



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. DE ING. INFORMÁTICA Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**Implementación de prototipo con tecnología
NFC para el Departamento de Ingeniería
Informática y Ciencias de la computación**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de Ingeniero Civil en Computación e
Informática

Profesor guía: Dr. Héctor Camilo Cornide Reyes

Diego Ignacio Rivera Luna
Copiapó Chile, diciembre, 2023



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. DE ING. INFORMÁTICA Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**Implementación de prototipo con tecnología
NFC para el Departamento de Ingeniería
Informática y Ciencias de la computación**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de Ingeniero Civil en Computación e
Informática

Profesor guía: Dr. Héctor Camilo Cornide Reyes

Miembros del Comité:

Mg. Manuel Monasterio Cortés

Mg. Andrés Alfaro Ávalos

Diego Ignacio Rivera Luna
Copiapó Chile, diciembre, 2023

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por haberme dado esta oportunidad de completar esta etapa de mi vida y apoyarme en todo momento a pesar del tiempo y las dificultades que les causé; a mis amigos y compañeros por estar a mi lado durante este recorrido de mi vida; a mi profesor Héctor Cornide, por tenerme paciencia durante este proceso y guiarme a través de él; a Lorena Rivera, porque gracias a ella es que este proyecto pudo ser posible de llevar a cabo.

A todos, desde el fondo de mi corazón, gracias.

Índice de Contenido

Índice de Contenido	III
Índice de Figuras	V
Índice de Tablas.....	VI
Índice de Algoritmos	VII
Resumen	VIII
Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Resultados esperados	3
Capítulo 2 Marco Teórico	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 NFC (Comunicación entre Campo Cercano, <i>Near Field Communication</i>).....	4
2.3 ¿Qué es NFC?	6
2.3.1 Comunicación	9
2.3.2 Ventajas y desventajas de la tecnología NFC	11
2.3.3 Comparación con otras tecnologías	12
2.4 Componentes para desarrollo de aplicaciones NFC.....	12
2.4.1 Lector NFC.....	12
2.4.2 Etiquetas NFC.....	14
2.5 Estado del arte	17
2.5.1 Control de asistencia.....	17
2.5.2 Identificación de ganado bovino	19
2.5.3 Pagos sin contacto.....	20
2.5.4 Aplicación en hostelería y restaurantes.....	21
2.5.5 Aplicación en automotriz	22
2.5.6 Aplicación en transporte y movilidad	23
Capítulo 3 Requerimientos tecnológicos para desarrollo de aplicaciones NFC	24
3.1 Introducción.....	24
3.2 Software de escritura/lectura de etiquetas NFC.....	24
a) Compatibilidad con Windows, Mac OS, Linux	24
b) Compatibilidad con Android	25
c) Compatibilidad con iOS y iPad.....	25

d) Compatibilidad con Windows Phone.....	26
3.3 Desarrollo de software para aplicaciones NFC	26
Capítulo 4 Propuesta de cartera de proyectos para la Universidad de Atacama	28
4.1 Introducción.....	28
4.2 Descripción de proyectos	30
Proyecto N°1: Notificaciones NFC	30
Proyecto N°2: Notificaciones de llegada	31
Proyecto N°3: Control de asistencia.....	33
Proyecto N°4: Comunicados	35
Proyecto N°5: Llave única.....	37
Proyecto N°6: Identificación	38
Proyecto N°7: Publicidad NFC	40
Proyecto N°8: Inventario NFC.....	42
Proyecto N°9: Departamento inteligente	43
Proyecto N°10: Audio interactivo NFC	44
4.3 Criterios de evaluación de la cartera de proyectos NFC	45
4.4 Evaluación de viabilidad de cartera de proyectos NFC	46
Capítulo 5 Desarrollo de prototipos para proyectos NFC seleccionados	48
5.1 Introducción.....	48
5.2 Proyecto “Notificación NFC”	51
5.3 Proyecto “Inventario NFC”	58
5.4 Proyecto “Contacto NFC”	65
Capítulo 6 Conclusiones	75
6.1 Respecto a los objetivos.....	75
6.1 Respecto a las aplicaciones NFC desarrolladas	75
6.1 Trabajos Futuros	76
Referencias.....	78

Índice de Figuras

Figura 2.1 Logo NFC Forum (2022) [10].....	4
Figura 2.2 Logo NFC [11].....	5
Figura 2.3 Etiqueta NFC [8]	7
Figura 2.4 Comunicación NFC [26].....	9
Figura 2.5 Estructura mensaje NDEF [29]	11
Figura 2.6 Lector NFC USB [31]	13
Figura 2.7 Computador DELL con tecnología NFC [71]	13
Figura 2.8 Etiqueta NFC [72]	14
Figura 2.9 Servicios NFC [35]	17
Figura 2.10 Hardware utilizado durante las pruebas [36]	19
Figura 2.11 Pago a través de Google Pay [42].....	21
Figura 2.12 Tatuaje DuoSkin [45]	22
Figura 2.13 Hyundai NFC Key Card (Z136) [48].....	23
Figura 2.14 Uso de NFC para obtener información de autobús [50].....	23
Figura 4.1 Proceso de interacción con sistema de Notificaciones NFC	31
Figura 4.2 Proceso de interacción con sistema de Notificaciones de llegada.....	33
Figura 4.3 Proceso de interacción con sistema de Control de asistencia	35
Figura 4.4 Proceso de interacción con sistema de Comunicados	37
Figura 4.5 Proceso de interacción con sistema de Llave única.....	38
Figura 4.6 Proceso de interacción con sistema de Identificación	40
Figura 4.7 Proceso de interacción con sistema de Publicidad NFC	41
Figura 4.8 Proceso de interacción con sistema de Propiedad inteligente	43
Figura 4.9 Proceso de interacción con sistema de Departamento inteligente	44
Figura 4.10 Proceso de interacción con sistema de Audio interactivo NFC	45
Figura 5.1 Hardware utilizado en las pruebas	49
Figura 5.2 Etiqueta MIFARE usada durante las pruebas	50
Figura 5.3 Modelo de baja fidelidad de Notificación NFC.....	52
Figura 5.4 Ventana de “Ingreso de enlace”	54
Figura 5.5 Ventana de “Escritura de enlace”	54
Figura 5.6 Diagrama de uso “Notificación NFC”	56
Figura 5.7 Mensaje de “Enlace vacío”	57
Figura 5.8 Mensaje de aviso de “Detección NFC desactivada”.....	57
Figura 5.9 Mensaje de aviso de “Enlace grabado exitosamente”	58
Figura 5.10 Modelo de baja fidelidad de Inventario NFC	60
Figura 5.11 Ventana de “Ingreso de datos”	61
Figura 5.12 Ventana de “Escritura de información”	61
Figura 5.13 Casos de uso de “Inventario NFC”	63
Figura 5.14 Mensaje “Llenar toda la información”	64
Figura 5.15 Mensaje “Detección NFC desactivada”	64
Figura 5.16 Mensaje “Etiqueta escrita exitosamente”	65
Figura 5.17 Modelo de baja fidelidad de Contacto NFC	67
Figura 5.18 Ventana de “Escritura de información”	68
Figura 5.19 Ventana de “Escritura del contacto”	68
Figura 5.20 Diagrama de casos de uso “Contacto NFC”	70
Figura 5.21 Mensaje “Rellenar toda la información requerida”.....	71
Figura 5.22 Mensaje “Longitud de número incorrecta”	72
Figura 5.23 Mensaje “Detección NFC desactivada”	72
Figura 5.24 Mensaje “Contacto grabado exitosamente”	73
Figura 5.25 Ventana de “Bienvenida”	74

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Comparativa entre NFC, QR y Bluetooth.....	12
Tabla 2.2 Características de las etiquetas NFC NTAG (NTAG213) [34].....	16
Tabla 4.1 Proyectos considerados y objetivos a alcanzar	29
Tabla 4.2 Evaluación de proyectos	47
Tabla 5.1 Matriz de trazabilidad Notificación NFC.....	55
Tabla 5.2 Matriz de trazabilidad “Inventario NFC”	62
Tabla 5.3 Matriz de trazabilidad “Contacto NFC”.....	69

Índice de Algoritmos

Algoritmo 3.1 Plugin de instalación NFC en Ionic.....	27
Algoritmo 5.1 Detección de tecnología NFC.....	50
Algoritmo 5.2 Detección NFC activada.....	53

Resumen

Al presente año 2023, existen muchas tecnologías que permiten la comunicación entre dos o más dispositivos, además de permitir el traspaso de información, tales como el código QR o el *Bluetooth*, las cuales son abiertamente conocidas e implementadas en muchos países; entre estas se incluye la tecnología *Near Field Communication*, la misma que en el presente no ha mostrado fuertes avances en nuestro país desde su introducción, siendo la realización de pagos a través de dispositivos o tarjetas, la principal implementación que se conoce.

A causa de esto, esta tecnología se puede considerar como una de carácter premium, lo cual ha llevado a que el número de dispositivos que llegan al país con esta tecnología sea menos accesible para el público en general, y que esta se mantenga todavía como una reservada a un público pequeño.

Por todo lo anterior, éste trabajo de titulación pretende mostrar las bondades de la tecnología NFC mediante la propuesta de una cartera de proyectos y al desarrollo de prototipos que apoyen algunas actividades en el Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación, de acá en adelante, DIICC

Al realizar este proyecto a partir del estudio de esta tecnología, se espera generar un mayor interés en el uso de ella en la Universidad de Atacama (UDA), fomentando a el desarrollo de nuevos proyectos y aplicaciones, las cuales han se plantean a través de una cartera de proyectos variadas, mostrando su importancia, los beneficios que estos pueden traer al llegar a implementarse, y mostrar de forma práctica con los prototipos desarrollados para las diversas situaciones, necesidades y problemáticas planteadas.

Capítulo 1 Introducción

1.1 Contexto

En la actualidad, la implementación de nuevas tecnologías por parte de la universidad se ha convertido en una necesidad, debido a cambios generacionales, así como situaciones que puedan ocurrir tanto dentro como fuera de la universidad. Otro factor que apoya a esta necesidad de cambio es la facilidad con la que las personas se adaptan a estas nuevas tecnologías, las cuales ayudan a solventar muchas situaciones o problemáticas que puedan llegar a surgir.

Una de estas situaciones, es el método de realización de comunicados, debido a que actualmente se lleva a cabo este proceso a través del correo institucional que cada estudiante y académicos de la universidad posee. Sin embargo, este proceso puede ser molesto para muchos, ya que la constancia con la que se reciben comunicados es tanta que muchas veces terminan siendo ignorados al ser poco atractivos para la persona que recibe este mensaje, terminando, siendo marcados como leídos sin ver el contenido, o de plano sin mirarlo.

Otra necesidad que implementar es la realización de un sistema más óptimo que permita el reconocimiento de propiedad por parte del personal del DIICC, ya que el sistema que se tiene actualmente es el de tener pegados códigos de barra en los ítems, que contengan la información acerca del académico, o funcionario en las pertenencias de estos. Sin embargo, este sistema si bien es funcional, no siempre puede ser cómodo, ya que es necesario que la persona tenga que llevar de la mano un escáner específico que realice la comprobación de propiedad.

Es por estas situaciones descritas que nace este proyecto de realizar un proponer una cartera de proyectos que haga uso de la tecnología NFC en el Departamento de Ingeniería Civil Informática y Ciencias de la Computación.

1.2 Justificación

La tecnología *Near Field Communication* (NFC), se trata de un modo de comunicación entre dos dispositivos a corto alcance, permitiendo el paso de información de manera rápida y segura.

Desde que esta tecnología se introdujo en 2013 [3], el pago a través de tarjetas bancarias, o algún dispositivo móvil, tales como los son los *Smartphone* o los *Smartwatch* ha sido el método implementado que más se conoce, pero que en otros países como Inglaterra se ha implementado en paraderos de autobuses con el fin de poder revisar el recorrido del siguiente autobús [4]; otros usos también incluyen lectura de archivos, transmisión de información, así como otras funciones tales como vinculación de dispositivos inalámbricos. Por ejemplo, al usar una tarjeta que incluya un chip NFC, es posible encender el vehículo sin necesidad de una llave, ya que el chip contiene la información que el lector NFC incluido en el vehículo reconoce, lo que permite el funcionamiento de este.

Hoy en día, hay una variedad de dispositivos móviles que incluyen esta tecnología, entre aquellos que se pueden encontrar disponibles se incluyen los teléfonos Samsung, con su serie de teléfonos Galaxy A [5]; *Apple*, a pesar de que cuando los incluyó en sus dispositivos, mantenía bloqueado el chip NFC salvo para realizar pagos con *Apple Pay* [6], con sus últimos modelos iPhone han dado un poco de mayor libertad al número de *tags* capaces de ser leídos; o Google con sus series Pixel y Nexus[5]; aunque todos dispositivos poco accesibles económicamente, por lo que muchas personas prefieren adquirir *Smartwatch* que incluyan dicha tecnología debido al precio similar al de un teléfono que no incluye tecnología NFC.

Además de los dispositivos inteligentes como los mencionados anteriormente, se pueden encontrar otros tipos de aparatos para la lectura de datos, se tratan de lectores destinados para el uso exclusivo de estos chips NFC, lo que los hace accesibles [7]. Las características de estos dispositivos varían de versión en versión, dependiendo de su uso, entre los que se incluyen aquellos con una superficie lisa sin detalles más allá del símbolo de comunicación NFC, los que poseen un teclado para la validación de datos al escanear el chip NFC, aquellos con una pantalla LCD; estos lectores también pueden implementarse en distintas herramientas del día a día, dando más accesibilidad a dichas herramientas entre las cuales se pueden encontrar cerraduras, dispositivos de música como parlantes y audífonos.

De igual forma, se ha implementado la tecnología NFC en el área de la domótica, permitiendo el reconocimiento de dispositivos para el control de identidad, facilitando el

ingreso a viviendas o el uso de aparatos domésticos o implementos a través de algún dispositivo compatible, como lo serían tarjetas de identificación. Un ejemplo de esto es el caso de abrir cerraduras, o encender luces de manera remota, así como el control de la intensidad de brillo de las ampollas, encender televisores, silenciar teléfonos inteligentes, o incluso encender o apagar alarmas al ingresar o salir a un recinto.

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, el objetivo a alcanzar en este trabajo de titulación es desarrollar una cartera de proyectos, con el objetivo de mostrar las capacidades de esta tecnología, además de plantear posibles proyectos o implementaciones posibles dentro del departamento.

1.3 Objetivos

La tecnología NFC es una con muchas posibilidades de uso, pero las mismas son desconocidas para muchas personas, por lo cual los objetivos de este proyecto toman en cuenta los beneficios que puede traer esta tecnología para hacerla llegar de manera más eficiente a las personas.

1.3.1 Objetivo general

Implementar prototipos con tecnología NFC para el DIICC.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio exploratorio acerca de las posibles aplicaciones de la tecnología NFC en DIICC.
- Proponer una cartera de proyectos a implementar en el DIICC.
- Desarrollar prototipos con tecnología NFC según el análisis de prioridades.

1.4 Resultados esperados

Como resultado de este trabajo de titulación, se espera poder dar a conocer las posibilidades de la tecnología NFC a través de este prototipo de sistema que puedan beneficiar al DIICC al ayudar a optimizar tareas y solucionar problemáticas presentes, con esperanza a que estas bondades puedan expandirse a futuro a toda la universidad.

Capítulo 2 Marco Teórico

2.1 Introducción

Con el objetivo de conocer más acerca de la tecnología NFC, su trayecto, componentes necesarios para desarrollar un sistema que haga uso de esta tecnología, y necesidades que puede satisfacer, se expondrá la información necesaria para tener una mayor claridad de las bondades que esta tecnología tiene para ofrecer.

2.2 NFC (Comunicación entre Campo Cercano, *Near Field Communication*)

La tecnología *Near Field Communication*, de ahora en adelante abreviada como NFC, permite la comunicación entre dos dispositivos a corto alcance. Su desarrollo comenzó originalmente en Japón [8], expandiéndose con el tiempo hasta llegar a muchos países del mundo, incluyendo Chile.

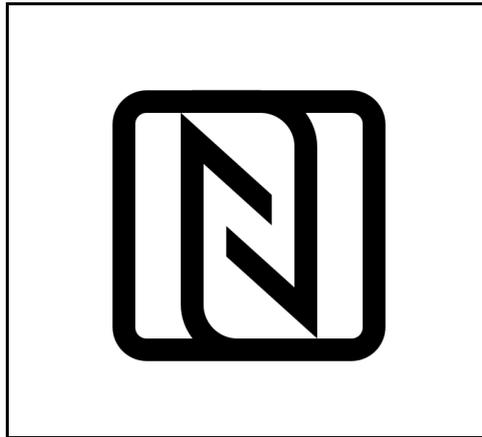
En 2004 se fundó el *NFC Forum*, una organización sin fines de lucro, con el objetivo de establecer las bases de esta tecnología. Esta organización estaba compuesta inicialmente por compañías desarrolladoras de dispositivos móviles, tales como Sony, Nokia y Philips, así como *NXP Semiconductors*, empresa desarrolladora de semiconductores; pero que hoy en día se suman Google, Huawei, entre otras [9].

Figura 2.1 Logo NFC Forum (2022) [10]



Esta tecnología nace de la necesidad de mejorar la comunicación entre dispositivos móviles, tales como teléfonos, y una mayor seguridad al realizarse [8]. Por lo que, para facilitar su reconocimiento, los dispositivos compatibles con NFC, poseen el siguiente logo, o variaciones de este.

Figura 2.2 Logo NFC [11]



Luego de 2 años de fundado el *NFC Forum*, en el año 2006, sale al mercado el Nokia 6131, el primer teléfono móvil compatible con esta tecnología [12]. Uno de los primeros logros que tendría esta tecnología en los años venideros.

En el año 2010, Visa, Telefónica (empresa española de telecomunicación), La Caixa (Banco Español), realizaron pruebas piloto de pago con NFC en Sitges, localidad española, durante 6 meses hasta finales de año. El plan realizado fue donde 1500 usuarios de Visa y La Caixa, realizarían transacciones en 500 comercios de la localidad, contando con el apoyo de Samsung, quien proporcionó los dispositivos de prueba e *Ingenico*¹, quienes apoyaron con el desarrollo de esta tecnología en sus terminales de pago [13]. El resultado de dichas pruebas resultó en un profundo existo.

En el año 2011, se presentó *Google Wallet* [14], una aplicación móvil hoy en día descontinuada, la cual permitía realizar pagos a través del teléfono móvil haciendo uso de tecnología NFC. Posteriormente esta tecnología sería separada de *Google Wallet* y siendo ofrecida únicamente a través *Google Pay*, actualmente renombrada nuevamente en el año 2022, como *Google Wallet* o Billetera Google, como una aplicación distinta a la antigua aplicación de nombre homónimo.

En el año 2012, NFC fue implementado por primera vez en una consola de videojuegos, con la consola Nintendo Wii U, con la finalidad de facilitar los pagos en línea con los usuarios a través de su tienda virtual, la *eShop*.

En el año 2013, en España, se incorpora el primer sello postal que incluye tecnología NFC [15]. El chip se encuentra implementado debajo del sello, permitiendo que, al acercar el

¹ Empresa especializada en terminales de pago

dispositivo lector, se despliegue información variada, así como conectarlo con una página a través de internet.

En el año 2014, nuevamente es implementada esta tecnología en consola de videojuegos, la Nintendo New 3DS, siendo la primera consola portátil compatible con esta tecnología, la cual, además, sería compatible con las figuras Amiibo, las cuales contendrían un chip NFC en la base, con las cuales sería posible desbloquear contenido adicional en sus juegos, así como los de la consola Wii U.

En el año 2015, *Google Pay* o también conocida como *Android Pay*, es lanzada oficialmente, rivalizando con la aplicación de *Apple*, *Apple Pay* (aplicación que más tarde se sumaría a una de las funciones de *Apple Wallet*), comenzando su implementación en Estados Unidos.

En el año 2017, en Argentina, en la provincia de San Luis, se presentó la nueva versión de la cédula de identidad, la cual incorporaba una etiqueta NFC, la CIPE 3.0. Anteriormente, este tipo de cédulas se han utilizado en España desde 2015.

En el año 2020, en Nueva Zelanda, se aplicó la tecnología NFC como parte de un nuevo programa de localización y seguimiento del COVID-19 [16]. Para esto, se utilizó la aplicación móvil *NZ COVID Tracer*, la cual registra los lugares visitados por la persona al interactuar con los carteles que también poseen códigos QR, permitiendo el rastreo del seguimiento de la persona.

2.3 ¿Qué es NFC?

Esta tecnología es considerada una variación de la tecnología *Radio Frequency Indicator* (Identificador de Radio Frecuencia), o también conocida como RFID. Esta tecnología, al igual que NFC, comparte la característica de que reacciona al entrar en el rango del dispositivo, por ejemplo, las alarmas de una tienda cuando se intenta salir de esta con algún objeto sin pagar [17]. Sin embargo, aunque ambas tecnologías compartan características, son distintas en su modo de implementación. Principalmente, debido a que la tecnología RFID, suele utilizarse en sistemas de control de acceso e inventario [18], limitando su uso, dado que esta tecnología posee un alcance mucho más amplio que la tecnología NFC, lo cual causaría problemas de llegar a utilizarse en las mismas implementaciones.

La tecnología NFC forma parte de la ISO/IEC 14443 [19], como una extensión de esta norma, al permitir su uso como tarjeta y dispositivo identificador personal electrónico, provocó

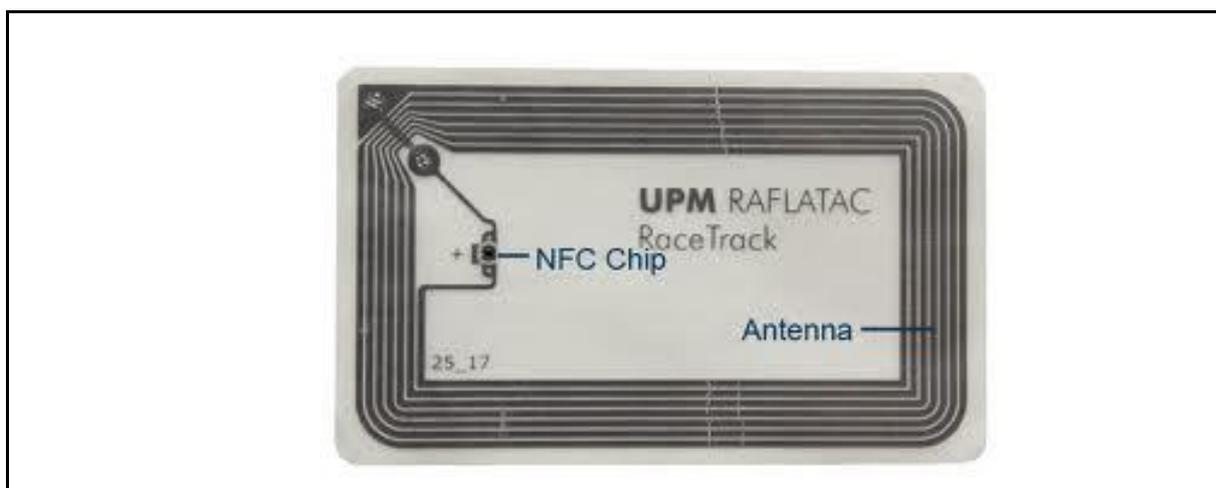
que NFC sea compatible con sistemas que permitan medios de pagos y transporte. Esta norma se divide en cuatro partes:

- Parte 1: define las características físicas que debe poseer la tarjeta (84 milímetros x 54 milímetros x 3 milímetros) [20].
- Parte 2: define las características de forma física: potencia de emisión, frecuencia, tasa de bits y modulación.
- Parte 3: define las características de enlace, como los paquetes de datos (8 bits a 1 bit) y sistema anticolidión.
- Parte 4: define el protocolo de transmisión de bloque semidúplex.²

La tecnología NFC opera a una frecuencia de 13.56 [MHz], por lo cual no requiere de una licencia de uso, o que posea alguna restricción [8], haciendo su implementación más variada y menos limitante.

La comunicación se realiza cuando dos dispositivos habilitados para NFC se encuentran cerca del campo electromagnético cercano del otro, como pueden ser un teléfono o una etiqueta NFC, a una distancia máxima de 20 [cm], dependiendo del dispositivo o los dispositivos. Debido al corto alcance de detección, la comunicación es bastante segura, impidiendo la interferencia de externos. Sin embargo, debido a los materiales con los que están fabricados estas etiquetas, es posible obstruir la comunicación de llegar a haber algún metal entre ellas [21].

Figura 2.3 Etiqueta NFC [8]



² Conexión donde datos fluyen en una dirección u otra, pero no bidireccionalmente.

Esta tecnología posee dos modalidades de uso, ambas dependiendo del tipo de dispositivo que se utilice para realizar la comunicación [22]:

- Activo: ambos dispositivos crean su propio campo electromagnético, que permite la comunicación entre ambos para compartir datos.
- Pasivo: uno de los dispositivos genera su propio campo electromagnético, el cual es utilizado por el segundo dispositivo para enviar datos. Para esto, el dispositivo que comienza la comunicación es quien genera el campo electromagnético.

Las velocidades de comunicación a las que opera esta tecnología son de 106 [Kbits/s], 212 [Kbits/s], 424 [Kbits/s] y 448 [Kbits/s] [23], haciendo que su modo de uso opere de manera distinta a tecnología *Bluetooth*, con la cual suele compararse, debido a la capacidad de ambas en transmitir información.

Las modalidades con las que NFC realiza la conexión hasta la fecha actual, son la modalidad peer to peer, emulación de tarjeta, lectura y/o escritura y carga inalámbrica. Modalidades estandarizadas por el *NFC Forum* [24].

