

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PRÁCTICA UNIVERSITARIA SUPERVISADA

PARA OPTAR POR EL GRADO DE

BACHILLERATO

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO QUE PERMITA
AUTOMATIZAR EL INVENTARIO DE EQUIPOS COLATERALES QUE
SE ENCUENTRA EN ALMACENAMIENTO O EN REPARACIÓN DE
LAS MAQUINAS HIGH DENSITY MODULAR TESTER EN TIEMPO
REAL, EN EL ÁREA DE LABORATORIOS DE INTEL COSTA RICA
PARA EL II CUATRIMESTRE DEL 2019”**

ESTUDIANTE:

Pamela Chavarría Loría

TUTOR:

Ing. Jorge Villalobos Cascante

Noviembre, 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
DECLARACIÓN JURADA	10
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR	11
CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR	12
CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA	13
CARTA DE FILÓLOGO	14
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA CONSULTA	15
DEDICATORIA	17
CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO	18
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	19
1.1.1 Marco de referencia empresarial y contextual	19
1.1.2 Justificación	21
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	25
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	26

1.4.1 Alcances	26
1.4.2 Limitaciones	27
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	28
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL	29
2.1.1 Sistema operativo	29
2.1.1.1 Ubuntu	30
2.1.2 Sensores	30
2.1.3 Tecnología RFID	30
2.1.3.1 Etiquetas	32
2.1.3.2 Antena	33
2.1.4.3 Lector	34
2.1.5 Intel® RSP (RFID Sensor Platform)	34
2.1.5.1 Protocolo EPC UHF RFID Class 1 Gen 2 (ISO 18000-6C)	38
2.1.5.2 Protocolo Message Queue Telemetry Transport (MQTT)	39
2.1.6 Servidores	40
2.1.6.1 Tipos de servidores	40
2.1.7 Virtualización de servidores de bases de datos	42
2.1.8 Bases de datos	43
2.1.9 Programación	43
2.1.10 Bases de datos e interfaz web	44

2.1.11 Lenguaje HTML	45
2.1.12 Visual Basic.net	45
2.1.13 Asp.net	45
2.1.14 Retorno sobre la inversión (RSI)	46
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	47
3.1 INTRODUCCIÓN	48
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.2.1 Enfoque de la investigación	49
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	50
3.3.1 Fuentes primarias	51
3.3.2 Fuentes secundarias	51
3.3.3 Sujetos de información	52
3.4 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	53
3.4.1 La observación	54
3.4.2 Lluvia de ideas	54
3.5 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	55
3.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.6.1 Etapa 1: Instalación de hardware	56
3.6.2 Etapa 2: Funcionamiento de hardware y conexión a BD	56

3.6.3 Etapa 3: Creación de página web, colocación de etiquetas e ingreso de equipo en inventario	57
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	60
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	61
4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS	64
4.2.1 Lluvia de ideas	64
4.2.2 Observación	66
4.3. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	69
CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	70
5.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO	71
5.1.1 UBICACIÓN FÍSICA PARA EL SISTEMA INTEL RSP	73
5.2 PROTOTIPO	75
5.2.1 Hardware	75
5.2.1.1 Intel® RSP	75
5.2.1.1.1 Sensor	76
5.2.1.1.2 Nube	77
5.2.1.2 Requisitos del sistema	77
5.2.1.2.1 Next Unit of Computing (NUC)	78
5.2.1.2.2. Conmutador Power over Ethernet (PoE)	79
5.2.1.2.3 Enrutador	80

