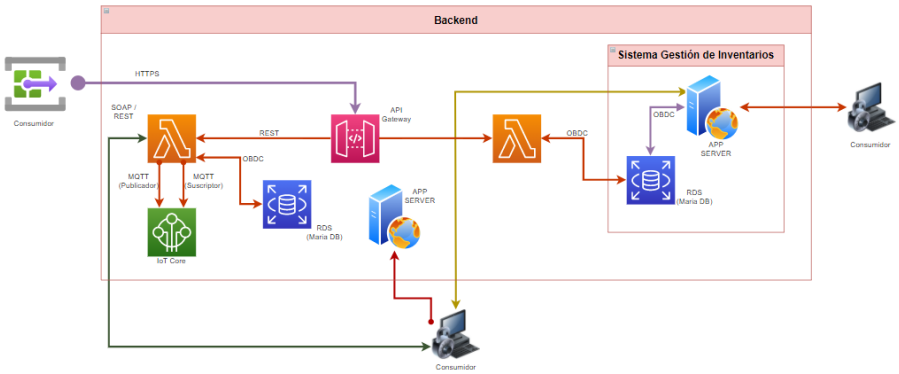
2.2.1.3. Sistemas backend de integración

El backend usado para la interacción de las aplicaciones, su integración y persistencia de la información, está conformado por varias infraestructuras que permitieron la integración de las diferentes aplicaciones del prototipo, entre los componentes usados, están:

- Servidores Node js
- ApiGateway AWS
- BD RDS (Motor: Maria DB)
- Lambdas (Código en python)
- IoT Core

Ilustración 13

Infraestructura backend prototipo



Nota. La grafica representa los elementos de backend usados para la interacción e integración de la información, basados en la arquitectura que fue empleada para el diseño y desarrollo del prototipo.

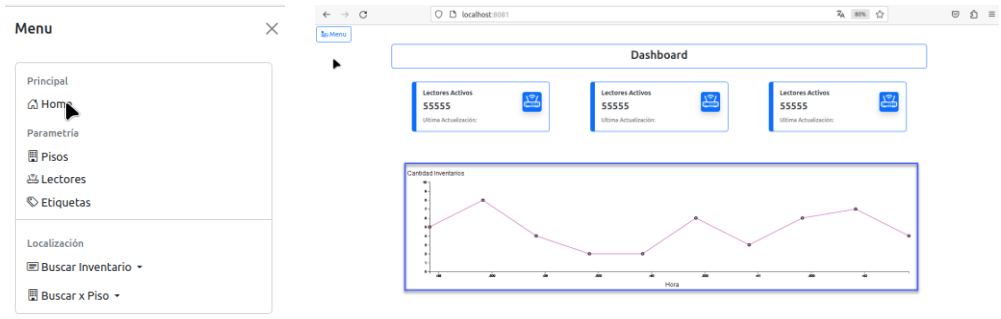
2.2.1.4. Aplicación web para geolocalización de etiquetas

Esta aplicación fue construida de angular y se conecta con el back y el sistema de gestión de inventarios por medio de API 's expuesta en un api gateway en AWS, la aplicación permite la parametria de la misma por medio de pantallas con sus respectivos modales para ejecución de los métodos básicos (CRUD) de acuerdo con la necesidad de cada pantalla, también cuenta con un dashboard que permite la visualización de datos básicos de BI.

Por otra parte, están las pantallas de enfoque del prototipo, que son las que permiten la búsqueda de un activo por medio de la geolocalización y saber su ubicación, los criterios de búsqueda se enfocaron por piso al tener la lista de activos que actualmente están en esa ubicación y el segundo criterio de búsqueda es por inventario, que permite tener en la pantalla los datos básicos y por medio de un plano del piso, la ubicación del inventario.