- Modalidad peer to peer:

Dos dispositivos habilitados para NFC comparten información entre sí por medio de una aplicación. Esto puede permitir enviar información de contacto, archivos como imágenes, enlaces de internet, etc., sin embargo, archivos demasiado pesados tomarían mucho tiempo debido a su velocidad de comunicación.

- Lectura/escritura:

Los dispositivos habilitados para NFC pueden leer y reescribir los datos en una etiqueta NFC. Estos datos pueden ser desde una dirección URL, mensajes de texto, números de teléfono, etc.

- Emulación de tarjeta:

Un dispositivo habilitado para NFC puede actuar como una tarjeta de identificación con el objetivo de realizar pagos y/o actuar como comprobante de identificación.

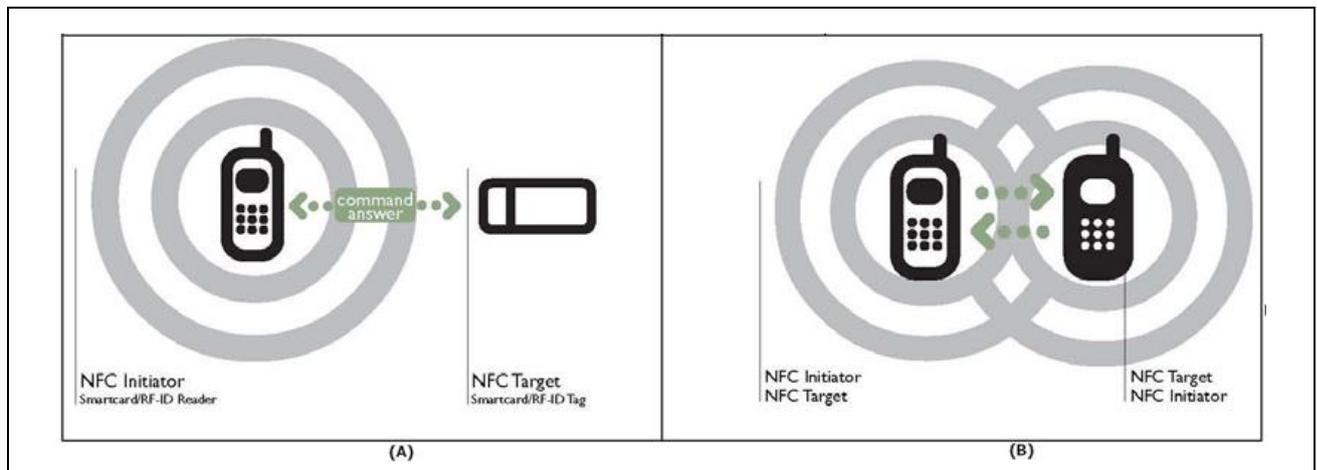
- Carga inalámbrica:

Modalidad más nueva, estandarizada en 2015. Al igual que la transferencia de datos, un dispositivo habilitado para NFC puede transmitir energía a otro dispositivo para cargar la batería.

2.3.1 Comunicación

La comunicación entre dispositivos habilitados para NFC hace uso de un formato conocido como *NFC Data Exchange Format* (Formato de intercambio de datos NFC), abreviado como NDEF, el cual permite que un dispositivo habilitado para NFC leer o escribir una etiqueta NFC [25]. NDEF permite realizar el almacenamiento de datos en formato NDEF, formato común establecido por el *NFC Forum*. Este formato es utilizado por ambos dispositivos, tanto el emisor como el receptor. En la figura 2.4 se muestra el método de comunicación en modo pasiva a la izquierda y activa a la derecha.

Figura 2.4 Comunicación NFC [26]



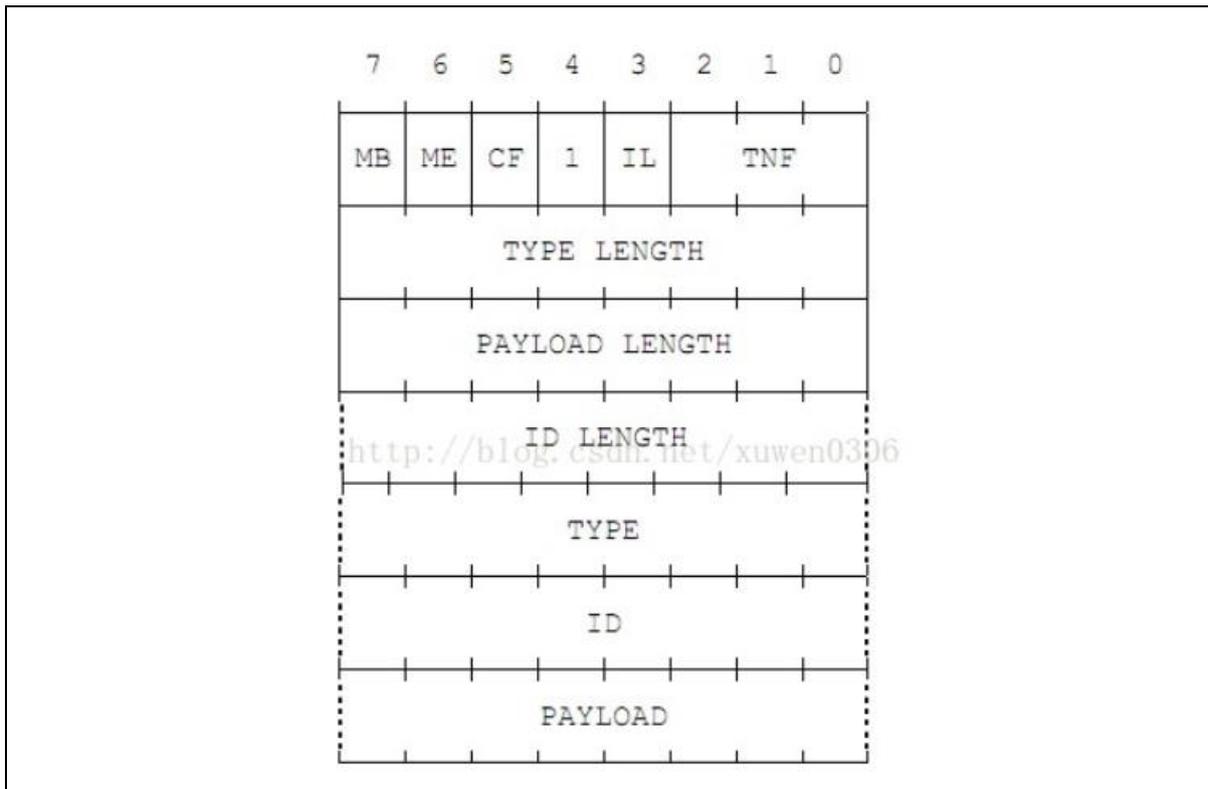
Los mensajes NDEF, son capaces de almacenar documentos en formato XML, imágenes JPEG, y demás. Cada mensaje NDEF posee una estructura separada en los siguientes componentes, a los cuales nos referiremos a ellos de ahora en adelante como banderas a las de la parte superior de la estructura, también llamada cabecera o *header*, del cual se pueden encontrar los bloques de información o también llamados como campos [27]:

- MB: *Message Begin* (Inicio del mensaje), bandera encargada de indicar el inicio del mensaje.
- ME: *Message End* (Fin del mensaje), bandera encargada de indicar el final del mensaje.
- CF: *Chunk Flag* (Bandera de trozo), bandera encargada de indicar si el segmento se trata del registro del principio, o el registro de la mitad.

- SR: *Short Record* (Registro corto), se encarga de comprobar que el campo PAYLOAD LENGTH está compuesto por un solo Byte y no por cuatro, en ese caso, se establece en 1 [28].
- IL: *Id Length* (Longitud de Id), indica que el campo de ID LENGTH esté presente en el encabezado del registro.
- TNF: *Type Name Frontal* (Tipo Nombre Frontal), esta bandera se trata de 3 bits encargados de determinar el tipo de información contenida en el registro.
- TYPE LENGTH: Longitud de bytes del campo Type. Si se trata de un registro pequeño, SR se establecerá en 1.
- PAYLOAD LENGTH (Longitud de carga): Encargado de establecer la cantidad de bytes en el campo PAYLOAD. Este se determina a partir del bit SR.
- ID LENGTH: Encargado de la cantidad de bytes en el campo ID. Este campo sólo se halla presente si la bandera IL está en 1.
- TYPE (TIPO): Este campo se encarga de especificar qué tipo es el *payload* entre la información que se transmite.
- ID: Identificador único para cada registro. Su capacidad máxima es de 255.
- PAYLOAD: Este campo lleva la información útil del registro NDEF.

El orden en que el registro es transmitido según esta estructura es de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo, dividiéndose en octetos de bits, numerados del 7 (bit más significativo) al 0 [28]. Estos mensajes NDEF pueden estar compuestos por uno o varios registros NDEF, pero en caso de que el mensaje NDEF tenga un solo registro, este llevará tanto la bandera BM y BE.

Figura 2.5 Estructura mensaje NDEF [29]



2.3.2 Ventajas y desventajas de la tecnología NFC

Teniendo en cuenta lo presentado hasta ahora, es posible listar algunas ventajas o beneficios que se presenta esta tecnología y las desventajas en contraposición:

Tabla 2.1 Ventajas y Desventajas de NFC

Ventajas	Desventajas
Comunicación fluida entre dispositivos compatibles con NFC.	Velocidad máxima de 848 [Kbit/s].
Alto nivel de seguridad al momento de interactuar entre dispositivos.	20 [cm] como distancia máxima.
No requiere de conexión a internet para interactuar.	Limitación de dispositivos conectados.
Permite el uso de dispositivos como identificador el cual puede generar múltiples funcionalidades.	Puede ser interferido por metales.

2.3.3 Comparación con otras tecnologías

En la tabla 2.1, se muestra una comparativa entre NFC, códigos QR, y *Bluetooth*

Tabla 2.1 Comparativa entre NFC, QR y Bluetooth

Variable	NFC	QR	Bluetooth
Distancia requerida	Corta distancia para lectura de etiquetas, 20 [cm] máximo	Distancia suficiente para escanear el código QR con la cámara	Amplia distancia para la conexión entre dispositivos, 100 [m] máximo
Velocidad de transmisión de información	Velocidad máxima de 848 [Kbit/s]	No aplica	160 [KB/S]
Capacidad de almacenamiento	Entre 96 y 512 [bytes]	2953 [bytes]	No aplica

2.4 Componentes para desarrollo de aplicaciones NFC

Para la realización de todo sistema o proyecto que haga uso de la tecnología NFC, es necesario disponer de dos importantes elementos esenciales, cada uno cumpliendo su función de lector de información y transmisor de información:

- Lector NFC
- Etiquetas NFC

Ambos componentes son indispensables de manera que la omisión de cualquiera de estos haría completamente imposible la realización de un sistema o proyecto.

2.4.1 Lector NFC

Dispositivo capaz de leer y/o escribir (codificar) en una etiqueta NFC. Puede tratarse desde un dispositivo específicamente diseñado para detectar etiquetas NFC, hasta un teléfono inteligente habilitado para NFC [30].

En caso de tratarse de un lector externo al dispositivo, este puede conectarse a través de un cable USB, Bluetooth, ethernet, Wifi, o conexión 3G o 4G, para transmitir información al dispositivo, tal y como se muestra en la figura 2.6.

Figura 2.6 Lector NFC USB [31]



Este último punto es importante, debido a que existen dispositivos móviles que no están habilitados para NFC, lo cual los hace incapaces de realizar la lectura de etiquetas NFC, a pesar de que es posible conectar un dispositivo lector de etiquetas NFC a través de un cable adaptador USB. Mientras que, por el caso contrario, a pesar de que los computadores no se encuentran normalmente habilitados para NFC [51], estos equipos pueden realizar la lectura de etiquetas NFC, requiriendo de forma obligatoria un dispositivo externo para poder realizar la lectura y escritura [30]. En cuanto a aquellos compatibles, existen modelos limitados, los cuales están habilitados para esta tecnología, un ejemplo de esto es la marca de computadores DELL, la cual ha desarrollado y lanzado dispositivos compatibles con esta tecnología [70], teniendo su etiqueta NFC en la parte trasera del computador, y marcado con un símbolo, tal como se ve en la figura 2.7.

Figura 2.7 Computador DELL con tecnología NFC [71]



Otro factor a tener en cuenta es la compatibilidad entre el dispositivo de lectura/escritura y la etiqueta NFC a leer. Dado que cada lector tiene distintos estándares, y

especificaciones, lo cual los vuelve compatibles con determinadas etiquetas. Generalmente esta compatibilidad está ligada a la marca, serie de la etiqueta, o el tipo de software de lectura a utilizar [30].

2.4.2 Etiquetas NFC

Dispositivo físico de almacenamiento de información las cuales se pueden reconocer como etiquetas NFC o *SmartTags*. Pueden venir en distintas formas, ya sea como una etiqueta adhesiva, llavero, pulsera, etc., lo cual las dota de una facilidad de transporte y de una gran variedad de usos.

Figura 2.8 Etiqueta NFC [72]



Estas etiquetas se pueden dividir en cinco tipos estandarizadas por el *NFC Forum*:

- Etiqueta tipo 1

Con un almacenamiento mínimo de 93 bytes a 2 kilobytes de memoria, con una velocidad de comunicación 106 kilobytes por segundo. Los usuarios solo pueden configurar estas etiquetas como modo lectura [32].

- Etiqueta tipo 2

Memoria de almacenamiento mínimo de 48 a 144 bytes, ampliable a 2 kilobytes, con una velocidad de comunicación de 106 kilobytes por segundo, al igual que las etiquetas NFC de tipo 1. Los usuarios solo pueden configurar estas etiquetas como modo lectura [32].

- Etiqueta tipo 3

Memoria de almacenamiento de 1 a 9 kilobytes, y una velocidad de comunicación de 212 a 424 kilobytes por segundo. Se pueden encontrar preconfiguradas para ser de solo escritura o solo lectura [32].

- Etiqueta tipo 4

Memoria de almacenamiento de 4 a 32 kilobytes y una velocidad de comunicación de 106, 212 o 424 kilobytes por segundo. Se encuentran configuradas de fábrica para ser de lectura y escritura o solo lectura [32].

- Etiqueta tipo 5

Memoria de almacenamiento de 192 a 3584 bytes y una velocidad de comunicación de 106 kilobytes por segundo. Se encuentran configuradas de fábrica para ser de lectura y escritura o solo lectura [32].

Además de las especificaciones ya mencionadas, existen etiquetas desarrolladas por empresas, las cuales se basan en los estándares del *NFC Forum*.

- NTAG:

Etiquetas compatibles con modelos de teléfonos actuales, e implementan estándares establecidos por el *NFC Forum*. Pueden retener la información guardada hasta 10 años, soportar ciclos de lectura y/o de hasta 100000 ciclos [33].

- ICODE®:

Estas etiquetas emplean estándares propios, así como los especificados por el *NFC Forum*. Se especializan en control de inventario como podría ser gestión de biblioteca, identificación de consumibles, y falsificación. Retienen información hasta por 50 años y pueden soportar ciclos de lectura y/o de hasta 100000 ciclos [33].

- MIFARE:

Estas etiquetas cubren varios estándares dentro de la ISO/IEC 14443. Cada etiqueta posee sus propios módulos y algoritmos de cifrado. Pueden retener información guardada desde 10 años a 25 años y soportar ciclos de lectura y/o escritura desde 10000 ciclos hasta 5000000 ciclos [33].

- Serie ST25TA:

Estas etiquetas siguen los estándares establecidos por el *NFC Forum* para etiquetas NFC tipo 4, pensadas para el uso constante, permitiendo soportar ciclos de lectura y/o escritura hasta de 1000000 de ciclos, a la vez que

mantienen información almacenada hasta un periodo de 200 años. Un uso para estas etiquetas puede ser en posters NFC, con el objetivo de obtener más información de una propaganda, o en paradas de autobús para conocer el horario del siguiente transporte [33].

- Serie ST25TV:

Etiquetas compatibles con los estándares establecidos por el *NFC Forum* para etiquetas NFC tipo 5. A diferencia de la serie ST25TA, estas etiquetas tienen una retención de datos de 60 años y soportan ciclos de lectura y/o escritura de hasta 100000 de ciclos [33].

Cada una de estas series de etiquetas, puede dividirse en distintas etiquetas, todas con características propias, que las hacen más requeridas para un trabajo que otras, ya sea por su capacidad de almacenamiento de memoria o por su tiempo de retención de información. En la Tabla 2.2, se listan las características de las etiquetas NTAG213.

Tabla 2.2 Características de las etiquetas NFC NTAG (NTAG213) [34]

	NTAG213
Memoria total ³	180 bytes
Memoria disponible ⁴	144 bytes
Longitud de la URL ⁵	132 caracteres
Longitud del texto ⁶	130 caracteres
Retención de datos ⁷	10 años
Especificaciones <i>NFC Forum</i> Tipo 2	Sí
Resistencia a la lectura/escritura ⁸	100000 ciclos
Compatibilidad	Compatible con teléfonos inteligentes NFC y lectores NFC ISO14443-A ⁹
Contador de escaneo	Sí

³ Memoria total en la etiqueta.

⁴ Memoria para escribir.

⁵ Número máximo de caracteres que puede tener un enlace sin incluir el "http://www.".

⁶ Número máximo de caracteres que puede tener para escribir en un mensaje de texto.

⁷ Tiempo para mantener la información almacenada.

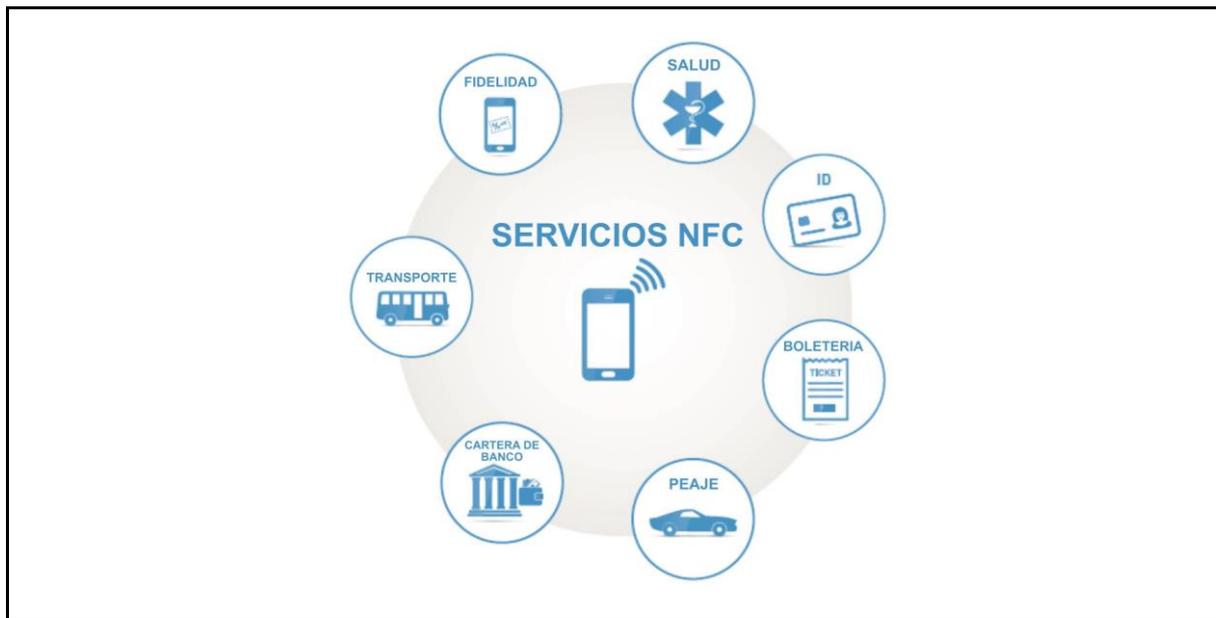
⁸ Cantidad de veces que se puede escribir/leer una etiqueta NFC.

⁹ Referido también como compatibilidad universal.

2.5 Estado del arte

La tecnología NFC, desde su implementación ha tenido grandes avances dentro de diversas industrias como medio de traspaso y comunicación de información, además que, debido a la situación previa causada por la pandemia¹⁰, donde la gente ha reducido el contacto físico, ha aumentado la demanda por servicios que no requieran del uso del contacto con medios externos, lo que ha causado un alza en los servicios auxiliados por NFC.

Figura 2.9 Servicios NFC [35]



Es por esto que para demostrar la importancia que tiene, a continuación, se presentarán diversos casos donde se ha utilizado, o se utiliza la implementación de esta tecnología.

2.5.1 Control de asistencia

En enero de 2017, en Madrid, España, se presentó un Trabajo de fin de grado, el cual buscaba como objetivo, desarrollar un sistema de control de asistencia en la Universidad Politécnica de Madrid, necesidad que requería una solución urgente, dado que, debido a la implantación de la asistencia obligatoria, los casos de fraude de asistencia con firmas como control de asistencia habían comenzado a aumentar [36].

Antes de que esta propuesta se presentara, el académico debía pasar una lista, la cual se iba rotando, momento en que los estudiantes presentes estarían abiertos a llenar la lista de asistencia con los datos de los estudiantes que se ausentaron de la clase; otro método

¹⁰ Pandemia COVID-19 (2019-2022)

utilizado era el de pasar asistencia de manera oral por el profesor a cargo de la clase, lo cual tomaba tiempo, desperdiciando la instancia para avanzar con la clase.

Es por estas razones que se decidió desarrollar un sistema de asistencia seguro, que permitiera la validación del individuo de forma rápida y eficiente. Para esto, era necesario de una tecnología que no tuviera altos costos para la universidad, y que hiciera uso de comunicación inalámbrica sin contacto. Por lo cual se optó por utilizar la tecnología NFC.

En el caso de la etiqueta NFC, dado que las cédulas de identidad en España vienen con una etiqueta NFC, por lo cual las mismas pueden actuar como una *smartcard*¹¹, al mismo tiempo que como un pasaporte. Sin embargo, para efectos prácticos del proyecto, esto también significó que los costos por la etiqueta NFC fueron nulos, debido a que se espera que todos los estudiantes tengan la última versión de estas cédulas de identidad.

Para la elección de la etiqueta NFC para trabajar en el desarrollo del sistema, la etiqueta elegida fue la MIFARE Classic 1K, debido a que la universidad tenía presencia de carnet universitarios que incluían dichos chips, sumado también a la dificultad que presentan estas etiquetas para ser clonadas, además de que dichas etiquetas poseen una memoria de almacenamiento de 1KB.

Para el desarrollo del software del sistema, se decidió desarrollar esta en el lenguaje de programación C, y el uso de la librería *libnfc*¹², librería encargada de la comunicación con los dispositivos de hardware, e implementa la modulación y protocolos definidos por el estándar ISO/IEC 14443.

Para el lector a trabajar, hicieron uso del NFC Usb Reader DL533N OEM¹³, esto, sin embargo, no presentaría problemas con compatibilidad con el sistema a futuro, ya que la biblioteca permite el uso de cualquier dispositivo soportado por la misma o cualquiera que soporte en el futuro sin cambiar el código.

Los resultados de este proyecto finalmente lograron crear un sistema capaz de reconocer perfectamente el carnet del estudiante y diferenciarlo de uno clonado.

¹¹ Tarjetas con un circuito integrado

¹² <https://nfc-tools.github.io/projects/libnfc/>

¹³ <https://www.amazon.com/-/es/USB-Escritor-Tarjetas-Contacto-soportados/dp/B0777LSY8P>

Figura 2.10 Hardware utilizado durante las pruebas [36]



2.5.2 Identificación de ganado bovino

En el año 2019, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Leon, se presentó un proyecto de titulación con el objetivo de realizar una aplicación móvil para la identificación de ganado bovino haciendo uso de la tecnología NFC. Esto debido a la necesidad de optimizar y aumentar la eficiencia del proceso de cría de los bovinos o hato¹⁴, existiendo varios métodos para comprobar la información, incluyendo el de insertar un microchip debajo de la piel del bovino, pero conllevando a la posibilidad de que el bovino desarrolle cáncer en la zona alrededor, haciendo que este método no sea viable para todos los bovinos [37].

El objetivo de este trabajo fue el de “crear un prototipo basado en NFC, y mejorar el proceso de identificación de ganado bovino, a partir de dispositivos no invasivos, ya que actualmente no se cuenta con un método que permita, estando junto al animal, tener acceso rápido, directo y seguro a dicha información” [37].

Para esto, se decidió colocar la etiqueta NFC, al igual que una etiqueta normal, en la oreja del bovino, permitiendo que estas sean de lectura y escritura, y que solo sea posible escribir en ellas por las personas encargadas del cuidado de los animales.

Entre el hardware utilizado para el desarrollo de este prototipo, se puede destacar los siguientes:

- Teléfono Samsung S5 Mini, el cual es compatible con la tecnología NFC [38].

¹⁴ Conjunto de animales de ganado mayor o menor.

- Etiqueta NFC NTAG213 144 pegatina *Circus*. Esta etiqueta fue tomada en cuenta para las pruebas del prototipo, más no recomendada para la implementación de este, debido a su margen de memoria y que no se adapta a las condiciones climáticas.
- Etiqueta NFC NTAG213 IP68 Industrial NFC. Esta etiqueta fue recomendada para la implementación, debido a su margen de memoria superior, y capacidad de resistir climas bajos de hasta -25°C y temperaturas superiores de hasta 90°C.