5.2.2 Software	80
5.2.2.1 Ubuntu	80
5.2.2.2 Base de datos	81
5.2.2.3 Conexión Intel RSP – base de datos	83
5.2.2.4 Pagina web	84
5.3 DEPURACIÓN Y RESULTADOS	88
5.4 IMPLEMENTACIÓN	90
5.4.1 Instalación de hardware	90
5.4.2 Colocación de lectores	90
5.4.3 Colocación de etiquetas	92
5.4.4 Instalación de software	93
5.4.5 Página web	94
5.5 CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO	98
5.6 CUMPLIMIENTOS DE REQUISITOS	101
5.8 ANÁLISIS DE COSTOS	103
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
6.1 CONCLUSIONES	109
6.2 RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones Intel® RRS - 9003	37
Tabla 2: Definición de sujetos de investigación.....	53
Tabla 3: Definición de variables de investigación.....	55
Tabla 4: Tiempo de ingreso de estado del equipo a GEDI.....	67
Tabla 5: Lista de chequeo de las características para el desarrollo del prototipo .	69
Tabla 6: Especificaciones eléctricas del sensor	77
Tabla 7: Especificaciones HP MP9 G2 Retail System	79
Tabla 8: Tabla de requerimientos cumplidos.....	102
Tabla 9: Costo de materiales de implementación	103
Tabla 10: Lista de rubros de mano de obra	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de causa–efecto	23
Figura 2: Comunicación entre etiqueta, antena, lector y GW:.....	31
Figura 3: Circuito de etiqueta RFID.....	32
Figura 4: Configuración típica del sistema Intel® RSP.....	35
Figura 5: Proceso cuantitativo.....	50
Figura 6: Diagrama de Gantt.....	58
Figura 7: Área de laboratorio.....	62
Figura 8: Diagrama del proceso actual	63
Figura 9: Lluvia de ideas	65
Figura 10:Diagrama de flujo.....	66
Figura 11: Colocación de estantes.....	71
Figura 12: Configuración del Intel RSP	72
Figura 13: Etapas que integran el proyecto	72
Figura 14: Diseño de lectores	74
Figura 15: Sensor.....	76
Figura 16: Tablas creadas en la base de datos del proyecto.....	81
Figura 17: Tabla inventario de la base de datos:	83
Figura 18: Código Python para conexión de BD con Intel RSP.	84
Figura 19: Clase de conexión a la base de datos	85
Figura 20: Clases usadas para la creación de la página web	85
Figura 21: Pagina ASP.Net default	87
Figura 22: Paginas ASP.net.....	88

Figura 23: Lectores en zona de reparación.....	91
Figura 24: Lectores en zona de almacenamiento	91
Figura 25: Lectores en zona de pasillos.....	92
Figura 26: Colocación de etiquetas.....	93
Figura 27: Venta principal y de inventario de la página web	94
Figura 28: Ventana de búsqueda y de reportes de página web	95
Figura 29: Ventana de asociación de página web.....	96
Figura 30: Historial de equipo en reparación	97
Figura 31: Distribución de lectores.....	98
Figura 32: Sensores conectados.....	99
Figura 33: Enrutador y conmutador.....	100
Figura 34: Pagina web	101
Figura 35: Retorno sobre inversión	105

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Pamela Chavarría Loría, cédula de identidad número 1-1633-0477, en condición de egresada de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que castiga el código penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de bachillerato en Ingeniería Electrónica, juro solemnemente que mi trabajo titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL INVENTARIO DE EQUIPOS COLATERALES QUE SE ENCUENTRA EN ALMACENAMIENTO O EN REPARACIÓN DE LAS MAQUINAS HIGH DENSITY MODULAR TESTER EN TIEMPO REAL, EN EL ÁREA DE LABORATORIOS DE INTEL COSTA RICA PARA EL II CUATRIMESTRE DEL 2019, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982 ; incluyendo el numero 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, queso advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de san José a los 30 días del mes de octubre del año dos mil diecinueve.

Pame C.L

Firma del estudiante

1-1633-0477

Cédula

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 22 de octubre del 2019

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Pamela Chavarría Loría, cédula de identidad número 1-1633-0477, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *"Implementación de un sistema electrónico que permita automatizar el inventario de equipos colaterales que se encuentran en almacenamiento o en reparación de las máquinas High Density Modular Tester en tiempo real, en el área de laboratorios de Intel Costa Rica para el II cuatrimestre del 2019"*, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	19
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	18
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	29
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	19
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
Total:		100	95

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

JORGE
VILLALOBOS
CASCANTE (FIRMA)

Firmado digitalmente por
JORGE VILLALOBOS
CASCANTE (FIRMA)
Fecha: 2019.10.22 10:02:26
-06'00'

Ing. Jorge Villalobos Cascante, MSc.
Cédula de identidad: 1-1185-0467
Carné colegio profesional: IEL-22656

CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 19 de Diciembre del 2019

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante **Pamela Chavarría Loría**, cédula de identidad número **1-1633-0477**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación el trabajo de investigación denominado **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL INVENTARIO DE EQUIPOS COLATERALES QUE SE ENCUENTRA EN ALMACENAMIENTO O EN REPARACIÓN DE LAS MAQUINAS HIGH DENSITY MODULAR TESTER EN TIEMPO REAL, EN EL ÁREA DE LABORATORIOS DE INTEL COSTA RICA PARA EL II CUATRIMESTRE DEL 2019"**, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Ing. Eduardo Sanabria G. M.I.E.
Céd: 108610714
Profesor Lector

CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA

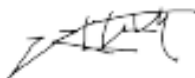
La Ribera de Belén, 15 de octubre 2019

Señores (as)
Universidad Hispanoamericana,

Yo Fernando Rosales López, en calidad de gerente de ingeniería del departamento de soporte TRB (*Tooling Repair Base*), para el laboratorio de Intel en Costa Rica; hago constar que el proyecto de graduación titulado: : IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL INVENTARIO DE EQUIPOS COLATERALES QUE SE ENCUENTRA EN ALMACENAMIENTO O EN REPARACIÓN DE LAS MAQUINAS HIGH DENSITY MODULAR TESTER EN TIEMPO REAL, EN EL ÁREA DE LABORATORIOS DE INTEL COSTA RICA PARA EL II CUATRIMESTRE DEL 2019; fue desarrollado e implementado, dentro del Laboratorio de Intel Costa Rica, satisfactoriamente por Pamela Chavarría Loría, cédula de identidad número 116330477.

Con la implementación de esta herramienta, podemos tener un control en tiempo real de la ubicación de nuestro inventario de colaterales, agilizando los procesos de soporte de operaciones, reparación y control de inventario de estos. He de agregar que las contribuciones generadas por Pamela, dentro de la organización han sido de gran impacto, pues no solo se demuestra un resultado positivo en el Retorno de Inversión, sino que los resultados obtenidos han servido para que a nivel corporativo se valide una nueva plataforma de control mediante dispositivos *IoT*.

Atentamente,



Fernando Rosales López

CARTA DE FILÓLOGO

Carta de aprobación filológica

San José, 26 de diciembre de 2019

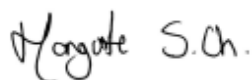
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

He revisado y corregido en todos los extremos filológicos: la redacción, la ortografía, la puntuación, la morfología, la sintaxis y los vicios del trabajo titulado **“Implementación de un sistema electrónico que permita automatizar el inventario de equipos colaterales que se encuentren en almacenamiento o en reparación de las máquinas high density modular tester en tiempo real, en el área de laboratorios de Intel Costa Rica para el II cuatrimestre del 2019”**, presentado por la estudiante Pamela Chavarría Loría, cédula 1-1633-0477, para optar por el grado de **Bachillerato en Ingeniería Electrónica**.

Con las correcciones realizadas en este trabajo de investigación, este es un documento con valor filológico y cumple con los requisitos necesarios para ser presentado ante las autoridades universitarias correspondientes.

Atentamente,



Margarita Sirlene Chaves Bonilla
Filóloga
Cédula # 2 0717 0620
Carné afiliado # 83791 "COLYPRO"

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA CONSULTA

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, Curridabat

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Pamela Chavarría Loría** con número de identificación 1 1633 0477 autor(a) del trabajo de graduación titulado **Implementación de un sistema electrónico que permita automatizar el inventario de equipos colaterales que se encuentra en almacenamiento o en reparación de las máquinas high density modular tester en tiempo real, en el área de laboratorios de Intel Costa Rica para el II cuatrimestre del 2019**, presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Electrónica**; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

Pame C. L. 1-1633-0477
Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo, sacrificio y motivación en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo soy hoy.

A mi hermana y hermano por estar siempre presentes, y por la motivación que me brindaron a lo largo de esta etapa.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 Marco de referencia empresarial y contextual

La compañía Integrated Electronics Corporation (Intel) fue fundada en 1968 por Gordon E. Moore y Robert Noyce, doctores en química y física, respectivamente. En sus inicios se dedicaba a la creación de memorias; las de más éxito fueron DRAM, SRAM y ROM.