Ilustración 14

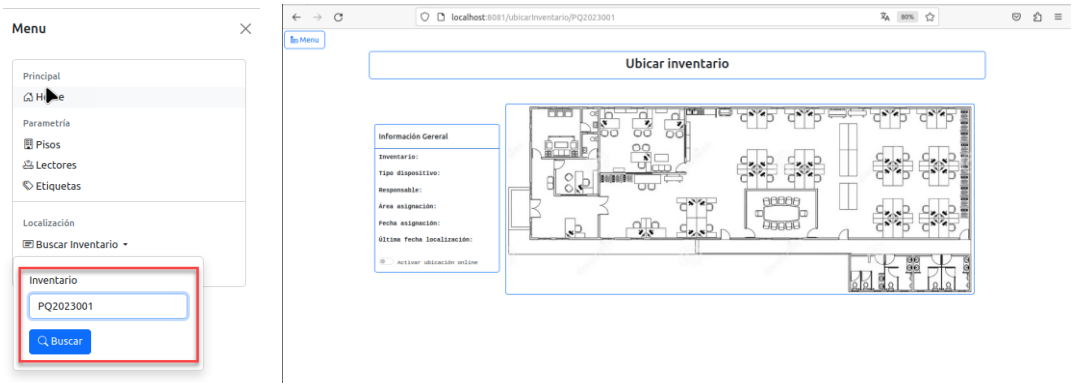
Pantalla de inicio aplicación



Nota. La pantalla inicial nos permite ver datos básicos y una gráfica con información de la cantidad de inventarios (etiquetas activas detectadas) por hora, en la parte izquierda se puede desplegar el menú con las opciones habilitadas en la aplicación.

Ilustración 15

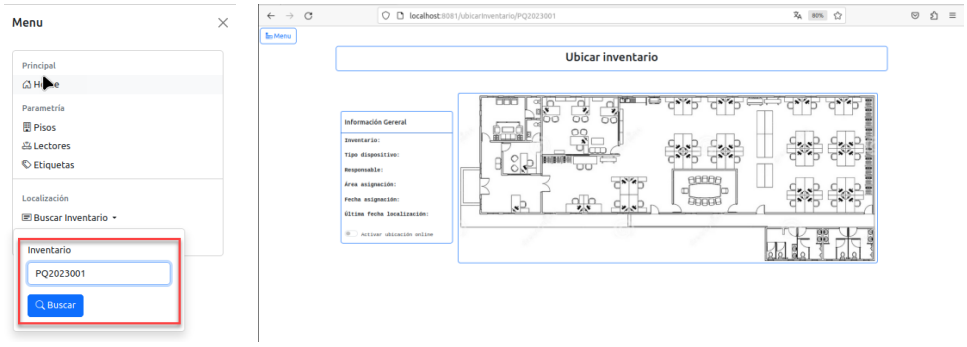
Pantalla localización de inventario



Nota. Desde el menú en la parte inferior (recuadro rojo), se puede buscar por número de inventario que se desea localizar, el resultado de la consulta se podrá visualizar en una pantalla que muestra la información básica del inventario y en un mapa su localización.

Ilustración 16

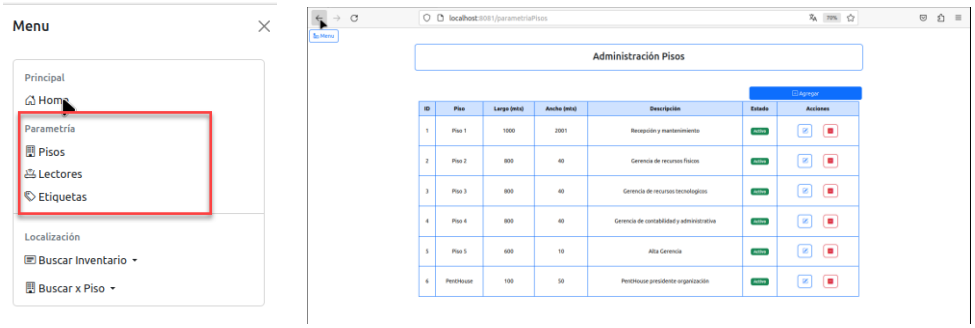
Pantalla localización de inventario



Nota. Desde el menú en la parte inferior (recuadro rojo), se puede buscar por número de inventario a localizar, el resultado se podrá visualizar en una pantalla que muestra la información básica del inventario y en un mapa su localización.

Ilustración 17

Pantallas parametria aplicación



Nota. En la parte media del menú (recuadro rojo), están las opciones para acceder a las paramétricas de la aplicación, el ingreso se podrá visualizar en una pantalla que muestra la información de acuerdo con la opción de parametria consultada.

Ilustración 18

Acciones pantallas parametria aplicación



Nota. Las acciones habilitadas en la parametria están generalizadas en todas las opciones de parametrización de la aplicación (edición, activación/inactivación y creación), estas opciones tienen mensajes de validación y confirmación de la acción.