Por el lado del software utilizado, se hallan los siguientes:

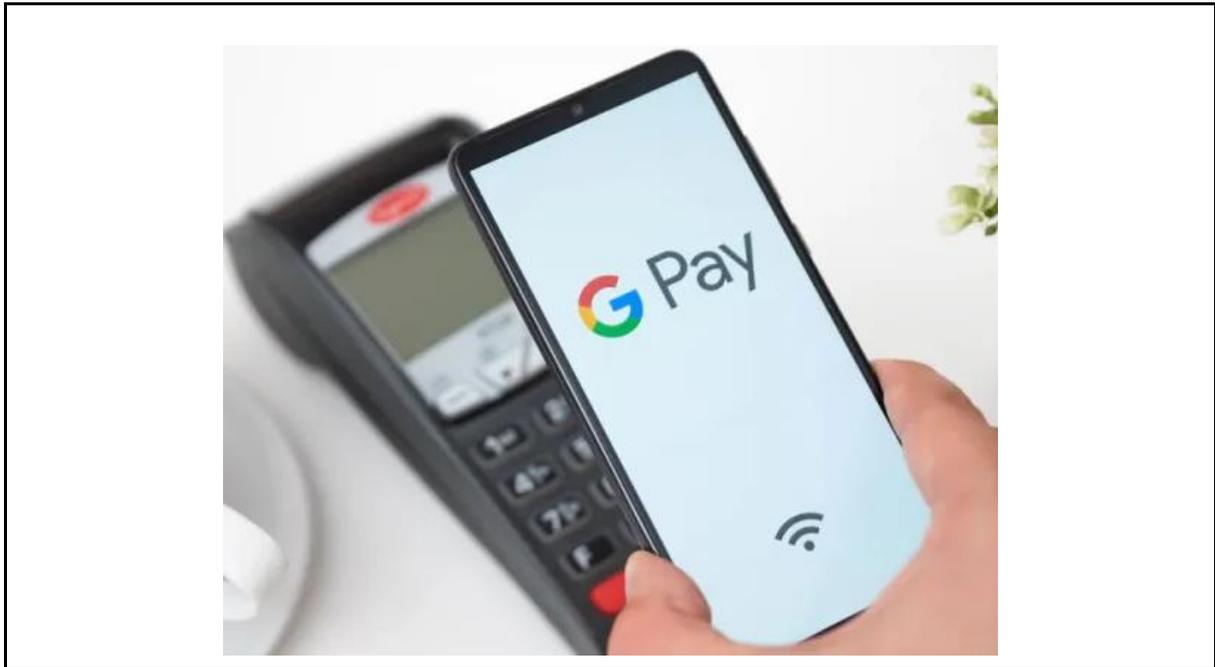
- Android Studio para el desarrollo de aplicación móvil.
- Lenguaje web para el desarrollo de la base de datos: PHP.
- En cuanto al método de configuración de la etiqueta NFC, dado que utilizaron un teléfono habilitado para NFC, hicieron uso de uno de los softwares compatibles con esta tecnología, el cual se trató de la herramienta NFC Tools.

Finalmente, el proyecto dio como resultado una aplicación móvil para teléfonos inteligentes capaz de leer y escribir las etiquetas NFC en las orejas de los bovinos, haciendo más rápida la lectura de información y haciendo una actualización más rápida.

2.5.3 Pagos sin contacto

Uno de los usos más comunes para NFC es la realización de pagos a través de tarjetas, *smartphone*, *smartwatch* y otros dispositivos compatibles con dicha tecnología. Esto debido a la masificación de esta y que hoy en día es posible encontrar incluso en locales pequeños [39]. Uno de estos casos es el anteriormente mencionado *Google Pay*, actualmente conocido como *Google Wallet* [40], donde al registrar una tarjeta de crédito, la aplicación actúa como un reemplazo de esta, permitiendo los pagos al acercar el dispositivo a una terminal de pago. Sin embargo, Google no es la única compañía que ha desarrollado su propio software de pago haciendo uso de esta tecnología. *Apple*, *Samsung*, *Falabella* que han visto el potencial de esta tecnología y han desarrollado sus propias versiones de esta aplicación [41].

Figura 2.11 Pago a través de Google Pay [42]



2.5.4 Aplicación en hostelería y restaurantes

Tanto hoteles como restaurantes se han ido adaptando a los tiempos, incluyendo esta tecnología no solo para el pago por servicios, sino que también, por ejemplo, hoteles poseen tarjetas que actúan a modo de llaves, tanto para puertas, como para todo el sistema de habitaciones.

Un ejemplo de esto es el hotel *The Cove*, ubicado en Estados Unidos, que, en su apertura, debido a la esperada llegada de celebridades y famosos, requerían de algún tipo de identificador que fuese elegante para hacer juego con los invitados. Para esto hicieron uso de NFC al contratar un tatuaje temporal con chip NFC, el cual duró el tiempo que los pasajeros/huéspedes del hotel se hospedaron, permitiendo que se pudiera acceder a la información de eventos y horarios a través de su teléfono con sólo acercarlo al tatuaje [43].

Este tipo de método para crear tatuajes que actúen como controladores de dispositivos NFC, es un tema estudiado y desarrollado por el MIT¹⁵ y Microsoft Research [44], quienes lo apodaron como DuoSkin; creados a base de oro para no perder su función para conducir electricidad.

¹⁵ Instituto tecnológico de Massachussets

Figura 2.12 Tatuaje DuoSkin [45]



En caso de restaurantes, al incluir un lector NFC, permiten la descarga de la carta, reduciendo la necesidad de tener que imprimir estas y renovarlas con el tiempo debido al desgaste [46].

2.5.5 Aplicación en automotriz

Con tecnología NFC, es posible no solo abrir la puerta de un vehículo, sino también encenderlo y controlar su interfaz al vincularlo con el teléfono a través del uso de la comunicación NFC. Este tipo de implementos nacen de la necesidad de crear entornos más seguros para que el usuario no sienta desconfianza hacia la seguridad del vehículo. Marcas como Hyundai poseen modelos de vehículos los cuales son compatibles, aplicaciones móviles, las cuales permiten realizar la autenticación del teléfono inteligente como llave [47], así como también ofrecen su propia tarjeta NFC con la cual es posible interactuar con dichos vehículos, sin embargo, a la fecha, tanto estas tarjetas como los vehículos están disponibles solo para el mercado estadounidense.

Figura 2.13 Hyundai NFC Key Card (Z136) [48]



2.5.6 Aplicación en transporte y movilidad

El uso de NFC en el área de transporte no solo incluye la seguridad y el manejo de un vehículo, sino que también abarca el área de pago del transporte público al acercar un dispositivo compatible que actúe como tarjeta bancaria a un lector NFC que actúe como una terminal de pago, así como la lectura de información de los próximos recorridos, horarios, número de identificación del método de transporte, el costo de movilización y demás [49]. Todo esto al acercar un dispositivo (ya sea como ejemplo, un *smartphone* o un *smartwatch*) con el cual visualizar esta información, a una etiqueta NFC localizada en las estaciones de buses o paraderos de autobuses. Este tipo de usos surgieron de búsqueda de mejorar la eficiencia en la lectura de información de los códigos QR, al no tener que prender la cámara del dispositivo, y tener que escanearlo, sin mencionar que, al incluir esta tecnología, es posible realizar la comprobación de horarios por los *smartwatches*, ya que, al tratarse de relojes, estos no poseen cámara con la cual leer códigos QR. En la figura 2.14, se muestra el uso de NFC en una estación de autobús.

Figura 2.14 Uso de NFC para obtener información de autobús [50]



Capítulo 3 Requerimientos tecnológicos para desarrollo de aplicaciones NFC

3.1 Introducción

Cada sistema o proyecto que se desee realizar debe tener en cuenta la compatibilidad entre las etiquetas y dispositivos, tal y como se ha mencionado anteriormente, por lo tanto, es esencial también conocer qué software es compatible con los distintos sistemas operativos de estos dispositivos, así como las características que posean cada uno de ellos.

3.2 Software de escritura/lectura de etiquetas NFC

Existen múltiples métodos para escribir en una etiqueta NFC, ya sea a través de un dispositivo móvil como puede ser teléfonos inteligentes o tabletas; así como también en un computador, pero como se mostró en el punto 2.4.2, Lector NFC, dado que la mayoría de estos no se encuentran habilitados para NFC, primero es necesario obtener un lector/escritor NFC para poder utilizar las aplicaciones de escritura de etiqueta NFC, además de comprobar la compatibilidad del lector con la etiqueta a trabajar.

Sin embargo, el dispositivo por sí solo no es suficiente, también es necesario un software que permita la lectura y escritura. Algunos de estos softwares para computador son [51]:

a) Compatibilidad con Windows, Mac OS, Linux

- TagXplorer:

Desarrollada por NXP, empresa miembro del *NFC Forum*, y principal desarrollador de etiquetas NFC. Este software posee cualidades como permitir realizar un conteo de escritura, protección de contraseña, así como otras funciones. Este software es de uso gratuito, por lo cual es recomendable para desarrolladores novatos. Tiene compatibilidad con los lectores NFC uTrust 3700 F, uTrust 4701, COULD 3700, OMNIKEY 5022, ACR1281, Pegoda y Pegoda 2 [52].

- NFC Tools:

Mencionada en el punto 2.5.2 Identificación de ganado, como la herramienta para escribir en la etiqueta NFC. Versión de escritorio de su versión para Android, compatible con muchos dispositivos de lectura/escritura. Al igual que

el software mencionado anteriormente, este es de uso gratuito [53].

Existen además otros softwares para la escritura de etiquetas, dedicadas exclusivamente para ciertos sistemas operativos, tanto móviles como para Computadores.

b) Compatibilidad con Android

- NFC TagWriter:

Desarrollada por NXP, bastante sencilla de navegar y de usar. Es de uso gratuito, capaz de guardar una gran cantidad de información en una etiqueta NFC, sin embargo, aunque presenta una valoración positiva de 4.0 de 5.0, las opiniones mixtas son visibles en la sección de opiniones, lo cual demuestra que existen fallos que hacen que no se vuelva la primera opción del usuario, aunque esto podría cambiar en futuras actualizaciones [54].

- NFC Tools:

Versión de Android de NFC Tools. Esta aplicación al igual que la anteriormente mencionada, es gratuita, bastante intuitiva, y recomendada por mucha gente, lo cual se refleja en las valoraciones, siendo mayormente positiva, en comparación con la anteriormente mencionada [55].

c) Compatibilidad con iOS y iPad

- NFC Tools:

De igual manera que en Android, esta aplicación es también posible de encontrar en iOS y iPad, presentando diferencias principalmente estéticas, lo cual hace que no interfieran con la forma en que uno navega entre pantallas o su funcionalidad. De igual manera que sus variaciones para Android o Computador, es gratuita [55].

- NFC TagWriter:

Similar a NFC Tools, esta aplicación móvil también se encuentra presente en iOS y iPad, presentando principalmente diferencias estéticas, sin comprometer la funcionalidad [54].

- Smart NFC:

Aplicación de pago, con un costo de 1900 CLP. De carácter más profesional y con características especiales, como la capacidad de activar el modo oscuro [56].

d) Compatibilidad con Windows Phone

- NFC Commander:

Software gratuito. Permite escribir en etiquetas para realizar acciones personalizadas, como realizar llamadas o enviar mensajes [57].

- NFC Launchit:

Software gratuito y desarrollado por Nokia. Permite abrir aplicaciones al utilizar una etiqueta NFC [58].

- NFC Tag Creator:

Software de pago. A diferencia de los dos softwares anteriores, este se encuentra en español [59].

- NFC Interactor:

Software de pago. Pensado para desarrolladores, este software permite escritura más especializada [60]

3.3 Desarrollo de software para aplicaciones NFC

En el ámbito del desarrollo de software compatible con esta tecnología, debido a la flexibilidad con la que el desarrollador puede elegir qué tipo de etiqueta y lector NFC trabajar, siempre y cuando sean compatibles, el hardware necesario de un proyecto puede ser decidido rápidamente. Sin embargo, en lo que respecta al desarrollo del software en sí, depende de si el lenguaje con el que se desarrollará es compatible con este tipo de tecnología para asegurar el funcionamiento de un proyecto.

Un ejemplo de esta compatibilidad entre el lenguaje de programación y la tecnología NFC, es el proyecto mencionado anteriormente, en el punto 2.5.1 Control de asistencia [36], en donde el lenguaje de programación utilizado para el desarrollo del sistema de control de asistencia fue C, el cual posee una librería compatible con esta tecnología, la anteriormente mencionada *libnfc*.

Así mismo, como quedó demostrado en el punto 2.5.2 Identificación de ganado [37], *Android Studio* es naturalmente compatible con NFC, debido a la naturaleza de origen de esta tecnología en sí, dado que Google es uno de los entes colaboradores que estuvo desde el inicio del desarrollo de esta tecnología, lo cual significa que los lenguajes JAVA y Kotlin son igualmente compatibles con esta tecnología. En el caso de *Android Studio*, se debe declarar el permiso correspondiente para realizar la compatibilidad con NFC [61]. Sin embargo, aunque Google forma parte de las organizaciones que apoyaron el desarrollo de la tecnología NFC [5], nunca han desarrollado soporte para la AVD¹⁶ [69], por lo que se requiere de un dispositivo habilitado para NFC, de forma obligatoria. En cuanto a desarrolladores externos, *Inside Secure* desarrolló y publicó “*Open NFC*” [69], un *Stack*, que permitía que una máquina virtual de *Android Studio* realizara la detección NFC con un lector NFC externo, conectado al computador, cuya última actualización llegó hasta la versión *Android 4.2.2*, para actualmente encontrar el enlace de descarga *Stack* caído, debido a que no se siguió dando soporte al mismo.

De igual forma que *Android Studio*, *Apple* posee compatibilidad con esta tecnología a través de su *framework Apple Developer* [62]. Este *framework* permite el desarrollo de *script* en código *Swift*, el cual es el mismo para todos los sistemas de *Apple*, *IOS*, *macOS* y *watchOS*, habiendo desarrollado software compatible con esta tecnología, tales como NFC Tap [63], software alternativo para realizar la lectura y escritura de etiquetas NFC, compatible con la serie de etiquetas ST25TV [33].

En cuanto a *framework* multiplataformas plataformas, se encuentra *Ionic* [64], de código abierto, por lo que es de libre uso, permitiendo el diseño de *software* con HTML, y aunque no está enfocado al desarrollo de proyectos que requieran de potencia gráfica, tales como videojuegos, es una herramienta conveniente aquellos que desean desarrollar *software* orientado a múltiples sistemas, con múltiples *plugin*¹⁷, entre los que se incluyen aquellos orientados a NFC. Para habilitar el desarrollo de software con NFC, primeramente, es necesario instalar el *plugin* correspondiente a través de la consola del sistema operativo.

Algoritmo 3.1 Plugin de instalación NFC en *Ionic*

```
ionic cordova plugin add phonegap-nfc  
npm install @awesome-cordova-plugins/nfc
```

¹⁶ Android Virtual Device, máquina virtual de *Android Studio*.

¹⁷ Componente de código con el que se pueden añadir funciones a un programa o herramienta

Capítulo 4 Propuesta de cartera de proyectos para la Universidad de Atacama

4.1 Introducción

Para conocer los distintos tipos de usos que se pueden dar a la tecnología NFC en la UDA, se tiene que tomar en cuenta múltiples factores, entre los que se listan la situación actual dentro y fuera de la universidad, el usuario que tendrá que hacer uso de esta tecnología, qué enfoques podrá tener la misma implementación según el punto de vista del usuario o cargo dentro de la universidad, propuestas existentes como alternativa a estas implementaciones, si es que posee, y los resultados que se pueden esperar obtener de dicha implementación. Como se ha visto previamente, la implementación de los usos de tecnología NFC no ha tenido tantos avances como lo es en otros países, como en Estados Unidos [43], Londres [4] o España [49], entre otros. Por otro lado, en la UDA se ha implementado el sistema de pagos a través de una terminal habilitada para NFC, permitiendo el pago sin tener que deslizar una tarjeta bancaria, sino que es posible acercar el chip integrado en estas o utilizar un dispositivo habilitado para NFC, esto debido a que, durante la pandemia, el pago a través de efectivo se volvió peligroso, al traer el riesgo de contraer el virus por contacto al realizar el cambio de dinero en efectivo. Con el paso del tiempo, las metodologías para distribuir información han ido cambiando y actualizándose, ya sea a través del boca a boca, a través de panfletos, correos electrónicos y demás. En cuanto a la UDA, muchas veces estos últimos suelen ser ignorados debido al continuo flujo de correos electrónicos, y terminan por sepultar otros correos que llegan entre medios de estos, causando que se pierdan y tengan que ser reenviados una o más veces, debido a que, al perderse, el receptor de estos correos no se entera de la existencia de estos, causando retrasos y confusión por parte de los estudiantes y académicos. Tomando esta información en cuenta, las implementaciones previamente vistas en el punto 2.5 como guía, experiencias previas del desarrollador, reuniones para enfocar la dirección del proyecto, entrevistas de forma anónima a estudiantes previas al desarrollo, se han preparado distintas propuestas de implementaciones para distintos usos, entre los cuales se incluyen métodos de comprobación de identidad o implementaciones que hagan uso de la dicha comprobación, los cuales se dividirán en categorías dependiendo del punto de vista de distintos entes internos y/o externos a la universidad, de forma que se pueda conocer las necesidades que pueden ser satisfechas por la tecnología NFC y cómo los distintos entes pueden apreciar estos usos. Estas categorías se dividirán en:

- Estudiantes, con el objetivo de ver el punto de vista de los estudiantes de la universidad, de forma que se pueda conocer su reacción al interactuar con cada uso.
- Académicos dado que es necesario conocer la forma en que los académicos reaccionan a las nuevas implementaciones y su capacidad de adaptarse a este.
- Administración, siendo la parte a la cual más le interesa conocer qué beneficios y costos requieren las implementaciones.
- Vinculación, siendo una parte importante que ayudará a las investigaciones, proyectos en conjunto con entidades externas, o postulantes a la universidad, el cómo puede implementarse esta tecnología puede ser más atractivo; y Auxiliar, siendo un ente importante que apoya a la universidad, es necesario también tomar en cuenta su reacción a las implementaciones.
- Auxiliar, personal imprescindible para la realización de actividades de la universidad, al brindar apoyo manteniendo las instalaciones en orden, pueden verse afectados si el ambiente cambia debido a estas implementaciones al posibilitar una mejora en sus actividades.

En la Tabla 4.1, se presentan los proyectos considerados en la cartera dado el contexto planteado en los párrafos anteriores.

Tabla 4.1 Proyectos considerados y objetivos a alcanzar

N°	Proyecto NFC	Objetivo
1	Notificaciones NFC	Etiquetas con información de eventos, fechas y horarios a notificar los estudiantes.
2	Notificaciones de llegada	Notificar al académico de la llegada de un estudiante a su oficina.
3	Control de asistencia	Desarrollar un sistema de control de asistencia.
4	Comunicados	Comunicar avisos por parte de un académico los estudiantes.
5	Llave única	Sistema de cerradura con NFC.
6	Identificación	Desarrollar un sistema de identificación con una etiqueta NFC.
7	Publicidad NFC	Desarrollar nuevos medios de publicidad con tecnología NFC.
8	Inventario NFC	Mantener un control detallado de inventario.
9	Departamento inteligente	Optimizar la comunicación entre dispositivos.
10	Audio interactivo NFC	Aumentar el interés por la institución por medio de audios con detalles históricos de la universidad.

En los puntos siguientes, se describirán los detalles correspondientes a cada proyecto de la cartera propuesta.

4.2 Descripción de proyectos

Proyecto N°1: Notificaciones NFC

Las notificaciones de fechas importantes y horarios, ya sea matrículas, pruebas, eventos, etc., suelen realizarse de manera muy variada, y en ocasiones puede ser confuso tener múltiples plataformas para obtener información, por lo cual al incluir una etiqueta NFC con la información de horarios, o una URL que envíe a una página web con toda la información almacenada, se puede realizar el comunicado de manera más sencilla.

Las partes beneficiadas en esta propuesta son las siguientes:

- **Estudiantes:** Dado que, debido a los horarios variados de cada estudiante, donde muchas veces estos pueden quedar atrasados con algunos, o adelantar otros, la información muchas veces se pierde para estos, por lo que tener un lugar donde la información puede ser revisada con solo acercar un dispositivo sería más atractivo.
- **Administración:** El inicio de cada semestre es siempre una época alta demanda, donde la administración tiene que poner mucho tiempo y esfuerzo con la comunicación del proceso de matrícula, por lo que al preparar etiquetas NFC que al ser leídas desplieguen una página web con la información de fechas y horarios de atención, dinero requerido, entre otras; podría aligerar la carga de trabajo para la administración.
- **Vinculación:** Muchas veces el proceso de matriculación de un estudiante de nuevo ingreso puede verse lleno de complejidad debido a que no se puede encontrar acostumbrado al ambiente, por lo que no es de extrañar que pueda perderse fechas y horarios de atención a este proceso, o que le haga falta algún documento para presentarse. Es por esto que una etiqueta NFC ubicada estratégicamente para ser vista fácilmente por un aspirante a estudiante de nuevo ingreso puede reducir el número de problemas que afrontar durante el proceso de matrícula, además que, al ser una etiqueta, es posible reescribir en ella para repetir el proceso, además de ser más duradera que la tinta de un código QR.

Las fuentes de información requeridas para esta propuesta son:

- Calendario Académico.
- Información eventos universitarios.
- Información de carreras/asignaturas.
- Puntos de acceso a estas etiquetas.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Mejorar la comunicación de información a estudiantes.
- Reducir el tiempo de preparación de medios de comunicación.
- Reducir los costos de comunicación al colocar una etiqueta NFC en lugar de realizar múltiples impresiones, además de ser reutilizables.
- Reducir la necesidad de enviar correos electrónicos a estudiantes.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Acceso a red.
- Software de lectura/escritura de etiquetas NFC.

Proceso de interacción: En la figura 4.1, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.1 Proceso de interacción con sistema de Notificaciones NFC



Proyecto N°2: Notificaciones de Llegada

Las reuniones entre los estudiantes y académicos suelen ser programadas, pero

siempre existe el caso donde un estudiante puede tener una duda repentina, o tenga que realizar una consulta de último minuto, por lo que es probable que, en estos casos, al acercarse a la oficina del académico, este no se encuentre debido que se halle realizando labores. Para casos como este, es posible implementar un sistema que al escanear una etiqueta NFC, el académico recibirá un mensaje o correo electrónico, donde se indique la hora de llegada, nombre y correo del estudiante para que el académico sea consciente de la llegada del estudiante.

Las partes beneficiadas en esta propuesta son las siguientes:

- Estudiantes: En caso de que un estudiante se dirija a la oficina de un académico y este no se encuentre, si se prepara una etiqueta NFC para enviar un mensaje o correo electrónico al académico, este sabrá qué estudiante fue a su oficina, de esa manera el académico tendrá constancia de que el estudiante requería de él.
- Académicos: De igual forma que los estudiantes, en caso de que una notificación le llegue a un académico, este puede ponerse en contacto, ya sea para confirmar qué razón había para que el estudiante quisiera ponerse en contacto con el académico, o dar aviso de que un incidente imprevisto impide realizar una reunión con el estudiante.

Las fuentes de información requeridas para esta propuesta son:

- Correo electrónico del académico.
- Correo electrónico del estudiante.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Mejorar la comunicación entre estudiantes y académicos.
- Optimizar los tiempos de reunión para estudiantes y académicos.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Conexión a red.
- Dispositivo habilitado para NFC.
- Software de escritura de acciones para etiquetas NFC.

Proceso de interacción: En la figura 4.3, se muestra el proceso de interacción Usuario

y Sistema.

Figura 4.2 Proceso de interacción con sistema de Notificaciones de Llegada



Proyecto N°3: Control de asistencia

El control de asistencia en muchos ramos suele ser un factor importante a tener en cuenta, dado que este se suele calificar como parte del promedio del estudiante, haciendo que el académico tenga que pasar una lista a mano para que los estudiantes completen, o de manera oral. En el caso del plan común¹⁸, existe un sistema para donde el académico entrega una Tablet a los estudiantes, con la cual escanear un código QR en la parte trasera del carné del estudiante, dado que dicho carné contiene los datos del estudiante, y al realizar este proceso, se realiza confirmación del estudiante, para pasar la Tablet al siguiente. Un método alternativo para esto sería realizar el control de asistencia con NFC, al acercar una etiqueta NFC a un dispositivo lector que almacene la información del estudiante para realizar el control de asistencia.

Las partes beneficiadas en esta propuesta son las siguientes:

- Estudiantes: Con este sistema propuesto el estudiante puede realizar de manera rápida el control de asistencia sin perder demasiado tiempo escribiendo sus datos a mano, esperando a que su nombre sea dictado por el académico, o esperando que la cámara de la Tablet escanee correctamente el

¹⁸ Curso de los primeros años de la carrera de ingeniería de la UDA, donde estudiantes comparten ramos en común, ejemplo, Calculo I.

código QR, por lo que el tiempo que pierde de la clase sería mínimo.

- Académicos: Al hacer uso de este sistema, al igual que en el sistema del plan común, el académico pierde menos tiempo al realizar el control de asistencia, ya que solo tiene pasar el dispositivo lector a los estudiantes y proseguir con la clase hasta que esta vuelva a él.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Horario estudiantil.
- Horario de académicos.
- Toma de ramos de estudiantes.
- Carga académica.
- Datos del estudiante.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Optimizar el proceso de control de asistencia.
- Automatizar el proceso de control de asistencia

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Carné estudiantil con etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Dispositivo habilitado para NFC para el control de asistencia (Ej.: *Smartphone*).
- Software compatible.
- Conexión a red.