Tres años más tarde, en 1971, crearon el primer microprocesador gracias al ingenio de Ted Hoff. Para esa época, Intel obtuvo una licitación de una empresa japonesa llamada Busicon, la cual se dedicaba a la construcción de calculadoras y necesitaba implementar una nueva tecnología de procesamiento en sus productos. Así, crearon juntos el primer microprocesador para la alta gama de calculadoras de la época, un microprocesador de 4 bits llamado 4004 con 2300 transistores en su interior. Hoy en día, un sólo microprocesador puede contar con más de 800 millones de transistores.

En los últimos 50 años, Intel se convirtió en la compañía constructora de microprocesadores más grande e influyente del mundo, llegando a construir sucursales y fábricas en más de 46 países alrededor del orbe y generando ingresos anuales superiores a los \$60 mil millones. Intel cuenta con campus de manufactura, ventas, marketing y desarrollo de pruebas y montaje, de las cuales tiene alrededor de

ocho instalaciones en diferentes países, por ejemplo, en China, Costa Rica, Malasia, Filipinas y Vietnam. (Integrated Electronics Corporation, 2018)

En el año 1997, Componentes Intel inauguró una planta en Costa Rica, dedicada al ensamble y la prueba de microprocesadores, donde comenzó a comercializar y construir su microprocesador de la gama Pentium. Conforme la empresa iba madurando y posicionándose en el país, la casa matriz ubicada en Santa Clara, Estados Unidos, decidió abrir un departamento de desarrollo e investigación que trabajara en conjunto con la fábrica, aprovechando al máximo las herramientas disponibles para tal fin, tales como probadores de alta tecnología, simuladores de computadoras y osciladores, entre otros. Este grupo se encargaría de desarrollar las nuevas tecnologías en microprocesadores que saldrían al mercado en el corto y mediano plazo, conformando así Manufacturing Validation and Performance (MVP).

Luego de una reestructuración de la empresa, en el año 2014, Intel en Costa Rica decidió cerrar el área de manufactura. A su vez, impulsó y fortaleció el laboratorio de desarrollo CRML (Costa Rica Mega Lab), el cual daría soporte a las pruebas experimentales en servidores necesarias para la calificación del producto requerido por el grupo de MVP.

El Mega Lab cuenta con máquinas llamadas HDMx (High Density Modular tester) donde se prueban y validan microprocesadores de servidores, PCs y artefactos móviles. En estas máquinas se generan las pruebas estructurales y funcionales que validan el diseño de estos y se obtiene como resultado la garantía a los clientes de

que los productos cumplen con los requerimientos de capacidad y durabilidad para los que fueron creados. Las máquinas HDMx constan de 10 celdas, cada una con su respectivo equipo colateral: probadores (Testers), Actuation Pans (AP) y Test Interface Units (TIU).

1.1.2 Justificación

El Mega Lab de Costa Rica debe seguir estrictas leyes y procedimientos de auditoría de equipo, mientras se maneja simultáneamente una gran cantidad y complejidad de sus pruebas solicitadas por los ingenieros de MVP. A pesar de tener una plataforma de inventario en el CRML para reportar el estado y la ubicación de cada equipo colateral de las máquinas HDMx, no hay buena trazabilidad de estos, debido a la dependencia que se tiene de los técnicos para reportar manualmente el estado real del equipo, el cual puede ser “en uso”, “mantenimiento” o “disponible”. Al no conocerse el estado real de los equipos, se generan retrasos en la ejecución de las pruebas a los procesadores.