Parte III: Cierre de la investigación

3. Capítulo 3. Resultados y discusión

3.1. Resultados

Después de realizada la investigación y desarrollado el prototipo, se pudieron obtener los siguientes resultados:

- La aplicación es funcional, a pesar su diseño y construcción se basó en una arquitectura básica, se pudo comprobar que se puede obtener la información de ubicación de un inventario por medio de la información capturada y transmitida por el emulador del sistema de localización basado en RFID, bajo los conceptos explicados en el marco conceptual de este documento.
- La aplicación permite integrar la información de los sistemas RFID y de gestión de inventarios, para tener una información consolidada y de valor para el usuario.
- Se reflejar latencias mínimas por factores de comunicación al tener un backend en nube, lo anterior basado en el factor de conexión a internet de los clientes, que puede afectar la visual de la ubicación de los elementos (inventarios).

3.2. Discusión

La discusión se da en relación con los siguientes interrogantes:

- ¿Qué valor genera a las empresas tener localizados los dispositivos en línea?
- ¿Cómo se justificaría el valor de inversión para la implementación de un sistema alineado al prototipo vs el valor que le puede generar a la compañía que lo quiera implementar?

4. Capítulo 4. Conclusiones

4.1. Verificación, contraste y evaluación de los objetivos

El prototipo fue construido bajo las consideraciones de arquitectura básicas propuesta en el diseño, dejando a un lado la latencia baja de la comunicación, como factor externo, se obtuvo el resultado deseado y fue la ubicación en línea de los elementos en un dashboard, esto se logró por medio de la información que es interpretada y recopilada por medio del emulador, esté permite simular los elementos mínimos requeridos de un sistema de RFID (etiquetas pasivas, antenas y lectores), esta información es transmitida por el emulador y persistida en BD, lo que permite ser consulta para la localización en línea, también permite su explotación para la implementación de controles de seguridad y la creación de reportaría, y desarrollo de análisis de BI.

4.2. Aportes originales

El diseño de proyecto permite proveer una aplicación, que, por medio de un dashboard, permita la interpretación de los datos transmitidos por el emulador como parte del prototipo del sistema de RFID, permitiendo la localización de los dispositivos que tienen asociada una etiqueta RFID

5. Prospectiva del trabajo de grado

5.1. Líneas de investigación futuras

A continuación, se detalla algunas líneas con las cuales se puede dar un mayor valor al resultado de esta investigación, como lo son:

- Buscar y/o optimizar la infraestructura backend de referencia del prototipó, con el fin de hacer más eficiente y mantenible el sistema prototipado
- Optimización a nivel BI de las funcionalidades para general un control sobre los elementos (etiquetas) y el sistema en general, dando un mayor valor a la información que tiene el sistema.
- Buscar dispositivos a nivel físico que permitan implementar el sistema y ofrecer el producto a pequeñas y medianas empresas que tenga la necesidad de tener control en linea de sus dispositivos y/o activos.

Bibliografía

Berbeo Ruíz, B. O., & Gómez Guevara, C. (29 de 08 de 2018). Diseño de un prototipo de sistema de inventario de equipos y repuestos por un Control RFID en una bodega. *Diseño de un prototipo de sistema de inventario de equipos y repuestos por un Control RFID en una bodega*.

Garcia Mata, M. A., & Valega Peña, J. C. (2013). Desarrollo de un prototipo basado en radio frecuencia que permita la identificación y localización de niños en hogares. Venezuela.

Montenegro, G., & Marchesin, A. (Diciembre de 2007). SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN. Buenos Aires, Argentina.

Orjuela Rodríguez, S. (2020). Análisis de sistemas de detección e identificación de personas en ambiente de laboratorio utilizando radar y RFID. Bogotá, Colombia.

Perez Acosta, J. W. (2017). Diseño y desarrollo de un sistema informatico para su eso en aeropuertos empleando la tecnología de radio frecuencia (RFID) su seguridad y el adecuado control de los pasajeros y su equipaje. Guayaquil, Ecuador.

Ruiz Rodriguez, M. S. (2020). “Sistema inteligente basado en radiofrecuencia - RFID para mejorar el control de inventario. Trujillo, Perú.

Suarez Pérez, M. A. (23 de 07 de 2021). Sistema electrónico basado en tecnologías wifi e identificación por radiofrecuencia (RFID) para el registro automático de personas en lugares de gran afluencia. Montería, Córdba, Colombia.

Velasco Nogales, I. (14 de 11 de 2023). *e-REdING.* Obtenido de e-REdING - Biblioteca de Ingeniería de la Universidad de Sevilla: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12028/fichero/04_T%C3%A9cnicas+de+localizaci%C3%B3n+basadas+en+medidas+de+rango.pdf