Proceso de interacción: En la figura 4.3, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.3 Proceso de interacción con sistema de Control de asistencia



Proyecto N°4: Comunicados

Los comunicados por parte de académicos, tanto para anunciar cancelaciones de clases en fechas posteriores o reagendar clases, evaluaciones, eventos, etc., suelen realizarse en medio de una clase, por lo que siempre existe la posibilidad de que un estudiante no haya prestado atención al comunicado, haya tenido que salir temprano de la clase, o que este se lo haya perdido debido a inasistencias, teniendo que confiar en el boca a boca para enterarse de estos, corriendo el riesgo de desfragmentación de la información o una mala interpretación por parte de un compañero. Por esto, haciendo uso de una etiqueta NFC que esté escrita con el comunicado, el estudiante puede leer la etiqueta NFC con su dispositivo y enterarse del comunicado al desplegarse a través de este.

Las partes beneficiadas de esta propuesta son las siguientes:

- **Estudiantes:** Debido a libertad de la universidad, donde muchos estudiantes son libres de ir y venir, una vez terminada sus clases, o a causa de faltas de asistencia, los estudiantes muchas veces pueden perderse comunicados importantes, por lo que este uso evitaría tener que depender de consultas a otros estudiantes, donde la información puede ser imprecisa o tener que esperar a que el académico esté disponible para consultar.

- Académicos: Dado que los académicos tienen más labores que solo realizar clases, ya sea actuando como investigador, o tomando el rol de profesor guía de un tesista, por lo que muchas veces realizar un comunicado puede tomar más tiempo del necesario, además de que, dado que existe la posibilidad de inasistencia por parte de estudiantes, es posible que dicho académico tenga que pasar este comunicado muchas veces más de lo necesario. Por lo cual, al preparar con antelación una etiqueta NFC con la información de un comunicado, el académico solo tiene que preocuparse por comunicar la información una vez o solo dejar constancia de que dicha etiqueta existe, para que los estudiantes puedan comprobar por ellos mismos la información.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Información sobre comunicado por parte de los académicos.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Minimizar el número de veces que se realiza un comunicado.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Software de lectura/escritura de etiquetas NFC.

Proceso de interacción: En la figura 4.4, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.4 Proceso de interacción con sistema de Comunicados



Proyecto N°5: Llave única

Las dependencias e implementos dentro de la universidad que requieren el uso de llaves son variadas, por lo que, al realizar un sistema de control de identidad, evita la necesidad de tener que cargar varias llaves por una sola etiqueta NFC que actúe como identificador.

Las partes beneficiadas de esta propuesta son las siguientes:

- Estudiantes: Para los estudiantes, está la existencia de casilleros para guardar sus pertenencias en los departamentos. Con el uso de una etiqueta NFC, es posible utilizarla como sustituto de la llave de dichos casilleros.
- Auxiliar: Como es bien sabido, el personal de limpieza de cualquier organización, carga consigo una gran cantidad de llaves, debido a la necesidad de poder ingresar y mantener un aseo constante en todas las dependencias de una instalación. Por esta razón es que cargan encima una gran cantidad de llaves, haciendo que tome tiempo identificar cada una para abrir una puerta y poder ingresar.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Datos de estudiantes.
- Datos de auxiliares.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Mejorar el nivel de seguridad dentro de las dependencias de la universidad.

Los requisitos para el de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Cerradura NFC.
- Software de lectura/escritura de etiquetas NFC.

Proceso de interacción: En la figura 4.5, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.5 Proceso de interacción con sistema de Llave única



Proyecto N°6: Identificación

La dependencia de un control de identidad actualmente es necesaria debido a la situación vivida durante el año 2022 en la universidad, donde estudiantes y personal de la institución fue asaltada por personas externas a la universidad [65], por lo cual cargar con un identificador fácil de transportar y sencillo de manejar se ha convertido en una necesidad. Por esta razón, tener a mano una etiqueta NFC es un método bastante óptimo para el reconocimiento de identidad, ya que permiten guardar información que valide la identidad de la persona.

Las partes beneficiadas en esta implementación son las siguientes:

- Estudiantes: Existen muchos servicios dentro de la universidad, para los cuales se requiere un certificado de estudiante regular, documento que es utilizado tanto dentro como fuera de la universidad, y en ocasiones es posible perderlo o dañarlo por algún motivo, por lo que al utilizar tecnología NFC,

puede realizarse la comprobación de identidad del estudiante dentro de la universidad, sin comprometer el certificado de alumno regular.

- Administración: Existen multitud de dependencias dentro de la universidad con acceso restringido tanto a personas externas como internas a la universidad, por lo cual una forma de facilitar el reconocimiento de dichas personas sería a través de un sistema de reconocimiento con NFC.
- Vinculación: En muchas ocasiones, al realizar una colaboración con entes externos, la persona carga consigo un identificador que puede ser una tarjeta que se cuelga del cuello, la cual puede tener una fotografía o un código QR que, al escanearse, compruebe la identidad de la persona. Con NFC, la identificación del individuo puede ser más rápida, que con código QR, ya que solo hay que acercar la etiqueta NFC al lector y este leerá los datos y realizará la comprobación.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Datos de los estudiantes.
- Datos de personal de académicos.
- Datos de personal de gerencia.
- Datos de invitados.
- Datos de personal de auxiliares.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

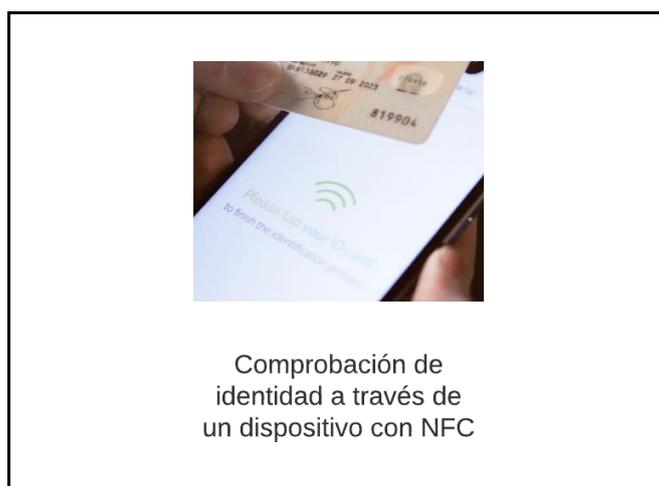
- Realizar el control de identificación de manera óptima.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Dispositivo habilitado para NFC.
- Software de reconocimiento.

Proceso de interacción: En la figura 4.6, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.6 Proceso de interacción con sistema de Identificación



Proyecto N°7: Publicidad NFC

La publicidad es un medio de comunicación que está en constante evolución, debido a la introducción de nuevas tecnologías, cambios en la época, costumbres o hábitos, por lo que el método para hacer llegar la información a entidades externas para hacerlo más atractivo siempre variará [66]. Como uno de los métodos a promover con esta tecnología serían los *NFC Poster*, los cuales son carteles que incluyen una etiqueta NFC que, al ser leída por un dispositivo, transmiten información acerca de un producto o servicio ofrecido [67].

Las partes beneficiadas de esta propuesta son las siguientes:

- **Administración:** Para el sector administrativo es una tarea constante el cómo hacer llegar información a otros de manera más rápida y eficiente. Desde carteles publicitarios, comerciales de radio y televisión, anuncios en diarios y revistas, entre otros. Por lo que haciendo uso de *NFC Poster*, la UDA sería capaz de transmitir de manera más atrayente la información acerca de matrículas, carreras, puntajes de postulación, además de la información necesaria para estos procesos al público interesado en estudiar en la universidad, así como también aquellos que desean realizar colaboraciones con la institución.
- **Vinculación:** Para entes externos a la universidad, tales como empresas interesadas en colaboraciones, así como candidatos a estudiantes, la recopilación de información es una tarea del día a día, pero que, de igual forma, el método de obtención de esta información no siempre es clara o igual para cada caso o se encuentra fragmentada al tener que recurrir a múltiples

fuentes, haciendo que se vuelva confuso qué es información necesaria o innecesaria. Con NFC es posible escribir en una etiqueta que contenga toda la información necesaria, o una URL que envíe al dispositivo lector a una página con toda la información necesaria para realizar un proceso de matrícula o colaboración.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Información para publicitar.
- Enlace a página web.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Facilitar la comunicación de información a entidades externas a la universidad.

Los requisitos para el uso de esta implementación son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Permiso de publicación.
- Software de lectura/escritura de etiquetas NFC.

Proceso de interacción: En la figura 4.7, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.7 Proceso de interacción con sistema de Publicidad NFC



Proyecto N°8: Inventario NFC

El mantener un inventario ordenado de forma que se conozca el estado de los implementos, ya sean de oficina, laboratorio, limpieza o cocina, son de suma importancia para evitar gastos innecesarios, o pérdidas por no haber hecho uso correcto de estos implementos, tal es el caso de los alimentos, que pueden perecer antes de prepararse, por haber estado almacenados mucho tiempo, además del uso de implementos que son utilizados por mucho tiempo y terminan por no regresar a su lugar de almacenamiento específico. Por lo que con una etiqueta NFC, es posible conocer el estado en que se encuentran estos implementos almacenados.

Las partes beneficiadas de esta propuesta son las siguientes:

- Administración: Debido a la existencia de laboratorios, es posible que se tengan implementos que requieran un mantenimiento dado cierto tiempo, por lo que una etiqueta NFC puede mantener un registro de cuánto tiempo ha pasado desde el último realizado.
- Auxiliar: La universidad posee múltiples comedores para que estudiantes, académicos y otros auxiliares, por lo cual un inventario de alimentos es necesario constantemente, por lo que al incluir una etiqueta NFC, es posible saber el tiempo que estos alimentos llevan almacenados al escribir en la etiqueta NFC.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Lista de materiales almacenados.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Mantener un nivel de control alto con el inventario.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.
- Software de lectura/escritura de etiquetas NFC.

Diagrama de proceso de interacción: En la figura 4.8, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.8 Proceso de interacción con sistema de Propiedad inteligente



Proyecto N°9: Departamento inteligente

La universidad posee múltiples dependencias de las cuales es posible optimizar las actividades llevadas a cabo a través de implementos que pueden conectarse a otros dispositivos haciendo uso de NFC, tales como ampollas o impresoras.

Las partes beneficiadas de esta propuesta son las siguientes:

- Académicos: En las oficinas de cada académico es posible optimizar el proceso de vinculación de dispositivos con impresoras al hacer uso de NFC, permitiendo una conexión por Bluetooth a través de una etiqueta NFC o que la propia impresora esté habilitada para NFC. Otros usos posibles son los relacionados a la domótica, como la vinculación de las ampollas en oficinas y salones, las puertas de oficinas al abrirlas de manera remota y el aire acondicionado con el mismo proceso.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Lista de implementos compatibles en oficinas.
- Lista de implementos compatibles en salones.

Los resultados esperados con esta propuesta son:

- Acelerar el proceso de conexión de dispositivos.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Dispositivo habilitado para NFC.
- Implementos compatibles para NFC.
- Etiqueta NFC (Opcional).

Diagrama de proceso de interacción: En la figura 4.9, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.9 Proceso de interacción con sistema de Departamento inteligente



Proyecto N°10: Audio interactivo NFC

Con el objetivo de llegar a mayor público, es posible implementar un sistema que permita la reproducción de audios pregrabados, de forma de sea más interactivo para los usuarios la forma en que se relacionan con la universidad.

Las partes beneficiadas de esta propuesta son las siguientes:

- Vinculación: La universidad posee mucha historia detrás de ella, por lo que de igual manera que un museo, es posible instalar etiquetas NFC en lugares estratégicos de la universidad, tales como el letrero frente a la locomotora, permitiendo que el visitante pueda escuchar la historia detrás de ella al igual que un museo interactivo.
- Estudiantes: Las personas con discapacidades visuales, tales como ceguera parcial o total, normalmente requieren equipo especializado para realizar

actividades como leer un libro, como por ejemplo un libro que contenga páginas en braille. Con NFC, es posible realizar un sistema que, al acercar el dispositivo a un libro, este reproduce un audio pregrabado, funcionando de forma similar a un audiolibro.

Las fuentes de información para esta propuesta son:

- Archivo de audio.

Los resultados esperados con esta implementación son:

- Aumentar el interés en la universidad para atraer a nuevos estudiantes.
- Aumentar el conocimiento sobre la trayectoria de la universidad.

Los requisitos para el uso de esta propuesta son:

- Etiqueta NFC.
- Lector NFC.

Diagrama de proceso de interacción: En la figura 4.10, se muestra el proceso de interacción Usuario y Sistema.

Figura 4.10 Proceso de interacción con sistema de Audio interactivo NFC



4.3 Criterios de evaluación de la cartera de proyectos NFC

A continuación, se listan los criterios de evaluación que se tendrán en cuenta para la evaluación de un proyecto. Cada criterio tendrá una breve descripción sobre ellos, y una valoración por puntos de 1 a 3, de manera que 1 sea el puntaje menos valioso para la implementación, y 3 el puntaje más valioso.

- A. Tiempo de desarrollo (Tiempo des.): Tiempo requerido para el desarrollo del proyecto.
 - 1. Mucho: 6 meses o más.
 - 2. Medio: 3 a 6 meses.
 - 3. Poco: 3 meses o menos.
- B. Tiempo de implementación (Tiempo Imp.): Tiempo requerido para realizar la implementación del proyecto.
 - 1. Mucho: 3 meses o más.
 - 2. Medio: 1 a 3 meses.
 - 3. Poco: 1 mes o menos.
- C. Costos de desarrollo e implementación (Costos D&I): Costos esperados requeridos para el desarrollo del proyecto, así como los costos esperados requeridos para la implementación del proyecto.
 - 1. Altos: \$1 millón o más.
 - 2. Medios: \$100.000 a \$1.000.000.
 - 3. Bajos. \$100.000 o menos.
- D. Complejidad de uso: Qué tan complejo es utilizar el sistema implementado para el usuario.
 - 1. Difícil.
 - 2. Normal.
 - 3. Fácil.
- E. Facilidad de adaptación: Qué tan fácil es para el usuario acostumbrarse a hacer uso del sistema.
 - 1. Poca: Requiere capacitación.
 - 2. Media: Requiere habituarse.
 - 3. Mucha: Fácil de adaptar.

4.4 Evaluación de viabilidad de cartera de proyectos NFC

A continuación, se procederá a evaluar los proyectos con el objetivo de comprobar su viabilidad de implementación con respecto a los criterios en el punto 4.3. Esta evaluación se realizará a través de la tabla 4.2 con los proyectos en cada fila, y cada columna ocupada por cada criterio. En caso de que un criterio pueda variar en un proyecto, se marcará con un “/” para separar, debido a que dependerá del modo de implementación que se decida, ya sea realizándose directamente con una etiqueta NFC o que requiera un dispositivo habilitado para NFC, así como el tipo de usuario que haga uso del sistema, por ejemplo, estudiante y académico. Finalmente, en la última columna de la tabla, se verá el puntaje total de cada

proyecto con respecto a los criterios.

Tabla 4.2 Evaluación de proyectos

	Tiempo Des.	Tiempo Imp.	Costos D&I	Complejidad de uso	Facilidad de adaptación	Total
Notificación NFC	3	3	3	3	2	14
Notificaciones de llegada	2	3	2	3	3	13
Control de asistencia	2	2	2	2	2	10
Comunicados	3	3	3	3	2	14
Llave única	2	3	2	3	3/2	13/12
Identificación	2	3	2	3	2	12
Publicidad NFC	3	2	1	3	3	12
Propiedad inteligente	3	2	3	3	3	14
Departamento inteligente	3	1	1	3	2	9
Audio interactivo NFC	3	3	3	3	2	14

A partir de la tabla anterior podemos notar que los proyectos más viables a implementar se tratan de Notificación NFC, Comunicados, Notificaciones de llegada, Llave única, Propiedad inteligente y Audio interactivo NFC.

Capítulo 5 Desarrollo de prototipos para proyectos NFC seleccionados

5.1 Introducción

En la actualidad se disponen de múltiples necesidades que requieren ser satisfechas en el DIICC, muchas de las cuales pueden ser satisfechas a través de diversas tecnologías, entre las que se incluye NFC, por lo cual, a continuación, se procederá a exponer el desarrollo de proyectos listados anteriormente en el punto 4.2 que satisfagan una necesidad, haciendo uso de esta tecnología.

Estos proyectos se realizaron a partir de un prototipo inicial de un *software* de escritura de etiqueta NFC, en donde se realizó una escritura de un texto sencillo, para posteriormente complementarlo y personalizarlo en función de las necesidades a cumplir, dentro de las limitaciones que permitía el *hardware* y *software* con el cual se trabajó.

Cada proyecto se realizó a través de un proceso de desarrollo cíclico, en donde al completar el desarrollo del *software*, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento de funciones, comprobando errores que surgieron durante estas pruebas, como podrían ser errores que al iniciar la detección de etiqueta NFC el *software* se cerraba, no detectar correctamente la etiqueta NFC, o no escribir ningún dato en las etiquetas, entre otros; para posteriormente realizar nuevamente el trabajo de encontrar la causa del error corregirlo y realizar nuevamente las pruebas, repitiendo el proceso hasta tener una versión funcional.

Para el desarrollo de la propuesta, se debe tener en cuenta aspectos tanto de *hardware* y *software* que sean compatibles entre sí, esto debido a que dependiendo del uso que se quiera dar a esta tecnología, unas etiquetas pueden ser más adecuadas que otras, cambiando completamente el resto del sistema.

La etiqueta NFC escogida para el desarrollo de esta propuesta, se optó por la etiqueta NTAG213, las cuales fueron han sido descritas en el punto 2.4.3, esto debido a que su precio es accesible, además de tener compatibilidad con muchos dispositivos de lectura y escritura, remarcando completamente el hecho de que estas etiquetas están pensadas para el uso general.

Para el caso del lector NFC de esta propuesta, se hizo uso de un teléfono Samsung Galaxy A22 5G [68], el cual posee un sistema operativo Android 13, además de tener altas especificaciones como *hardware*, lo cual permitió estar al día con las actualizaciones del

sistema operativo, además de las actualizaciones del *framework*. En cuanto a la compatibilidad del dispositivo con las etiquetas NFC, este al igual que la mayoría de los dispositivos Android, posee compatibilidad con la serie de etiquetas NTAG [5], lo cual es otro punto decisivo al momento de seleccionar el dispositivo.

Para desarrollar el *script* de esta propuesta, se decidió a trabajar con el *framework* de Android Studio [61], por tener una mayor libertad a la hora de desarrollar aplicaciones móviles y debido a que se trata de un *framework* mayormente conocido, ahorrando así tiempo de aprendizaje. En cuanto al lenguaje con el que se trabajó para este *framework*, se realizó con JAVA, por tener un mayor dominio de este lenguaje, a diferencia de Kotlin, del cual habría requerido aprender los conceptos básicos de este antes de comenzar el desarrollo del *script* con NFC.

Algunos *frameworks* considerados para el desarrollo de esta propuesta fueron el *framework* de Apple, *Apple Developer* [62], sin embargo, se descartó por desconocimiento del mismo, consideraciones del tipo de lector con el que se trabajaría, además de las normativas y lineamientos de Apple para el desarrollo y diseño de *software* que habrían tomado más tiempo de estudio; otro *framework* fue *Ionic* [64], el cual se llevó a trabajar durante etapas intermedias del proyecto a causas de problemas en el desarrollo de la propuesta con Android Studio, sin embargo, debido a que se habían encontrado soluciones a las problemáticas presentadas con Android Studio, terminó siendo descartado igualmente y retomando el desarrollo anterior hasta completado el prototipo.

En la figura 5.1 se muestra los implementos de *hardware* utilizado para la realización del proyecto,

Figura 5.1 Hardware utilizado en las pruebas



Para las pruebas de incompatibilidad entre el dispositivo utilizado y una etiqueta NFC incompatible, se hizo uso de una etiqueta NFC MIFARE, las cuales por especificaciones del dispositivo son incompatibles, por lo tanto, no deben de generar una reacción al tratar de interactuar con ellas.

En la figura 5.2 se muestran las etiquetas MIFARE utilizadas para la prueba de incompatibilidad durante las pruebas.

Figura 5.2 Etiqueta MIFARE usada durante las pruebas



Cada uno de los proyectos incluye un método de detección de NFC, de manera que, si estos se instalan en un dispositivo no habilitado para NFC, el software se cerrará mostrando un mensaje de “No habilitado para NFC”, tal como se muestra en el algoritmo 5.2.

Algoritmo 5.1 Detección de tecnología NFC

```
NfcAdapter nfcAdapter;  
nfcAdapter=nfcAdapter.getDefaultAdapter(this);  
if (nfcAdapter==null){  
    Toast.makeText(this,"Dispositivo no habilitado para NFC",  
        Toast.LENGTH_SHORT).show();  
    finish();  
}
```

5.2 Proyecto “Notificación NFC”

La realización de comunicados por parte de la universidad se suele realizar muchas veces a través de correos electrónicos, los cuales por desgracia tienen la falencia de que, al ser enviados de forma continua, tienden a perderse o acumularse demasiado para estudiantes y académicos, los cuales pueden obviar su contenido sin prestar atención o borrarlos luego de recibirlos.

Como alternativa propuesta a esta problemática, se plantea un sistema de comunicados haciendo uso de etiquetas NFC ubicados en lugares estratégicos de la universidad, reduciendo así la necesidad de hacer uso de los correos electrónicos, y siendo más llamativo para los estudiantes.

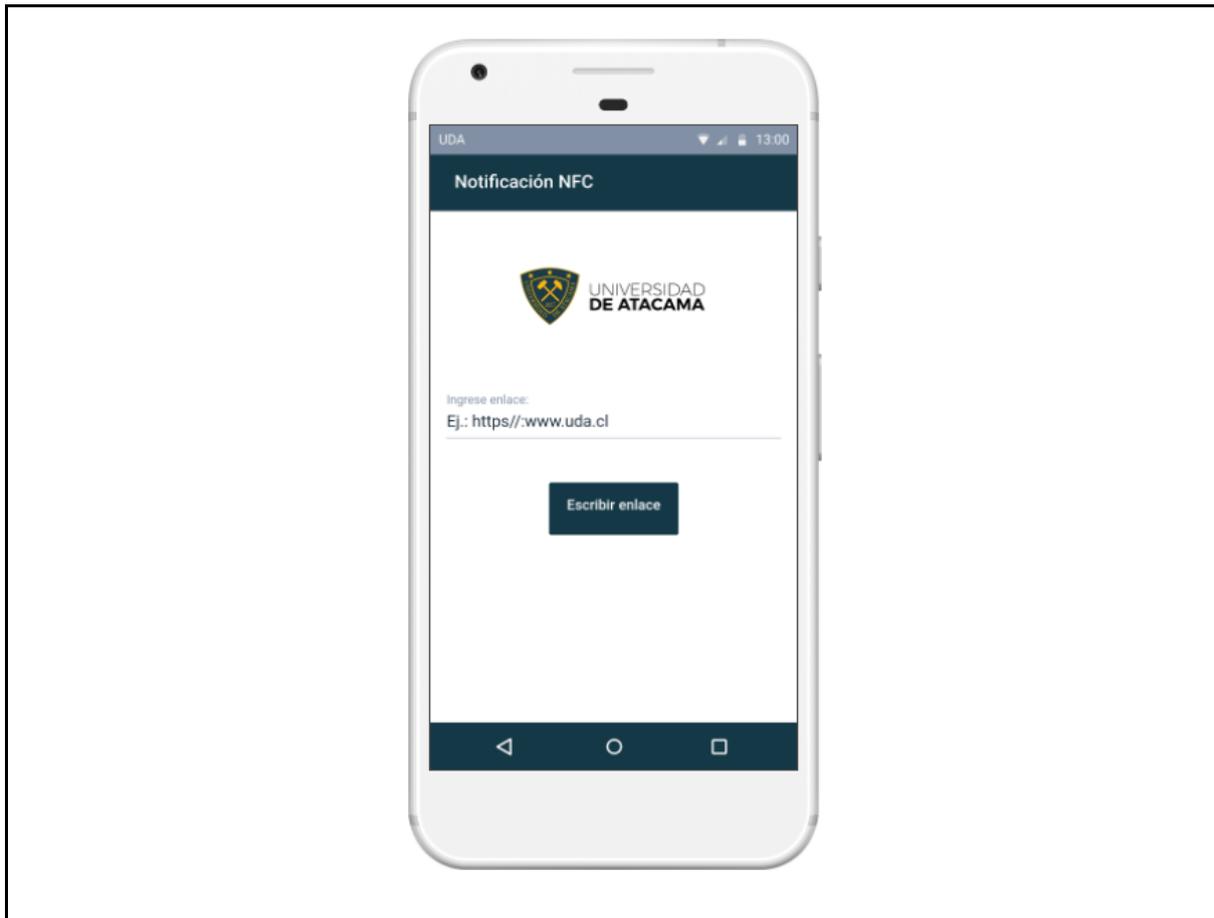
Para el diseño de la propuesta, se comenzó realizando prototipos de baja fidelidad, con el objetivo de tener una mejor comprensión de las necesidades del usuario al momento de hacer uso del sistema y reducir el tiempo de diseño de este.

Dado que el objetivo de esta propuesta de solución es reducir la complejidad de uso del sistema, se optó por realizar un diseño minimalista, empleando solo lo necesario para que el usuario entienda cómo funciona la aplicación y no se distraiga o confunda con otros elementos de diseño o funcionalidades, sumado que, al tener una funcionalidad limitada, añadir más elementos podría ser perjudicial al momento de interactuar con este proyecto.

Este prototipo consta únicamente de una sola pantalla, la cual contiene un espacio para rellenar con el enlace de la página web a grabar en la etiqueta NFC, y un botón que, al presionarse, permite la lectura y escritura de la etiqueta al acercarse la etiqueta NFC.

En la figura 5.3 se muestra el modelo de baja fidelidad.

Figura 5.3 Modelo de baja fidelidad de Notificación NFC



Sin embargo, dado que este modelo fue realizado en etapas tempranas del proceso de desarrollo, se encontró sujeto a cambios en algunas funcionalidades o diseño, por considerarse innecesarios u optimizables.

Estos cambios se debieron a que, como todo se realizaba en una sola pantalla, durante las pruebas, se produjeron errores externos, como que al tratar de acercar el teléfono a la etiqueta, se presionaba la pantalla con la mano; que la lectura se realizaba antes de presionar el botón, malgastando una lectura de escritura, desgastando más la etiqueta; o que al presionar el botón la etiqueta no era leída correctamente, por lo que se decidió realizar modificaciones que tomaran en cuenta estos fallos.

Para el desarrollo de la propuesta, se espera que el usuario conozca el enlace que se planea grabar en la etiqueta NFC, o que se encuentre copiado en el portapapeles del propio dispositivo, por lo tanto solo debe escribirlo en la zona indicada por el *software* en el espacio designado y esta lo enviará a la pantalla de lectura de etiqueta NFC (o en caso de que el usuario presione en el botón para avanzar a la siguiente pantalla, se mostrará un mensaje que debe rellenar la información correspondiente, sin permitirle avanzar). Una vez en la ventana de escritura de etiqueta NFC, el *software* detectará si se encuentra activa la

detección NFC, en caso de que no sea así, se mostrará un mensaje en la parte inferior “Detección NFC desactivada”, de forma que el usuario sea consciente ello, tal y como se muestra en las siguientes líneas de algoritmo, encargadas del proceso de detección.

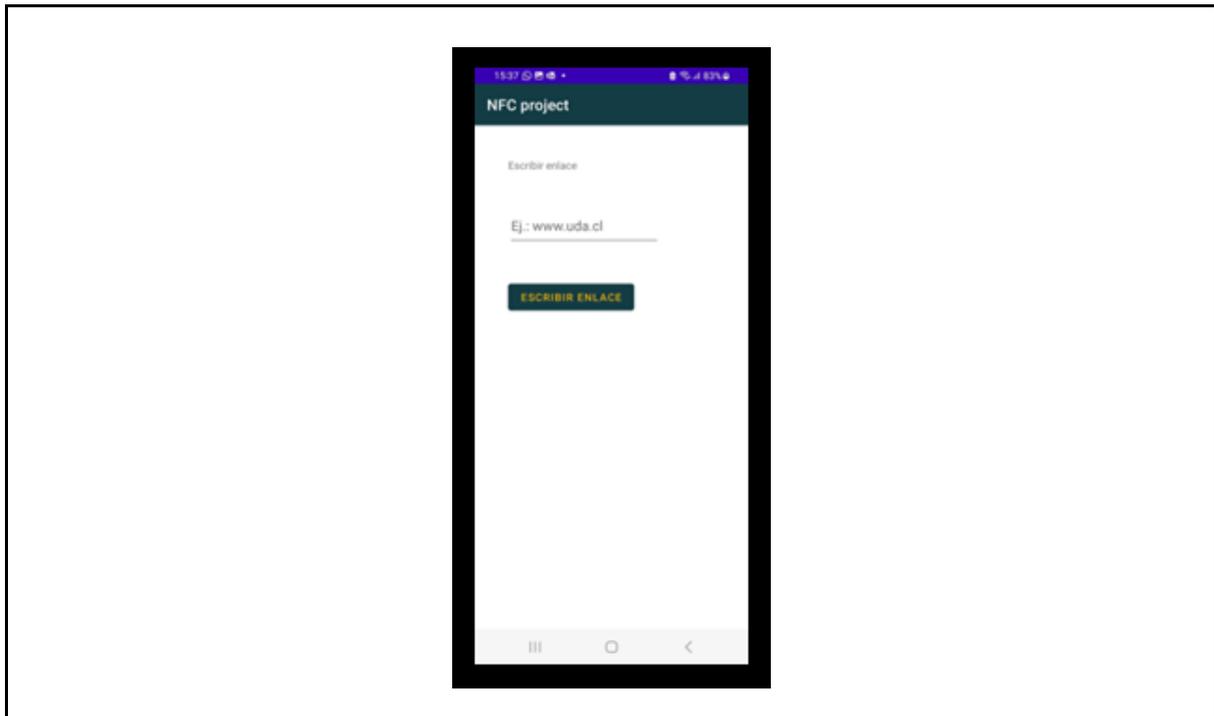
Algoritmo 5.2 Detección NFC activada

```
NfcAdapter nfcAdapter;  
@Override protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    setContentView(R.layout.activity_lectura_de_etiqueta3);  
    nfcAdapter = NfcAdapter.getDefaultAdapter(this);  
    if (!NfcAdapter.isEnabled()) {  
        Toast.makeText(this, "Detección Nfc desactivada.",  
            Toast.LENGTH_LONG).show();  
    }  
}
```

Ahora con la detección activa, solo es necesario acercarse a la etiqueta NFC como indica la pantalla para realizar la lectura y escritura de enlace en la etiqueta NFC. Una vez realizada esta acción, se mostrará un mensaje en la parte inferior “Enlace escrito”, indicando su finalización.

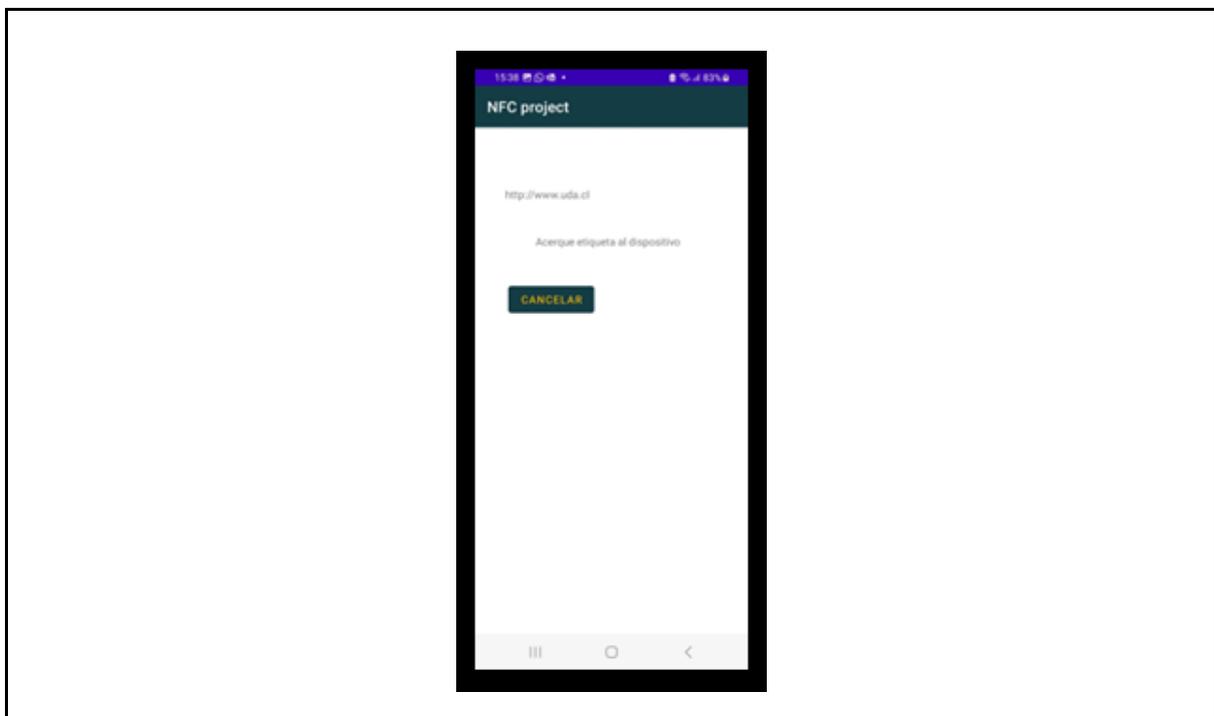
En la figura 5.4 se muestra la ventana para ingresar el enlace a grabar en la etiqueta NFC.

Figura 5.4 Ventana de “Ingreso de enlace”



En la figura 5.5 se muestra la ventana encargada de realizar la lectura y escritura de la etiqueta NFC.

Figura 5.5 Ventana de “Escritura de enlace”



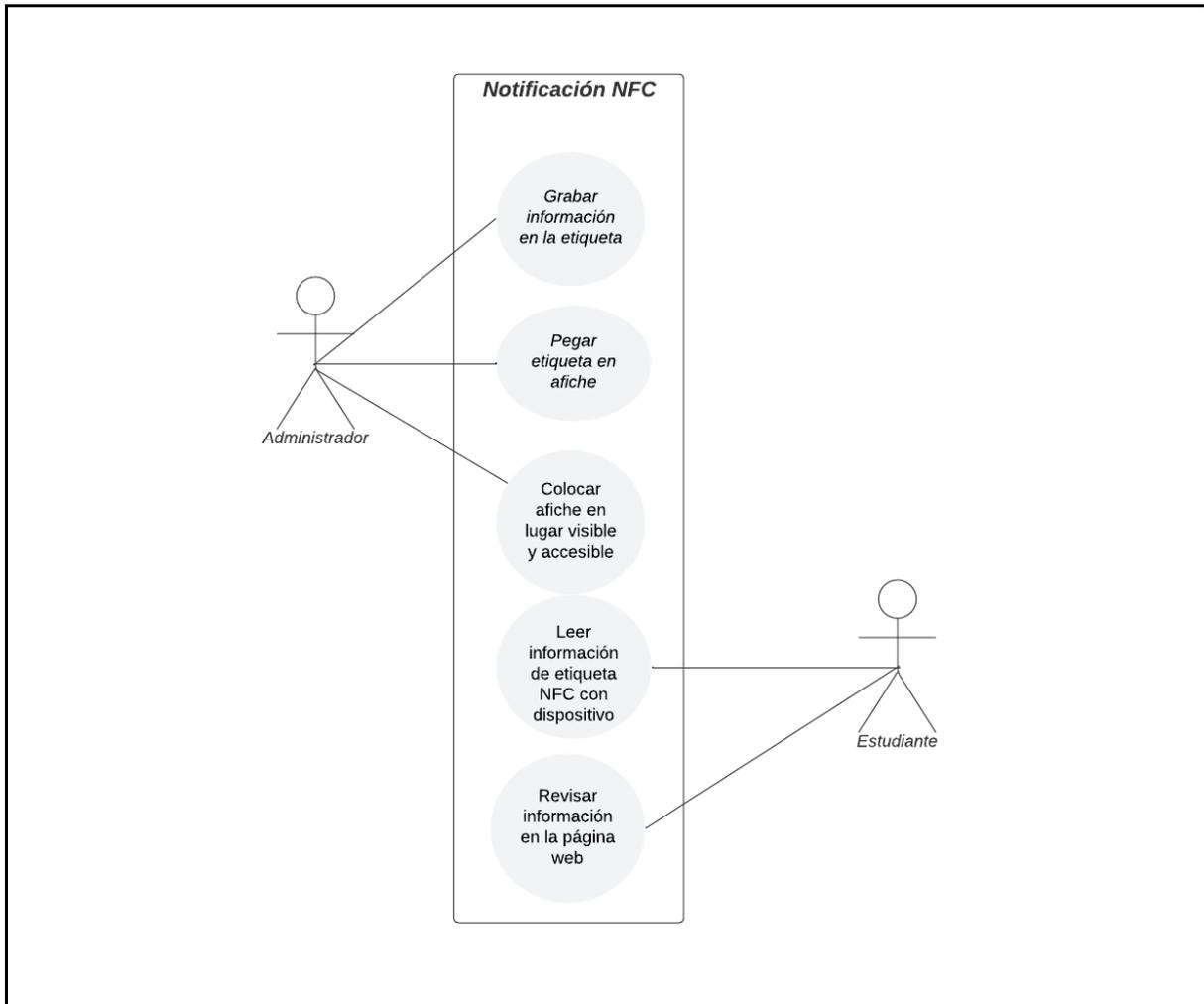
En la tabla 5.1 se muestra la matriz de trazabilidad para esta propuesta de proyecto.

Tabla 5.1 Matriz de trazabilidad Notificación NFC

N°	Función	Prueba	Caso de prueba
1	Ingresar datos	1.1	Si el usuario no ingresa nada, se mostrará un mensaje impidiendo su avance
		1.2	Si el usuario rellena el espacio, se avanzará a la siguiente pantalla
2	Escribir datos en la etiqueta	2.1	Si el usuario no posee la detección NFC activada en su dispositivo, se mostrará un mensaje de "Detección NFC desactivada"
		2.2	Si el usuario acerca una etiqueta NFC no compatible con el dispositivo, la lectura no podrá realizarse, por lo que no ocurrirá nada, debido a incompatibilidad de hardware.
		2.3	Si el usuario acerca una etiqueta NFC compatible con el dispositivo, se realizará la lectura y escritura de etiqueta, mostrando un mensaje.
3	Leer etiqueta	3.1	Si el usuario realiza la lectura de etiqueta NFC con un dispositivo no compatible, no ocurrirá nada, debido a la incompatibilidad de hardware.
		3.2	Si el usuario realiza una lectura de etiqueta NFC con un dispositivo compatible, se realizará el despliegue de la página web grabada en la etiqueta.

En la figura 5.6 se refleja el caso de uso de la propuesta solución del proyecto presentado.

Figura 5.6 Diagrama de uso “Notificación NFC”

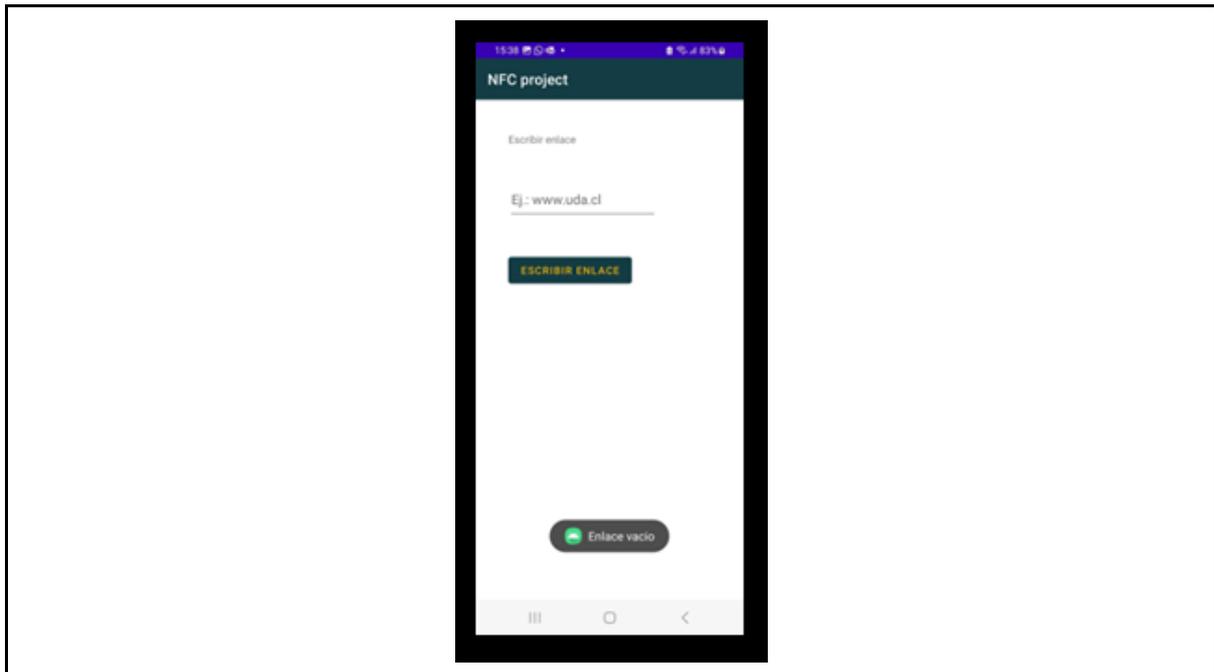


Al realizar el proceso de prueba del proyecto, se tomó en cuenta la Matriz de trazabilidad presentada en la figura 5.1 con el objetivo de probar las funcionalidades previamente descritas.

Para las pruebas de función de escritura de etiquetas, se harán uso de las etiquetas NTAG213, las cuales son compatibles con el dispositivo Samsung Galaxy A22, y las etiquetas MIFARE, las cuales son incompatibles para realizar una prueba de reacción a estas.

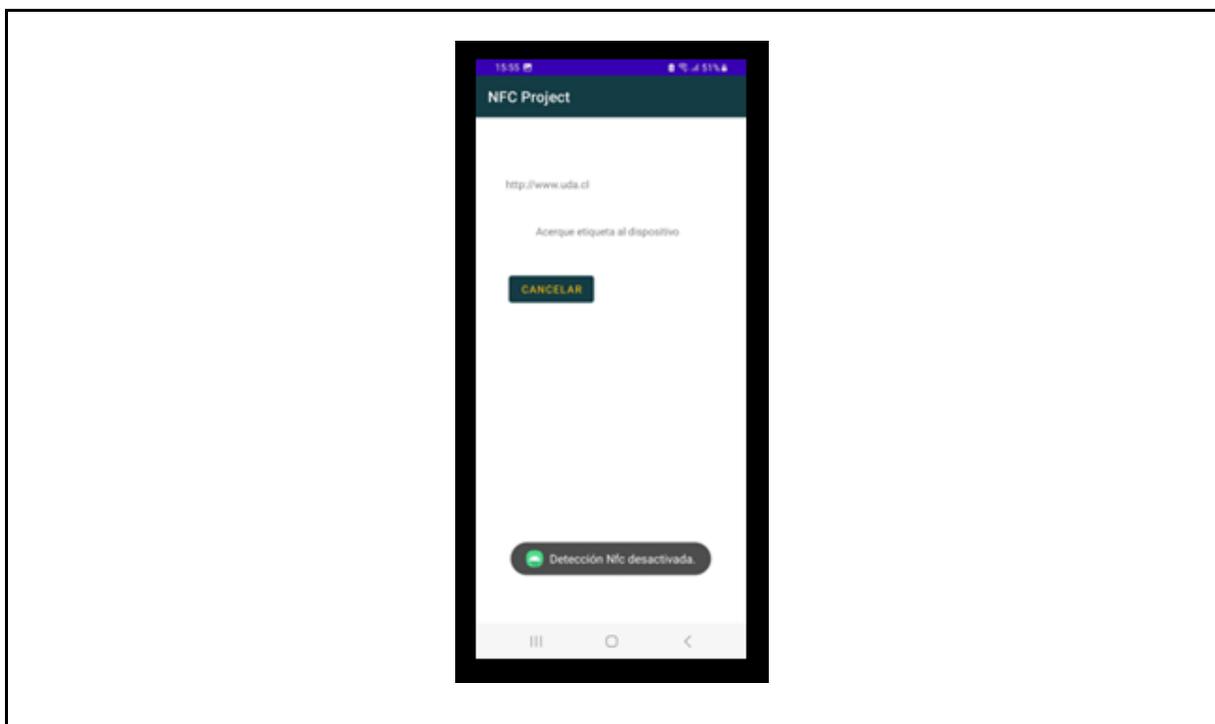
En la figura 5.7 se muestra el resultado de probar el punto 1.1 de la matriz de trazabilidad, mostrando el mensaje “Enlace vacío”, al no ingresar nada en el espacio en blanco.

Figura 5.7 Mensaje de “Enlace vacío”



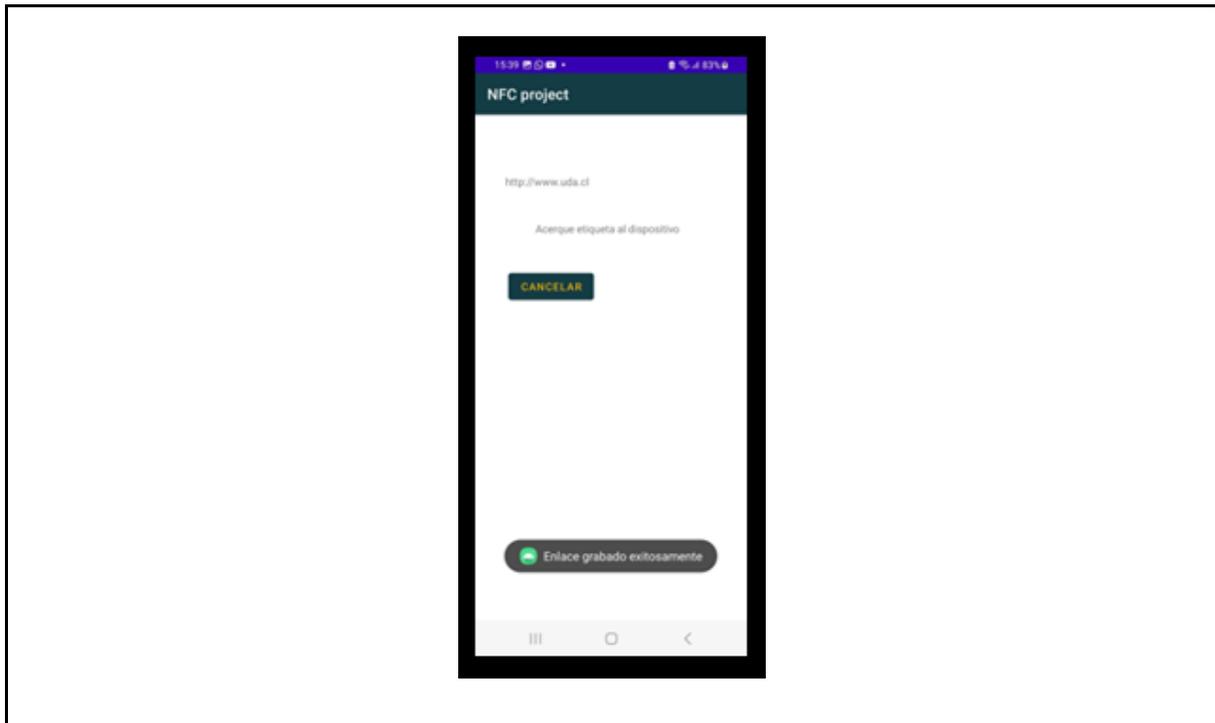
En la figura 5.8 se muestra el resultado del punto 2.2 de la matriz de trazabilidad, teniendo desactivada la detección NFC al ingresar a la ventana de lectura y escritura, luego de ingresar correctamente un enlace, mostrando el mensaje “Detección NFC desactivada”.

Figura 5.8 Mensaje de aviso de “Detección NFC desactivada”



En la figura 5.9 se ve el resultado del punto 2.3 al realizar una lectura y escritura de la etiqueta NFC compatible, mostrando el mensaje “Enlace grabado exitosamente”.

Figura 5.9 Mensaje de aviso de “Enlace grabado exitosamente”



Desgraciadamente, debido a que la incompatibilidad de dispositivos entre el lector NFC y la etiqueta MIFARE utilizada para esta prueba, no se produce reacción alguna por parte del dispositivo al ser incapaz de detectar una etiqueta NFC no compatible, por lo cual los puntos 2.2 y 3.2 no son visualizables.

5.3 Proyecto “Inventario NFC”

Una problemática bastante común es la de mantener un inventario ordenado debido al traslado constante de materiales, material de oficina, aseo o ingredientes de cocina, por lo cual es posible causar confusión de pertenencias o si el inventario no se encuentra actualizado. Un caso bastante común de esto es cuando un académico solicita material o implementos para realizar una clase, tales como proyectores para salas que no dispongan de estos, estos pueden quedar guardados en su oficina por error, o porque lo solicitará nuevamente. Otros casos pueden ser material solicitado por estudiantes como material de apoyo, como podrían ser documentos, libros, guías de estudio, tesis de estudiantes pasados, y que, al momento de regresarlos, quedan guardados en la oficina del académico al que se lo solicitó.

Como propuesta, se busca diseñar e implementar un sistema que permita el reconocimiento de un objeto (ítem) en inventario, así como mostrar información de este, siendo el propietario del ítem, características que tenga, y la ubicación donde debe

encontrarse normalmente.

Para el diseño de la propuesta, se realizó un prototipo de baja fidelidad, con el objetivo de tener una mejor comprensión de las necesidades del usuario al momento de hacer uso del sistema y reducir el tiempo de diseño del sistema.

Dado que el objetivo de esta propuesta de solución es reducir la complejidad de uso del sistema, se optó por realizar un diseño minimalista, empleando solo lo necesario para que el usuario entienda cómo funciona la aplicación y no se distraiga o confunda con otros elementos de diseño o funcionalidades.

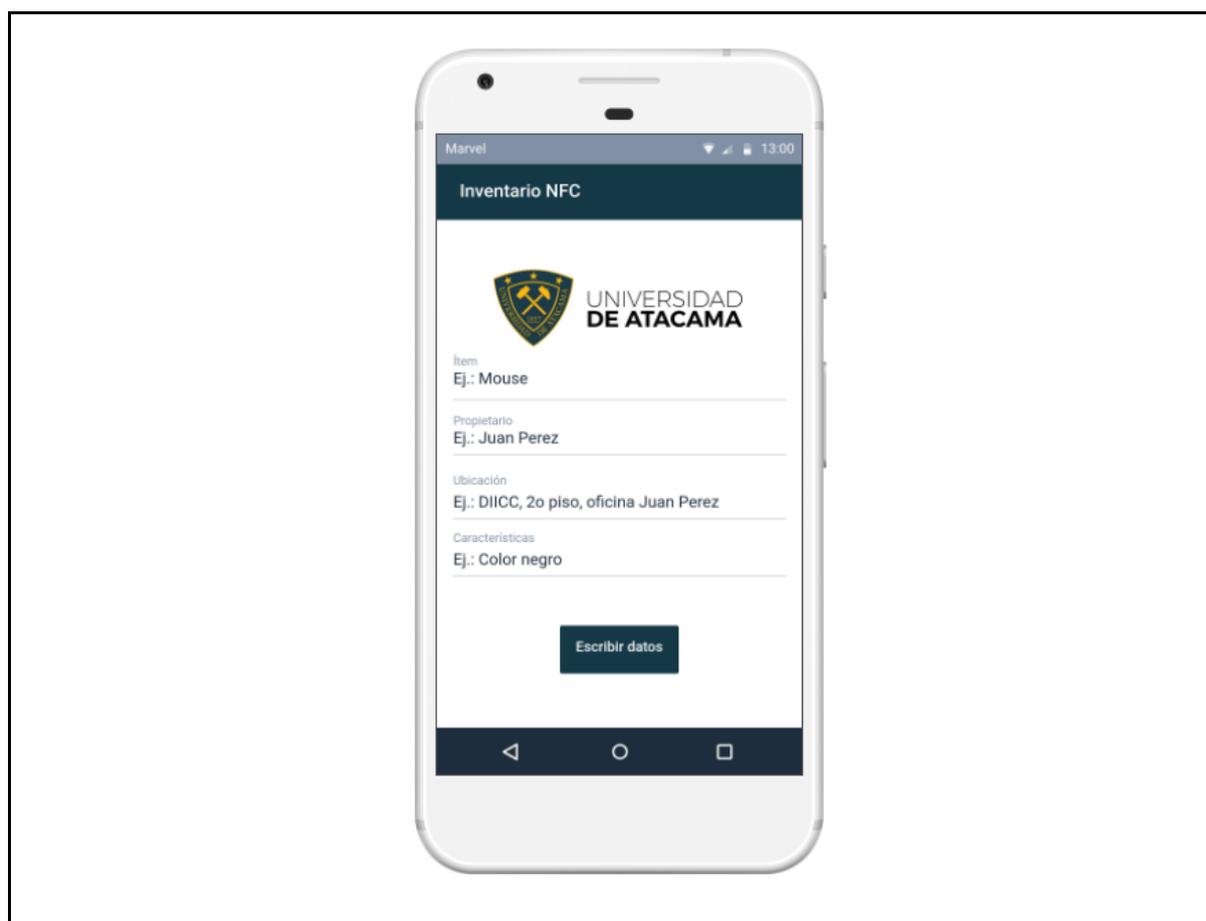
Al igual que en el punto anterior, 5.2.3, se realizó el diseño de propuesta con un modelo de baja fidelidad, con el objetivo de tener una idea base con la cual trabajar y reducir así el tiempo en su desarrollo posterior.

El prototipo realiza el proceso de escritura en una pantalla, en la cual primero es necesario escribir el nombre de la propiedad, el nombre del propietario de esta, el lugar donde se debe encontrar, y las características que pueda poseer, tales como el color, manchas, marcas por uso, entre otras.

Una vez rellena la información, se procede a presionar el botón “Escribir datos” para realizar la escritura de información de la etiqueta NFC al acercarla al dispositivo.

En la figura 5.10 se muestra el modelo de baja fidelidad diseñado para el proyecto de Inventario NFC.

Figura 5.10 Modelo de baja fidelidad de Inventario NFC



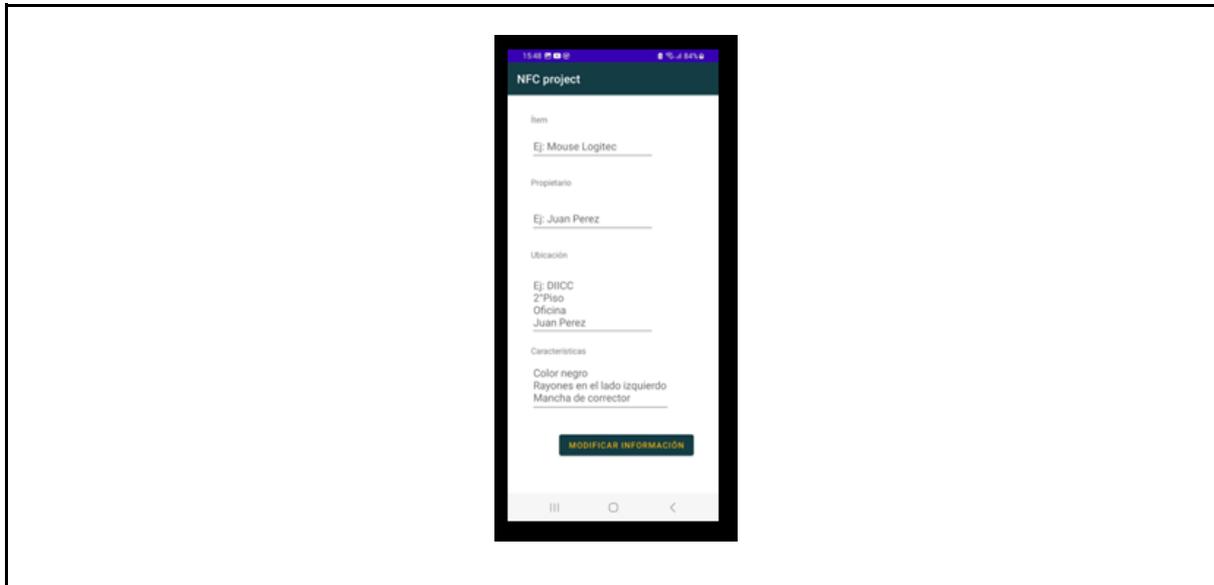
Sin embargo, al igual que en el punto anteriormente citado, debido a la realización de este modelo en etapas tempranas del desarrollo, se encontró con modificaciones debido a que existía la posibilidad de optimizarse o para evitar errores en su manejo.

Además de las problemáticas mencionadas anteriormente, se encontró con la problemática de que era necesario validar que había cuatro espacios a rellenar, por lo cual, en caso de que hubiese un espacio en blanco, habría que realizar una validación extra antes de realizar el proceso, de lo contrario, la etiqueta podría terminar con datos en blanco al realizar el proceso de lectura y escritura.

Para este caso, tal y como se muestra en el modelo de baja fidelidad, se debe completar con los datos del objeto propiedad (ítem), el dueño (propietario), la ubicación donde se debería encontrar (ubicación), y características que posea (características), pero como diferencia, en lugar de realizar la lectura en la misma pantalla, se realizará en otra pantalla al presionar un botón. En caso de que, al presionar el botón, haya un dato faltante a rellenar, se mostrará un mensaje en pantalla que impida el paso, indicando que debe realizar este proceso correctamente antes de continuar.

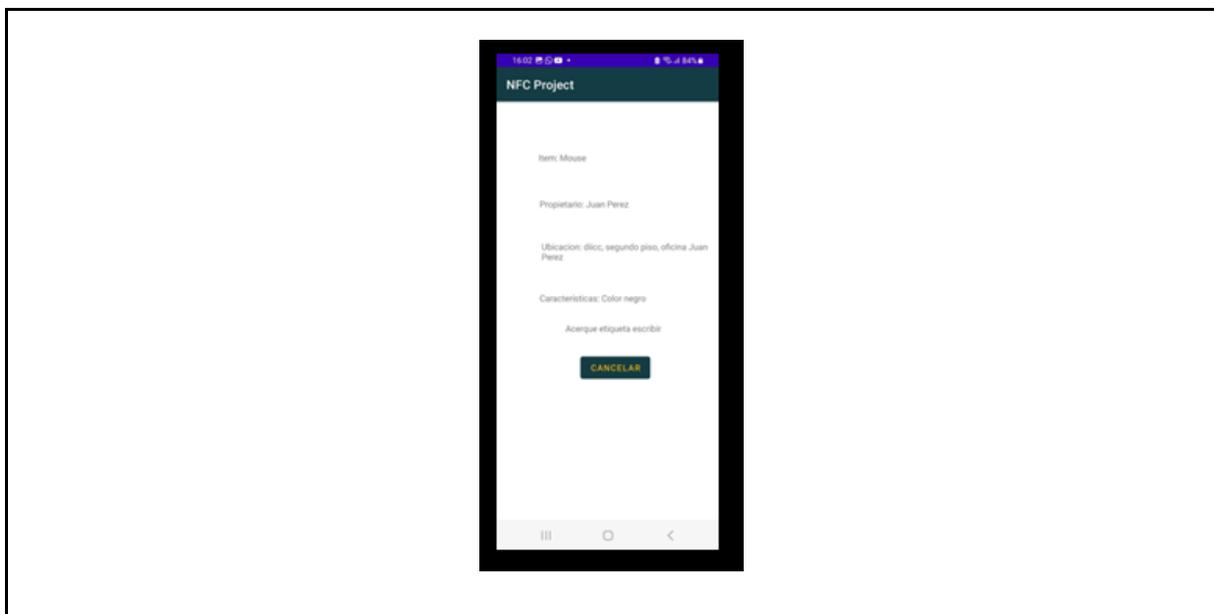
En la figura 5.11 se muestra la ventana en la cual el usuario debe ingresar los datos solicitados del objeto propiedad, para posteriormente pasar a la ventana de lectura y escritura.

Figura 5.11 Ventana de “Ingreso de datos”



En la figura 5.12 se muestra la ventana encargada de realizar la lectura y escritura de etiqueta NFC.

Figura 5.12 Ventana de “Escritura de información”



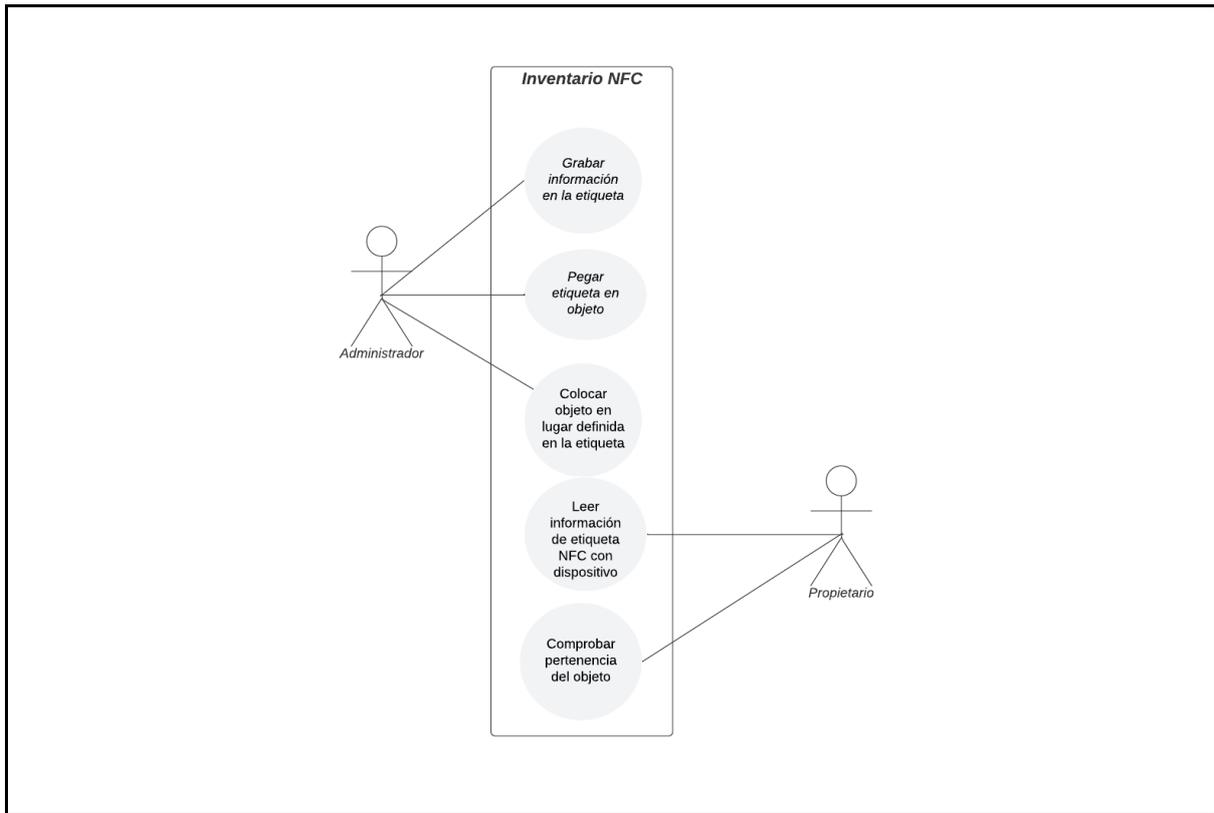
En la tabla 5.2 se muestra la matriz de trazabilidad para esta propuesta de proyecto.

Tabla 5.2 Matriz de trazabilidad “Inventario NFC”

N°	Función	Prueba	Caso de prueba
1	Ingresar datos	1.1	Si el usuario no ingresa nada, se mostrará un mensaje de “Llenar toda la información”, impidiendo su avance
		1.2	Si el usuario rellena los espacios, se avanzará a la siguiente pantalla
2	Escribir datos en la etiqueta	2.1	Si el usuario no posee la detección NFC activada en su dispositivo, se mostrará un mensaje de “Detección NFC desactivada”
		2.2	Si el usuario acerca una etiqueta NFC no compatible con el dispositivo, la lectura no podrá realizarse, por lo que no ocurrirá nada, debido a incompatibilidad de hardware.
		2.3	Si el usuario acerca una etiqueta NFC compatible con el dispositivo, se realizará la lectura y escritura de etiqueta, mostrando un mensaje “Datos grabados exitosamente”.
3	Leer etiqueta	3.1	Si el usuario realiza la lectura de etiqueta NFC con un dispositivo no compatible, no ocurrirá nada, debido a la incompatibilidad de hardware.
		3.2	Si el usuario realiza una lectura de etiqueta NFC con un dispositivo compatible, se mostrará en pantalla los datos del objeto.

En la figura 5.13, se presenta el caso de uso de la propuesta de proyecto presentado.

Figura 5.13 Casos de uso de “Inventario NFC”

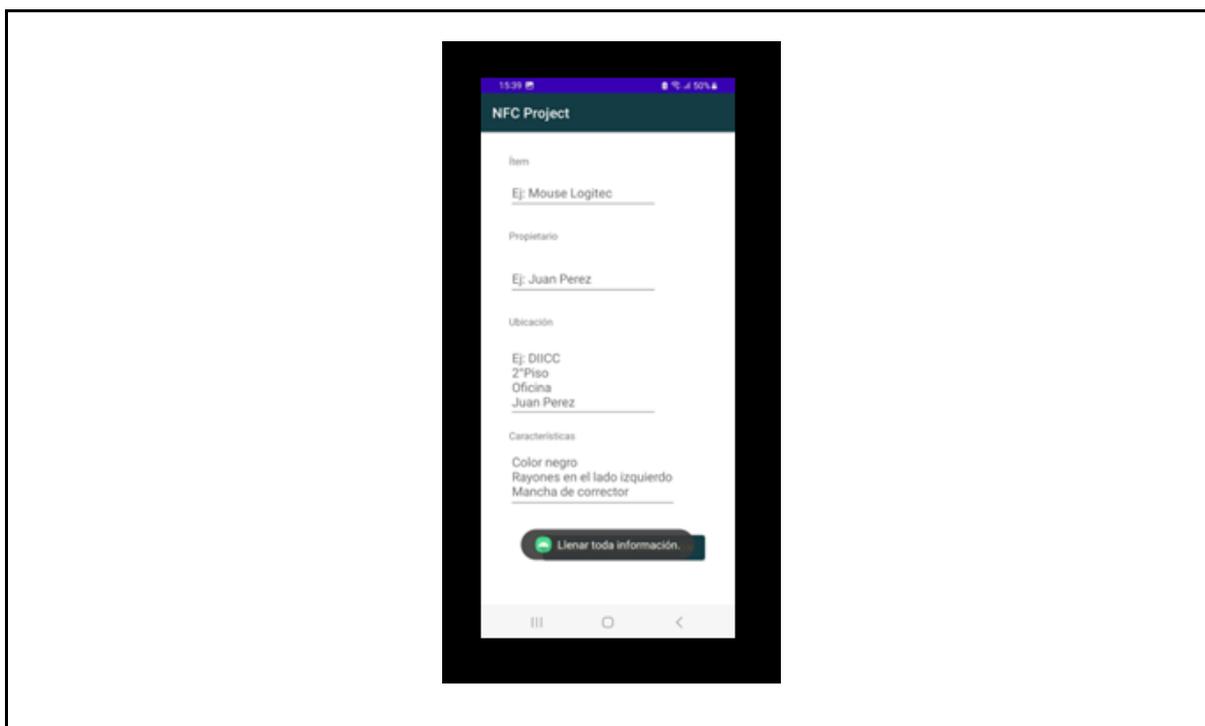


A continuación, se pasará a presentar las distintas pruebas de funcionalidades tomando de referencia la Matriz de trazabilidad presentada anteriormente en la tabla 5.3.

Para las pruebas de función de escritura de etiquetas, se harán uso de las etiquetas NTAG213, las cuales son compatibles con el dispositivo Samsung Galaxy A22, y las etiquetas MIFARE, las cuales son incompatibles para realizar una prueba de reacción a estas.

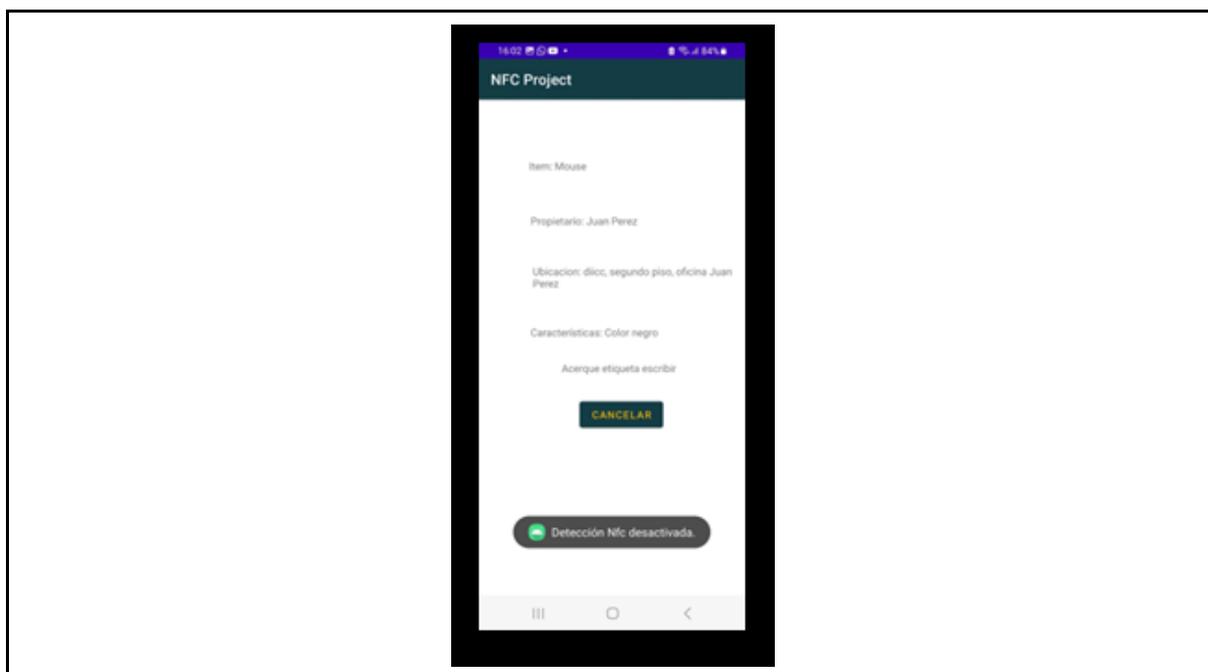
En la figura 5.14 se muestra el resultado de realizar el punto 1.1 de la matriz de trazabilidad, al tratar de avanzar a la ventana de lectura y escritura de etiqueta NFC, sin haber completado uno o más espacios vacíos, mostrando el mensaje “Llenar toda la información”.

Figura 5.14 Mensaje “Llenar toda la información”



En la figura 5.15 se muestra el resultado de realizar la prueba del punto 2.1 de la matriz de trazabilidad, al ingresar a la ventana de lectura y escritura de etiqueta NFC mientras se mantiene la detección NFC desactivada, mostrando el mensaje “Detección NFC desactivada”.

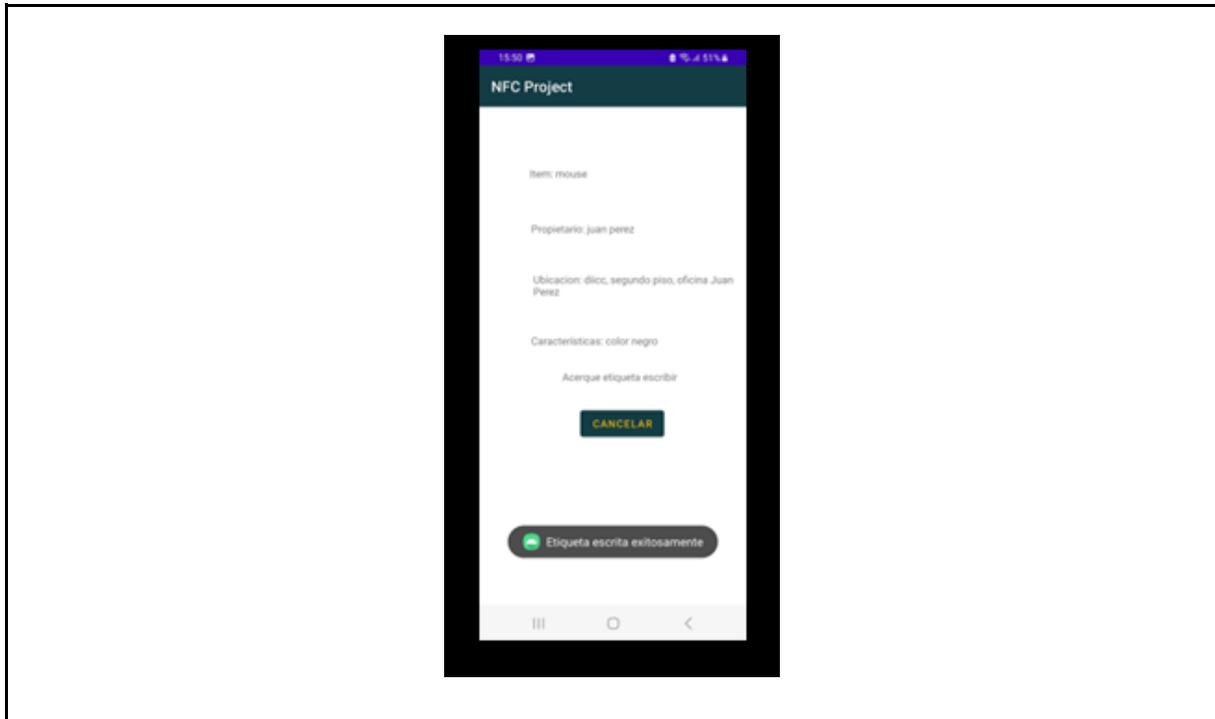
Figura 5.15 Mensaje “Detección NFC desactivada”



En la figura 5.16 se muestra el resultado de probar la funcionalidad del punto 2.3 al

realizar la lectura de una etiqueta NFC compatible, mostrando el mensaje “Etiqueta escrita exitosamente”.

Figura 5.16 Mensaje “Etiqueta escrita exitosamente”



Debido a lo mencionado anteriormente en el punto 5.2 no es posible obtener una captura de pantalla que demuestre un cambio visible por pantalla al realizarse las acciones señaladas en los puntos 2.2 y 3.1 de la Matriz de trazabilidad.

5.4 Proyecto “Contacto NFC”

Una constante problemática entre estudiantes y académicos, es el hecho de que la comunicación fuera de clases puede ser accidentada, debido a que muchas veces no se tiene constancia del horario de atención del académico, por lo cual es muy común que este no se encuentre cuando un estudiante se dirige a su oficina, un caso muy común en estudiantes de plan común. Otro punto que refuerza esta dificultad para comunicarse, es que no se posea el correo de dicho académico para poder realizar consultas, o realizar informes acerca de alguna cancelación de última hora, o atrasos.

Para solucionar dicha problemática, se hizo uso del método de crear una tarjeta de contacto virtual, que posea los datos del académico, y grabarla en una etiqueta NFC, para posteriormente ubicarla en la puerta de la oficina del académico, de esta forma, permitiendo que estudiantes tengan acceso a los datos de contacto de manera asegurada para realizar consultas sin problemas. Esta propuesta nace a partir del proyecto “Notificaciones de

llegada”, que debido a limitaciones de memoria de las etiquetas NFC utilizadas, no fue posible desarrollar dicha funcionalidad, dado que el espacio de memoria de estas no fue suficiente para poder almacenar una acción programada, así como tampoco un contacto directo de WhatsApp¹⁹, por lo que esta propuesta nace como respuesta paralela.

Siguiendo el proceso de las propuestas anteriores, se comenzó realizando un modelo de baja fidelidad para esta solución, buscando una base trabajable, con la finalidad de optimizarla en versiones futuras.

Este prototipo muestra en pantalla tres espacios en blanco para llenar con la información solicitada, siendo el nombre del académico, su número de contacto y el correo institucional del mismo.

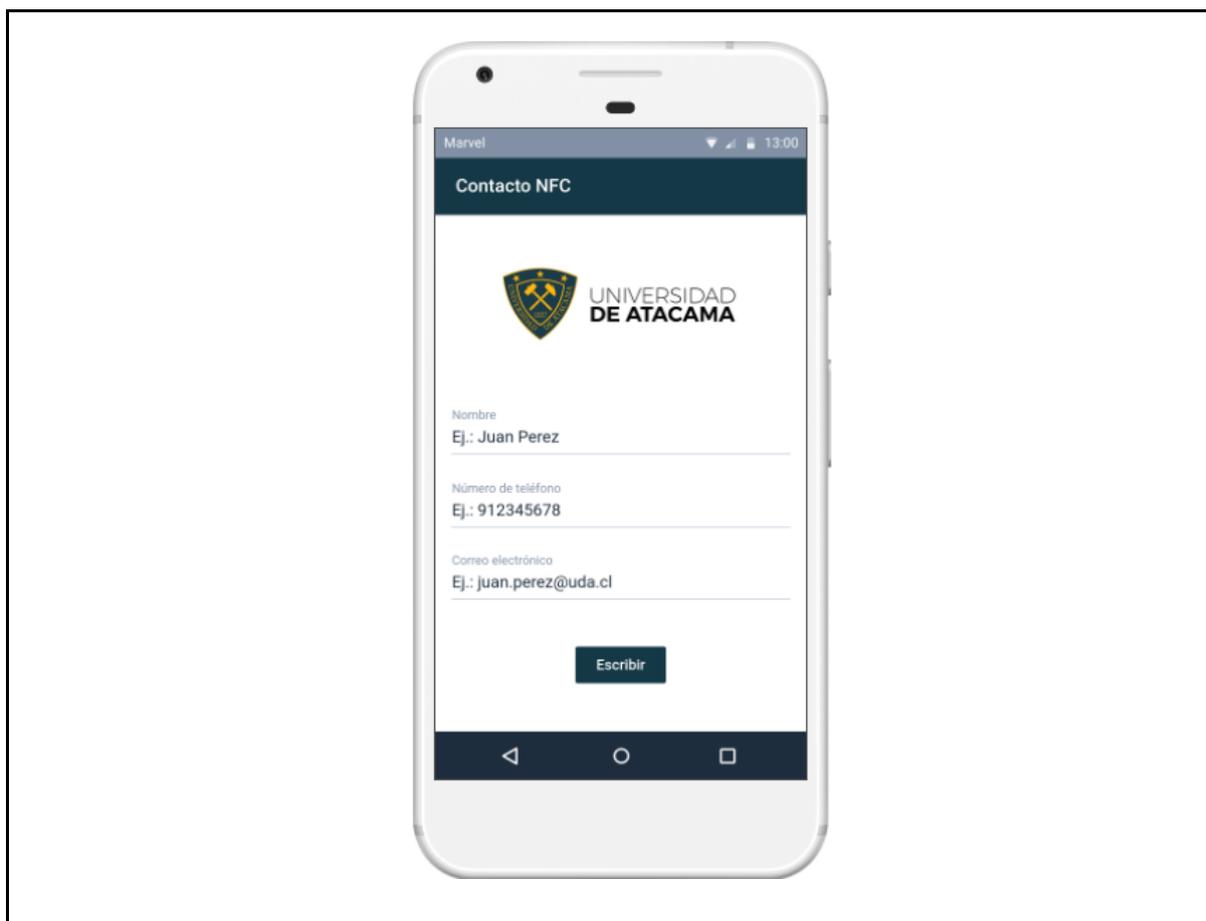
Una vez completado el proceso, se procede a presionar el botón para realizar la lectura y escritura de etiqueta NFC.

Sin embargo, al igual que los proyectos anteriormente mencionados, debido al tamaño del dispositivo trabajado, el prototipo se modificó de manera que este proceso se realizara en dos pantallas distintas, a causa de que la mano podía modificar los datos de escritura antes de realizar el proceso, entorpeciendo el proceso de validación de la información requerida.

En la figura 5.17 se muestra el prototipo de baja fidelidad desarrollado inicialmente para el proyecto Contacto NFC.

¹⁹ Software de mensajería para dispositivos móviles

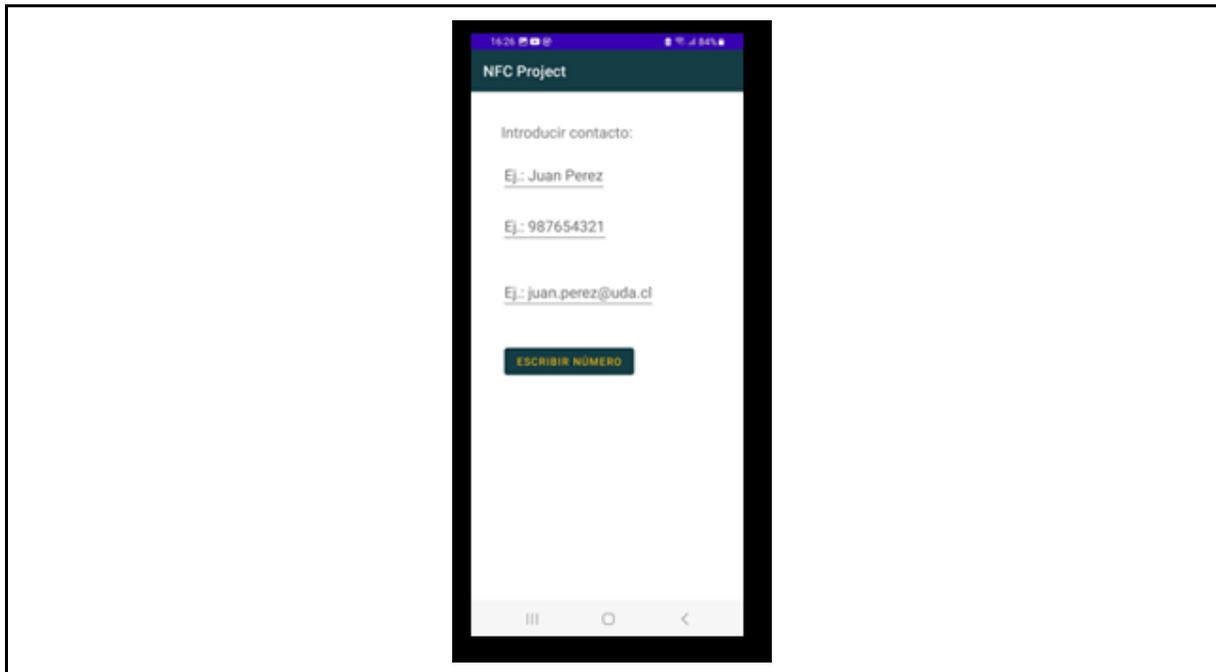
Figura 5.17 Modelo de baja fidelidad de Contacto NFC



La propuesta solución se planificó de tal manera que fuera esencial que la información grabada en la etiqueta NFC fuera la necesaria para que un estudiante pudiese ponerse en contacto con un académico, por lo cual se planteó como una tarjeta de identificación virtual que contuviese dicha información, para que posteriormente esta se grabase como un contacto dentro del teléfono u otro dispositivo; siendo esta información requerida el nombre del académico, su número de teléfono y su correo electrónico, por lo que si alguno de estos datos falta, o si el número es rellenado de forma errónea, se mostrará un mensaje pidiendo que se rellene la información o que se corrija el número, impidiendo su avance; en caso contrario, se desplazará a la pantalla de detección, de forma que solo basta acercar el dispositivo a la etiqueta NFC, para que se realice la escritura del contacto.

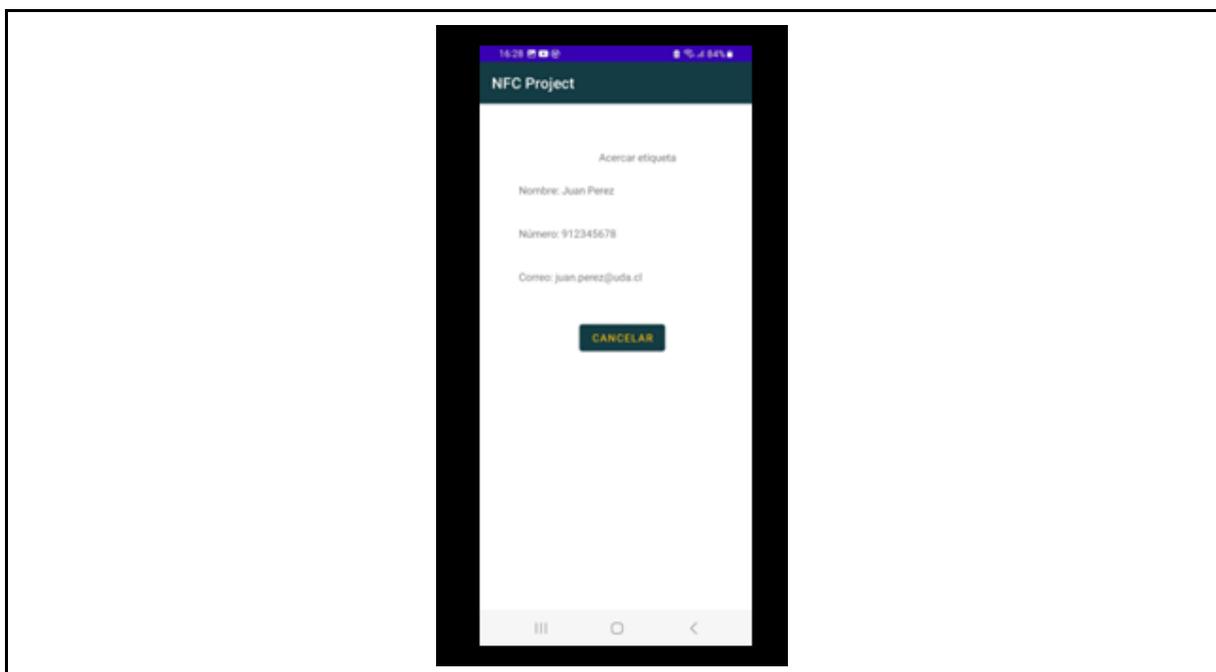
En la figura 5.18 se muestra la ventana de ingreso de datos del contacto, para posteriormente pasar a la ventana de lectura y escritura NFC.

Figura 5.18 Ventana de “Escritura de información”



En la ventana 5.19 se muestra la ventana de lectura y escritura de etiqueta NFC.

Figura 5.19 Ventana de “Escritura del contacto”



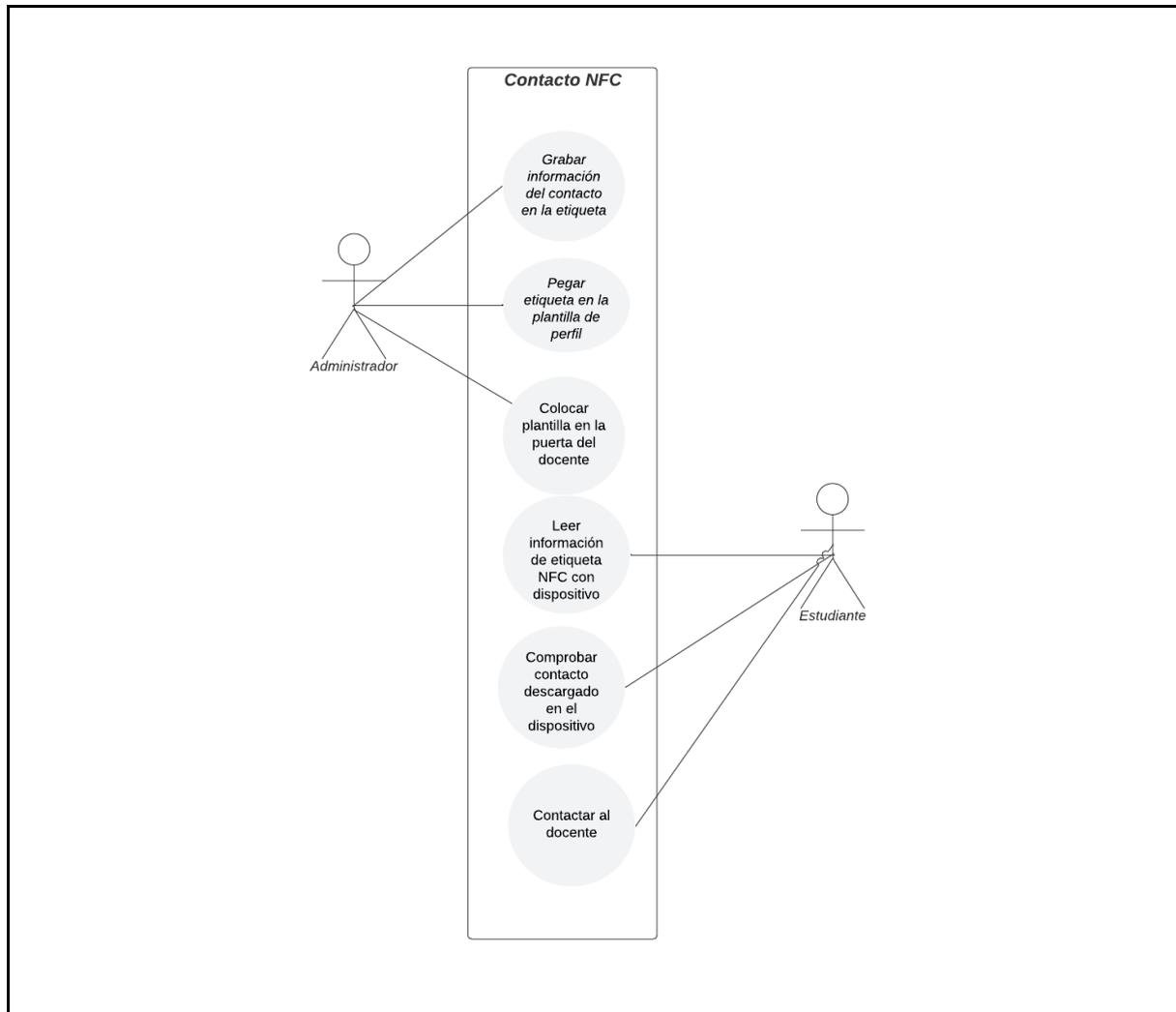
En la tabla 5.3 se muestra la matriz de trazabilidad para este proyecto.

Tabla 5.3 Matriz de trazabilidad “Contacto NFC”

N°	Función	Prueba	Caso de prueba
1	Ingresar contacto	1.1	Si el usuario no rellena todas las casillas, se mostrará un mensaje “Rellenar toda la información requerida” impidiendo el avance de la aplicación.
		1.2	Si el usuario no completa la casilla de número telefónico con la cantidad de caracteres correctos, se mostrará un mensaje “Longitud de número incorrecta”, impidiendo su avance.
		1.3	Si el usuario rellena todas las casillas de forma correcta, entonces se avanzará a la siguiente ventana.
2	Escritura de contacto	2.1	Si el usuario no posee la detección NFC activada en su dispositivo, se mostrará un mensaje de “Detección NFC desactivada”
		2.2	Si el usuario acerca una etiqueta NFC no compatible con el dispositivo, la lectura no podrá realizarse, por lo que no ocurrirá nada, debido a incompatibilidad de hardware.
		2.3	Si el usuario acerca una etiqueta NFC compatible con el dispositivo, se realizará la lectura y escritura de etiqueta, mostrando un mensaje “Contacto grabado exitosamente”.
3	Lectura de etiqueta	3.1	Si el usuario realiza la lectura de etiqueta NFC con un dispositivo no compatible, no ocurrirá nada, debido a la incompatibilidad de hardware.
		3.2	Si el usuario realiza una lectura de etiqueta NFC con un dispositivo compatible, se descargará el contacto en su dispositivo.

En la figura 5.20 se refleja el caso de uso de la propuesta solución del proyecto presentado.

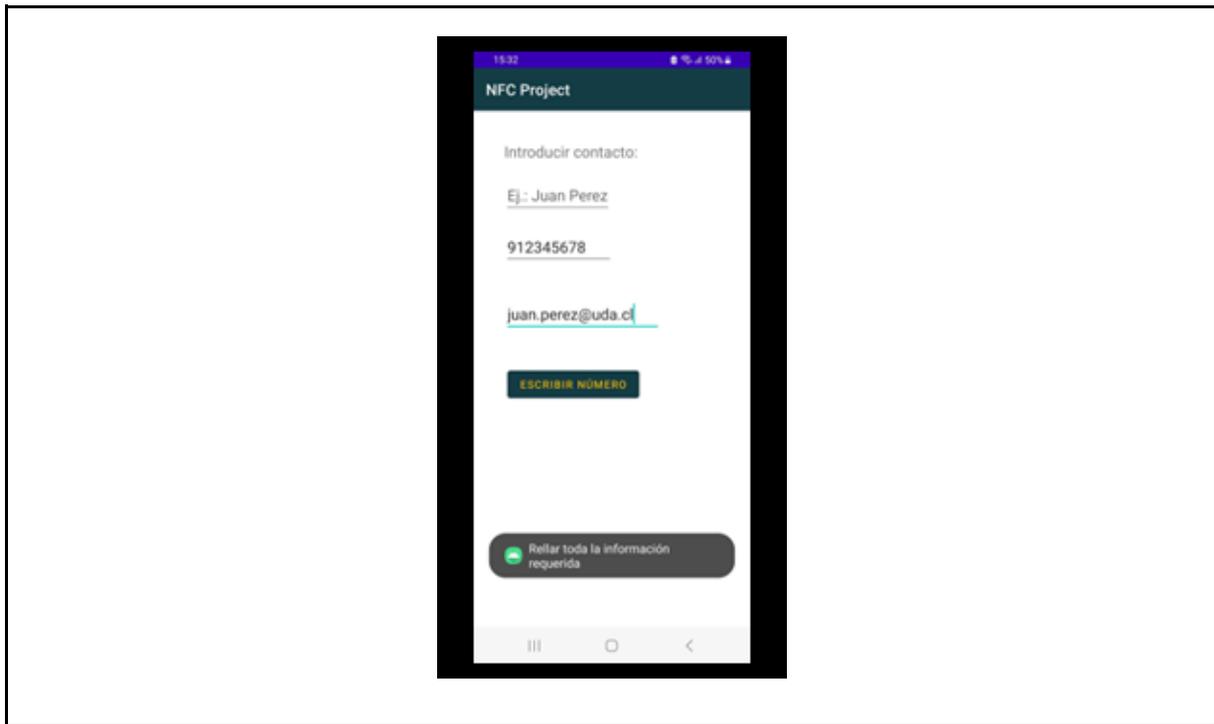
Figura 5.20 Diagrama de casos de uso "Contacto NFC"



De igual forma que en los proyectos anteriores, se demostrará a continuación las pruebas de funcionalidad tomando en cuenta la Matriz de trazabilidad de la tabla 5.4.

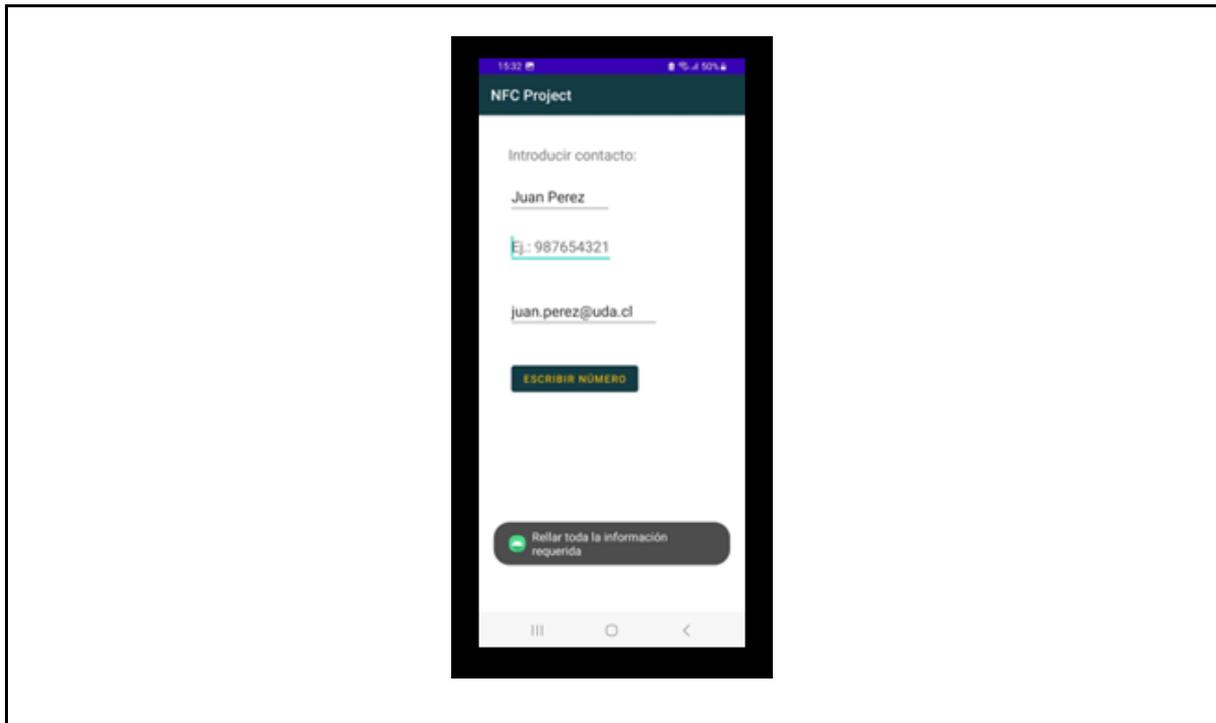
En la figura 5.21 se muestra el resultado de probar el punto 1.1 de la matriz de trazabilidad al tratar de avanzar a la siguiente pantalla sin ingresar al menos un dato en los espacios en blanco, mostrando el mensaje "Rellenar toda la información requerida".

Figura 5.21 Mensaje “Rellenar toda la información requerida”



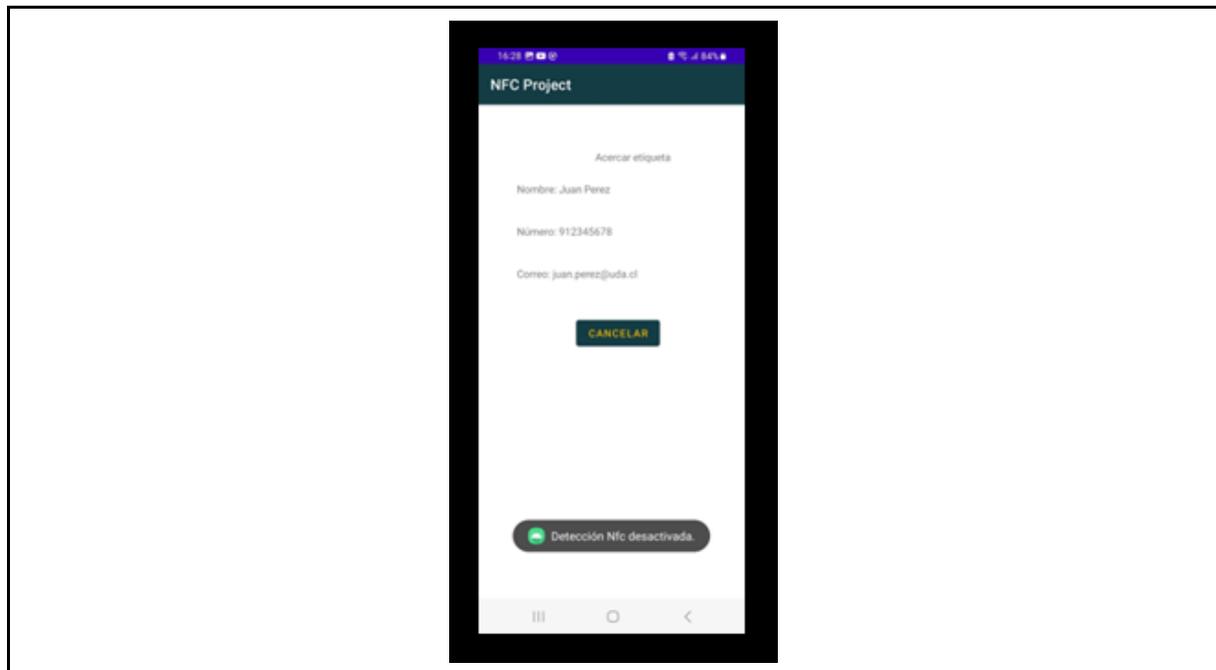
En la figura 5.22 se muestra el resultado de probar el punto 1.2 de la tabla de trazabilidad al tratar de avanzar a ventana de lectura y escritura de etiqueta NFC habiendo ingresado un número de longitud distinta de nueve números, mostrando el resultado “Longitud de número incorrecta”.

Figura 5.22 Mensaje “Longitud de número incorrecta”



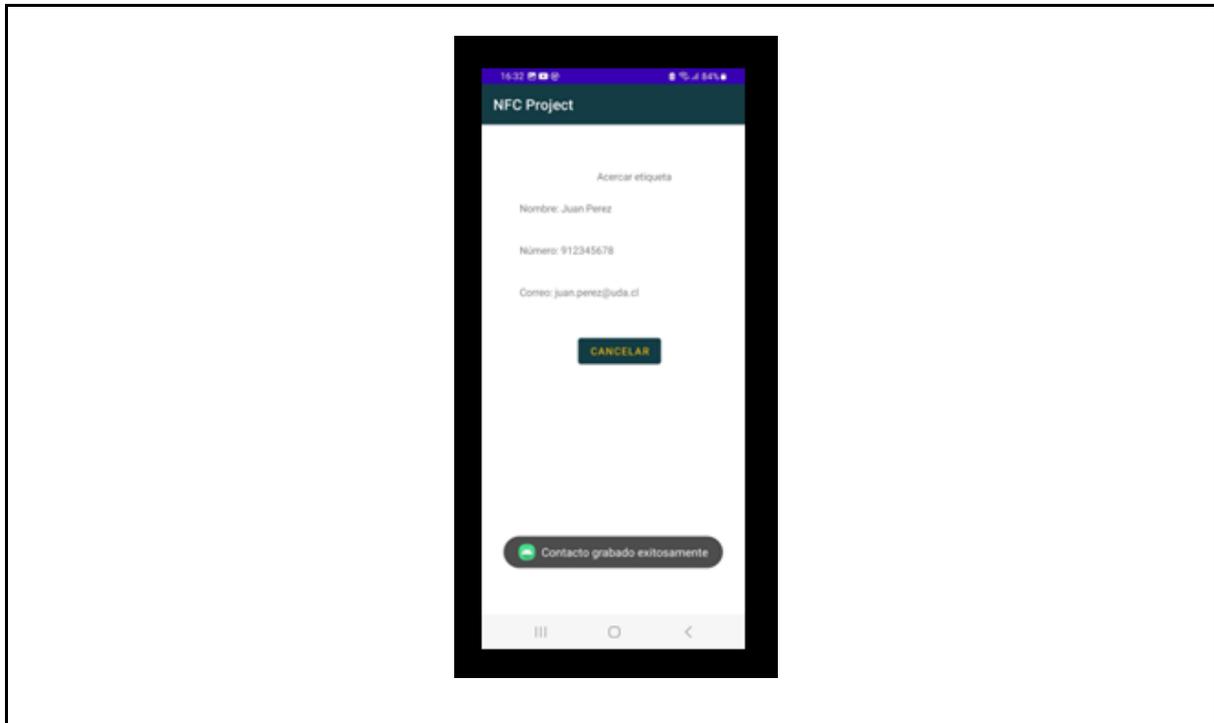
En la figura 5.23 se muestra la prueba del punto 2.1 de la matriz de trazabilidad habiendo ingresado a la ventana de lectura y escritura de etiqueta NFC mientras se encuentra la detección NFC desactivada, mostrando el mensaje “Detección NFC desactivada”.

Figura 5.23 Mensaje “Detección NFC desactivada”



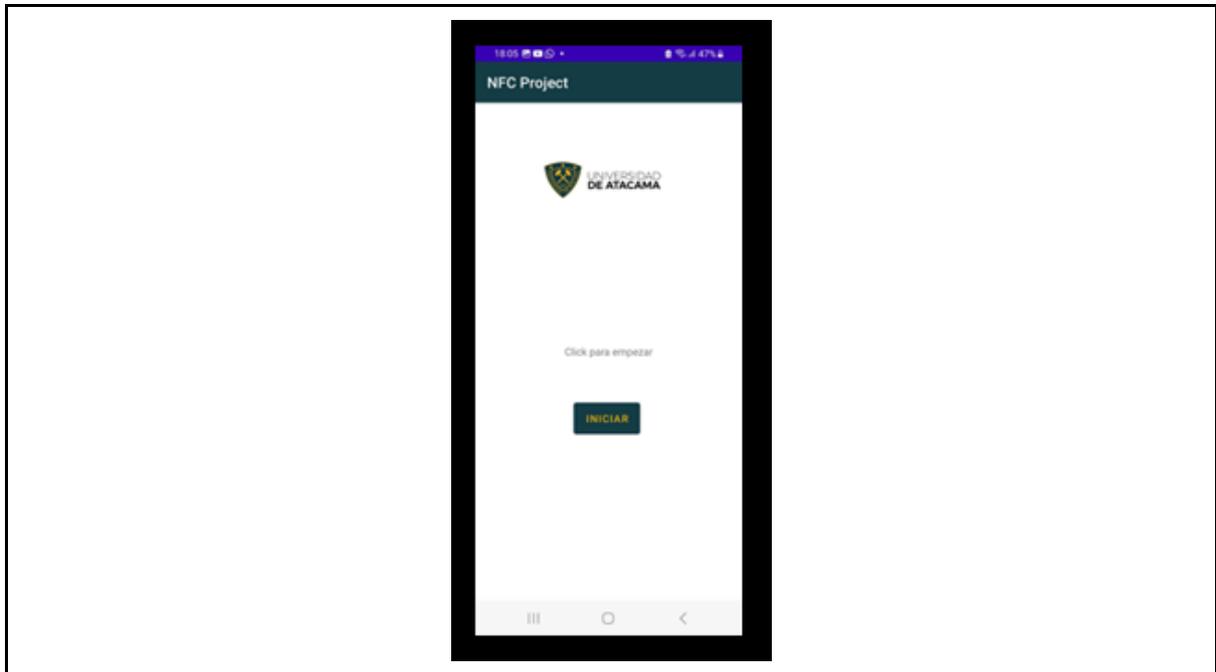
En la figura 5.24 se muestra el resultado de probar el punto 2.3 de la matriz de trazabilidad al acercar una etiqueta NFC compatible al dispositivo para realizar la lectura y escritura de la lectura NFC, mostrando el mensaje “Contacto grabado exitosamente”.

Figura 5.24 Mensaje “Contacto grabado exitosamente”



La figura 5.25 muestra la ventana de bienvenida del *software*, para poder pasar al menú principal.

Figura 5.25 Ventana de “Bienvenida”



Capítulo 6 Conclusiones

6.1 Respecto a los objetivos

Se puede decir que los objetivos a alcanzar durante el desarrollo de este proyecto han sido cumplidos de manera satisfactoria, al haber podido realizar un estudio general bastante completo en lo que respecta a la tecnología NFC, comenzando por su evolución a través de los años, así como también el hecho de que se ha podido ver las bondades que esta tecnología posee en las distintas áreas que ha cubierto, y que puede cubrir, debido a su flexibilidad a la hora de implementarse, siendo limitada únicamente por la capacidad que tengan los dispositivos para llevar a cabo las tareas a realizar.

Las posibles implementaciones de estos proyectos propuestos, permitirán que esta tecnología pueda desarrollarse aún más a medida que el tiempo pase, y que con cada nuevo avance, la misma pueda volverse un elemento común dentro de la vida diaria de estudiantes, académico y futuros profesionales, así como también, personas que no tengan un dominio profundo de esta y otras tecnologías, permitiendo así que esta deje de estar disponible solo para un pequeño grupo en el país como lo es actualmente, sino que sea posible que cualquier persona pueda tener acceso a esta a través de cualquier dispositivo.

6.1 Respecto a las aplicaciones NFC desarrolladas

Debido a la naturaleza del proyecto, al ser pensado para desarrollarse como un *software* en una plataforma móvil, este fue capaz de abarcar más objetivos de los que se tenía contemplado originalmente, debido a la flexibilidad que podía proporcionar la tecnología implementada, dentro de las restricciones y limitantes con las cuales se encontraba, lo cual fue un gran desafío, así como también una gran oportunidad para aprender, por lo cual se puede decir que el proyecto ha evolucionado más allá de lo que inicialmente se tenía previsto, y con un amplio margen de mejora, así como también, se puede considerar como un primer paso para lo que vendría siendo nuevos proyectos.

En cuanto a las funcionalidades de cada proyecto propuesto, “Notificación NFC”, “Inventario NFC”, “Contacto NFC”; cada propuesta a desarrollar pudo cumplir sin problemas con lo esperado para cada problemática planteada, dentro de lo posible con las limitantes que el hardware utilizado posee. Notablemente el caso de “Notificación NFC” e “Inventario NFC”, donde a pesar de la limitada memoria que las etiquetas NTAG 213 poseen, resultaron siendo proyectos flexibles al poder grabar la información necesaria dentro de las etiquetas. Sin embargo, en el caso de “Contacto NFC”, es un hecho que las limitaciones de memoria de

estas etiquetas dificultaron el poder implementar la función originalmente planteada, pero que, a su manera, dio lugar a una funcionalidad más flexible para implementar y que a futuro puede expandirse a otros campos.

6.1 Trabajos Futuros

El proyecto puede adaptarse y evolucionar en una gran cantidad de proyectos, por lo cual es esperable que este pueda influir de manera positiva en otras áreas además de las cuales se planteó originalmente su uso. “Notificación NFC”, se puede expandir al ámbito de la publicidad al incluir estas etiquetas en carteles o posters ubicados en eventos especiales, como charlas o convenciones, donde al escanear estas etiquetas, muestren los horarios y eventos, o enviarlos a la página web del evento en sí, además de que si se decide utilizar etiquetas de la serie MIFARE, las cuales son más resistentes al ambiente, a diferencia de la serie de etiquetas NTAG, es posible incluso ponerlas en las puertas exteriores del edificio y llamar la atención de transeúntes que se vean interesados en participar, además de otros usos como conocer el horario de atención de ciertas facultades de la institución, como podría ser Bienestar estudiantil, Tesorería, etc.; “Inventario NFC” es otro que, de llegar a expandirse, puede orientarse a objetos de bodega, que no tienen un dueño, sino que son objetos de utilería de la propia institución, y que al incluirse una etiqueta NFC, puede fácilmente organizarse mejor en caso de que estos terminen desplazándose por error. Finalmente, “Contacto NFC”, dado lo flexible que es al poder crear un contacto para realizar avisos, también funciona como una carta de presentación del académico para ser utilizadas en reuniones sociales, al permitir que otros escaneen la etiqueta y obtener un contacto nuevo para posibles nuevos socios, o colaboradores para eventos.

Otros usos que esta tecnología puede expandirse son promociones especiales al redireccionar a una página web que solo se puede ingresar a través de la etiqueta, la cual puede desbloquear contenido único; identificación con acceso a ciertas áreas facilitando la restricción a ciertos lugares, mejorando la seguridad; almacenamiento de bienes en bodega, para comprobar la cantidad de inventario disponible y evitar pérdidas en caso de traslado; y así como demás campos.

Finalmente, en comparación otras tecnologías con las que se les suele comparar, el código QR siendo uno de ellos, esta tecnología tiene la ventaja de ser más intuitiva, ya que el único requerimiento es que la función de detección NFC esté activa, la cual puede estar en ese estado incluso suspendida, y todo lo que hay que hacer es acercar el dispositivo a una etiqueta NFC u otro dispositivo habilitado NFC, mientras que por el lado del QR, este tiene que tener activa la cámara para realizar su función, además que si la cámara está dañada,

como podría ser que esté trizada, raspada, o no enfoque correctamente, el proceso de detección será más lento.

Referencias

- [1] *Teléfonos y tablets compatibles con las etiquetas NFC - Shop NFC.* (s. f.). <https://www.shopnfc.com/es/content/7-telefonos-y-tabletas-compatibles-con-etiquetas-nfc#samsung>
- [2] (S/f). Ripley.cl. Recuperado el 8 de octubre de 2023, de <https://simple.ripley.cl/smartphone-samsung-galaxy-j5-6-16gb-negro-mpm00009103894?s=mdco>
- [3] Payment Media. (s/f). *El NFC llega a Chile.* Payment Media. Recuperado el 22 de noviembre de 2023, de <https://www.paymentmedia.com/news-190-el-nfc-llega-a-chile.html>
- [4] Limited, A. (s. f.). *Un NFC y QR code en una parada de autobús en Londres para obtener la siguiente información del bus.* Alamy images. <https://www.alamy.es/un-nfc-y-qr-code-en-una-parada-de-autobus-en-londres-para-obtener-la-siguiente-informacion-del-bus-image212544320.html>
- [5] *Teléfonos y tablets compatibles con las etiquetas NFC - Shop NFC.* (s. f.). <https://www.shopnfc.com/es/content/7-telefonos-y-tabletas-compatibles-con-etiquetas-nfc#samsung>
- [6] Fernández, Y. (2019, octubre 1). *Cómo activar y desactivar el NFC en tu móvil.* Xataka.com; Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/como-activar-y-desactivar-el-nfc-en-tu-movil>
- [7] (6.13€ 19% de DESCUENTO)|Lector de tarjetas inteligente NFC, escritor, copiadora RFID, duplicador, 13,56 MHz, programador USB, tarjeta IC UID S50 MF ISO14443A|Lectores de tarjetas de control| - AliExpress, s. f.)
- [8] Alexis, L. (2014, agosto 5). *Tecnología NFC.* Monografias.com. <https://www.monografias.com/trabajos101/tecnologia-nfc/tecnologia-nfc>
- [9] *Member companies.* (s/f). Nfc-forum.org. Recuperado el 1 de agosto de 2022, de <https://nfc-forum.org/about/member-companies>
- [10] Nfc-forum.org. Recuperado el 16 de junio de 2022, de https://nfc-forum.org/img/logo-white.svg?_chcid=6a010d835c0427fce4005d32e3842279
- [11] Icons8.Com. Retrieved June 16, 2022, from <https://img.icons8.com/small/512/nfc-logo.png>
- [12] Fernández, S. (2018, agosto 15). *El origen del NFC, la variante del RFID que se ha convertido en la llave para los pagos móviles.* Xatakamovil.com; Xataka Móvil.
- [13] *Exito en una prueba piloto de NFC en Sitges.* (2011, enero 10). Xatakamovil.com; Xataka Móvil. <https://www.xatakamovil.com/conectividad/exito-en-una-prueba-piloto-de-nfc-en-sitgeshttps://www.xatakamovil.com/conectividad/origen-nfc-variante-rfid-que-se-ha-convertido-llave-para-pagos-moviles>
- [14] Wikipedia contributors. (s/f). *Google Pay Send.* Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Google_Pay_Send&oldid=141038232
- [15] *Un Chip NFC.... en un sello de correos.* (2013, mayo 30). Wordpress.com. <https://chipsnfc.wordpress.com/2013/05/30/un-chip-nfc-en-un-sello-de-correos/>
- [16] (S/f-b). Espanol.news. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://espanol.news/nueva-zelanda-prueba-las-etiquetas-nfc-para-el-seguimiento-de-covid-19/>

- [17] Andrés, R. (2017, febrero 8). *Qué es NFC Móvil, cómo funciona y qué puedes hacer con él*. ComputerHoy. <https://computerhoy.com/tutoriales/tecnologia/nfc-movil-como-funciona-puedes-hacer-223388>
- [18] *El RFID impide el desabastecimiento y las colas en supermercados por el Covid-19*. (s/f). Retailactual.com. Recuperado el 5 de agosto de 2022, de <https://www.retailactual.com/noticias/20200319/stock-supermercados-abastecimiento-rfid-coronavirus>
- [19] *Guía para principiantes de NFC: Todo lo que necesita saber sobre NFC - Xinyetong*. (s. f.). Xinyetong. <https://www.asiarfid.com/es/what-is-nfc.html>
- [20] Gómez, S.C. (2017) Control de asistencia mediante técnicas NFC [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/44943/1/TFG_SERGIO_CONDE_MURO.pdf
- [21] *Cómo elegir la etiqueta NFC*. (s/f). Shopnfc.com. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de <https://www.shopnfc.com/es/content/11-como-elegir-la-etiqueta-nfc>
- [22] Castelán, J., Castelán, J., & Castelán, J. (2022, 1 agosto). *¿Qué es la tecnología NFC? - Talently*. Talently Blog. <https://talently.tech/blog/que-es-la-tecnologia-nfc/>
- [24] *Ventajas y desventajas de NFC*. (s. f.). <https://gigatecno.blogspot.com/2014/09/ventajas-y-desventajas-de-nfc.html>
- [25] *¿Qué es el formato NDEF? - WXR*. (s/f). Recuperado el 5 de agosto de 2022, de <https://www.rfidfuture.com/es/what-is-the-ndef-format.html>
- [26] Montoto, A., Alvarez, E., Chavira, G., Orozco, J., Bolaños, J. F., & Rangel, J. E. (s/f). *Servicios NFC en un "aula inteligente"*. Reibci.org. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de <http://www.reibci.org/publicados/2016/feb/1500888.pdf>
- [27] *Control DE préstamo DE libros aplicando Tecnología NFC proyecto terminal*. (s/f). Docplayer.Es. Recuperado el 8 de agosto de 2022, de <https://docplayer.es/57873371-Control-de-prestamo-de-libros-aplicando-tecnologia-nfc-proyecto-terminal.html>
- [28] Serna, G. G. (s/f). *Tutorial near Field Communication (NFC)*. Slideshare.net. Recuperado el 5 de agosto de 2022, de <https://es.slideshare.net/GabrielSerna/tutorial-near-field-communication-nfc>
- [29] <https://www.oreilly.com/library/view/beginning-nfc/9781449324094/ch04.html>
- Beginning NFC*. (s. f.). O'Reilly Online Learning. <https://www.oreilly.com/library/view/beginning-nfc/9781449324094/ch04.html>
- [30] *Guía para elegir un lector NFC - Shop NFC*. (s. f.). <https://www.shopnfc.com/es/content/31-guia-para-lectores-de-nfc>
- [31] *ACR1222L - Lector de Tarjetas NFC, Mifare, Desfire y FeliCa*. (2016, septiembre 25). TangoID - Tarjetas Plásticas Argentina. <https://www.tangoid.com.ar/lectores-tarjetas-inteligentes-rfid/scr1222l>
- [32] *Todo lo que necesita saber sobre las etiquetas NFC - WXR*. (s/f). Recuperado el 6 de agosto de 2022, de <https://www.rfidfuture.com/es/nfc-tags-your-ultimate-guide.html>

- [33] *Características técnicas de las Etiquetas NFC*. (s/f). Shopnfc.com. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de <https://www.shopnfc.com/es/content/6-caracteristicas-tecnicas-de-etiquetas-nfc>
- [34] *Características técnicas de las Etiquetas NFC*. (s/f). Shopnfc.com. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de <https://www.shopnfc.com/es/content/6-caracteristicas-tecnicas-de-etiquetas-nfc#ntag>
- [35] (S/f). Hihonor.com. Recuperado el 2 de julio de 2022, de https://forum-de.c.hihonor.com/es_data/images/2020/7/15/6945be3bca46008bb90da30b55973886_1080_new.jpg
- [36] (S/f). Upm.es. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de https://oa.upm.es/44943/1/TFG_SERGIO_CONDE_MURO.pdf
- [37] Josseling, B. R., Muñoz, T., Mauricio, Q. B., Gómez, A., Otón, M., & Castillo, J. (s/f). *TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERIA EN SISTEMA DE INFORMACION. PRESENTADO POR*. Edu.ni:8080. Recuperado el 6 de agosto de 2022, de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7198/1/242460.pdf>
- [38] *Samsung Galaxy S5 Mini*. (2014, diciembre 18). ComputerHoy. <https://computerhoy.com/fichas/samsung-galaxy-s5-mini>
- [39] *Credit Card Terminal | Square Terminal*. (s. f.). Square. <https://squareup.com/us/es/hardware/terminal>
- [40] Fernández, Y. (2022, julio 24). *Google Wallet: qué es, diferencias con Google Pay, qué opciones ofrece y cómo instalar*. Xataka.com; Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/google-wallet-que-diferencias-google-play-que-opciones-ofrece-como-instalar>
- [41] Munizaga, J. (2020, abril 29). *Aplicación CMR Falabella se actualiza en Android para poder pagar vía NFC directamente*. Pisapapeles. <https://pisapapeles.net/aplicacion-cmr-falabella-se-actualiza-en-android-para-poder-pagar-via-nfc-directamente/>
- [42] I0.wp.com. Recuperado el 2 de julio de 2022, de <https://i0.wp.com/chocale.cl/wp-content/uploads/2021/01/google-pay-pagos-en-chile.jpg?resize=800%2C500&ssl=1>
- [43] *¿Qué aporta la tecnología NFC a los hoteles?* (2019, marzo 26). HQ. <https://hotels-quality.com/website/aporta-la-tecnologia-nfc-los-hoteles/>
- [44] Contreras, M. (2016, agosto 17). *MIT y Microsoft crean DuoSkin, tatuajes temporales que controlan tu móvil*. Clipset. <https://clipset.com/mit-y-microsoft-crean-duoskin-tatuajes-temporales-que-controlan-tu-movil/>
- [45] (S/f-b). Mit.edu. Recuperado el 9 de octubre de 2023, de https://duoskin.media.mit.edu/img/3class_nfc.jpg
- [46] *Cartas con tecnología NFC, ampliando experiencias*. (2018, mayo 12). Gastronivel.com. <https://gastronivel.com/cartas-con-tecnologia-nfc/>
- [47] *Creating your Digital Key | Hyundai*. (2020, abril 3).
- [48] (S/f). Bigcommerce.com. Recuperado el 18 de noviembre de 2023, de https://cdn11.bigcommerce.com/s-ww39jg968b/images/stencil/1280x1280/products/1580/5760/Z136-3__29465.1673895599.jpg?c=2

[49] Martagamez, P. P. (2013, febrero 14). *NFC, una alternativa móvil al billete del bus gracias a Orange y la EMT de Málaga*. El blog de Orange. <https://blog.orange.es/innovacion/emt-de-malaga-y-orange-concluyen-con-exito-la-primer-prueba-en-espana-de-pago-del-transporte-publico-con-el-movil-mediante-tecnologia-nfc/>

[50] Patel, D. (2018, 18 julio). Un NFC y QR code en una parada de autobús en Londres para obtener la siguiente información del bus. Alamy. <https://www.alamy.es/un-nfc-y-qr-code-en-una-parada-de-autobus-en-londres-para-obtener-la-siguiente-informacion-del-bus-image212544320.html>

[51] *Cómo codificar las etiquetas NFC - Shop NFC*. (s/f). Shopnfc.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.shopnfc.com/es/content/8-como-escribir-las-etiquetas-nfc>

[52] *TagXplorer PC based NFC Tag reader-writer tool*. (s/f). Nxp.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.nxp.com/products/rfid-nfc/mifare-hf/mifare-desfire/tagxplorer-pc-based-nfc-tag-reader-writer-tool:TAGXPLOLER?&>

[53] Julien. (s/f). *NFC readers for NFC tools - PC / MAC*. Wakdev.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.wakdev.com/en/apps/nfc-tools-pc-mac/nfc-readers-for-nfc-tools-pc-mac.html>

[54] *NFC TagWriter by NXP*. (s/f). Google.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nxp.nfc.tagwriter>

[55] *NFC Tools*. (s/f). Google.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wakdev.wdnfc>

[56] (S/f-d). Apple.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://apps.apple.com/es/app/smart-nfc/id1470146079>

[57] *Comprar NFC Commander - Microsoft Store es-ES*. (s/f). Microsoft Store. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.microsoft.com/es-es/store/p/nfc-commander/9wzdnrcrdmmw0>

[58] *Comprar NFC Launchit - Microsoft Store es-ES*. (s/f). Microsoft Store. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.microsoft.com/es-es/store/p/nfc-launchit/9wzdnrcrfjz mh>

[59] *Comprar NFC Tag Creator - Microsoft Store es-ES*. (s/f). Microsoft Store. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.microsoft.com/es-es/store/p/nfc-tag-creator/9nblgggzkbc0>

[60] *Comprar NFC interactor - Microsoft Store es-ES*. (s/f). Microsoft Store. Recuperado el 8 de agosto de 2022, de <https://www.microsoft.com/es-es/p/nfc-interactor/9wzdnrcdmffg?&activetab=pivot:overviewtab>

[61] *Android 7 - Principios del desarrollo de aplicaciones Java - NFC*. (s/f). Ediciones-eni.com. Recuperado el 7 de agosto de 2022, de <https://www.ediciones-eni.com/open/mediabook.aspx?idR=c98a3ef1da495f0880a44a729f61f008>

[62] *Framework*. (2018, abril 6). Apple.com. <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Conceptual/DevPedia-CocoaCore/Framework.html>

[63] *NFC Tap*. (s/f). App Store. Recuperado el 22 de noviembre de 2023, de <https://apps.apple.com/cl/app/nfc-tap/id1278913597>

- [64] *Ionic framework - the cross-platform app development leader.* (s/f). Ionic Framework. Recuperado el 21 de noviembre de 2023, de <https://ionicframework.com/>
- [65] *Hombre aparentemente armando en cercanías de UDA causó temor en cuerpo estudiantil.* (s/f). Atacamanoticias.cl. Recuperado el 21 de noviembre de 2023, de <https://www.atacamanoticias.cl/2022/04/26/hombre-aparentemente-armando-en-cercanias-de-uda-causo-temor-en-cuerpo-estudiantil/>
- [66] Carla, S. (2022, octubre 6). *Medios publicitarios: conoce los diferentes tipos.* Blog de ILERNA Online. <https://www.ilterna.es/blog/aprende-con-ilterna-online/comercio-marketing/medios-publicitarios/>
- [67] *Póster de NFC para la campaña de marketing - Xinyetong.* (s/f). Recuperado el 21 de noviembre de 2023, de <https://www.asiarfid.com/es/nfc-poster.html>
- [68] (S/f-b). Ripley.cl. Recuperado el 21 de noviembre de 2023, de <https://simple.ripley.cl/samsung-galaxy-a22-5g-128gb-gris-2000390041117p?s=mdco>
- [69] *NFC tag emulation for Android virtual device (AVD).* (s/f). Stack Overflow. Recuperado el 7 de diciembre de 2023, de <https://stackoverflow.com/questions/49146532/nfc-tag-emulation-for-android-virtual-device-avd>
- [70] *Dell 3000 3520 Intel i7 Generacion 11° 4 Nucleos NFC 2022 Deal Grado Militar.* (s/f). xone-tech. Recuperado el 7 de diciembre de 2023, de <https://www.xone-tech.com.ar/productos/dell-3000-3520-intel-i7-generacion-11-4-nucleos-nfc-2022-deal-grado-militar/>
- [71] Dell, C. L. (s/f). *¿Cómo utilizo la comunicación de campo cercano (NFC) en sistemas Dell?* Dell.com. Recuperado el 7 de diciembre de 2023, de <https://www.dell.com/support/kbdoc/es-cl/000129573/procedimientos-de-uso-comunicaci%C3%B3n-de-campo-cercano-nfc-en-sistemas-dell>
- [72] *888byte Custom NTAG216 NFC Sticker tag.* (s/f). <https://www.cxjsmart.com/>. Recuperado el 10 de diciembre de 2023, de <https://www.cxjsmart.com/888byte-custom-ntag216-nfc-sticker-tag-product/>