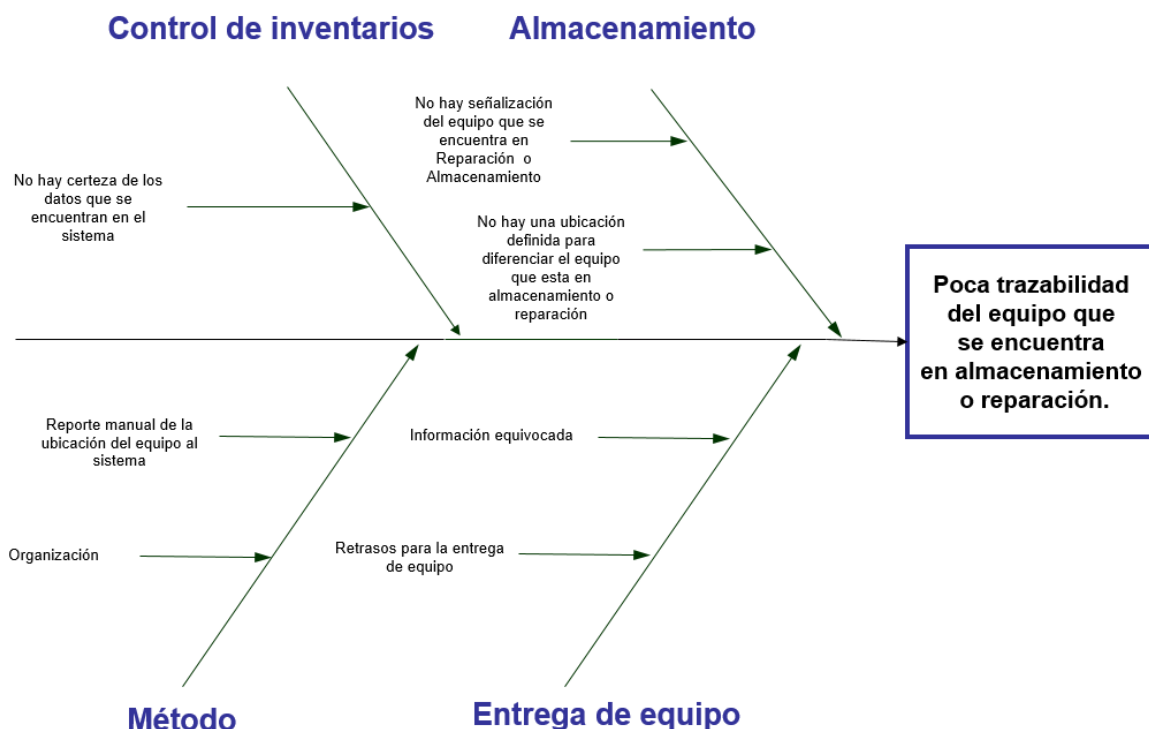
Además, con periodicidad semanal se realizan proyecciones de la utilización del equipo. Al no tener datos reales y confiables de su ubicación en el inventario, se debe realizar la verificación de forma manual para obtener esta información. Por otra parte, se genera dificultad en localizar los equipos, porque en el área se debe controlar más de 360 elementos, lo que demanda más recurso humano para llevar a cabo los procesos de inventario, aspecto que se pretende agilizar con el nuevo sistema.

Mediante la implementación del sistema de inventario automatizado, se beneficiará a la empresa, ya que el técnico no tendrá que gastar tiempo ingresando los datos del equipo que se encuentra en mantenimiento o en almacenamiento a un sistema de inventario manualmente, y podrá dedicar el tiempo a otras actividades de mayor aprovechamiento para Intel. Adicionalmente, al estar automatizado el proceso mediante un sistema de inventario en tiempo real, existirá mayor confianza del estado y localización del equipo y se ahorrará tiempo al realizar las proyecciones para la utilización de éste. En consecuencia, se tendrá una mayor eficiencia para la entrega.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para conocer la problemática de la situación de la bodega, se realizó el diagrama causa–efecto de la Figura 1. Este diagrama ayudará a visualizar los problemas en general que tiene el sistema de inventario actual y que han servido como causas para la realización de este proyecto. Para mayor referencia se puede consultar el Anexo 1.

Figura 1: Diagrama de causa-efecto



Fuente: Elaboración propia

Analizando las tareas que se llevan a cabo en el área de laboratorios de Intel, el problema que se encontró es que los técnicos no siempre reportan cuándo retiran equipos a las máquinas HDMx, ya sea que los dispositivos estén en reparación o en almacenamiento. Esto genera retrasos para la entrega en servicio de cada máquina, por no tener conocimiento de la disponibilidad de las partes de estas.

En consecuencia, se debe buscar el equipo en el área de laboratorio, ya que la mayor parte del tiempo, los datos de la plataforma están erróneos, además de que no hay señalización o áreas específicas para ubicar el equipo que se encuentra en almacenamiento o reparación. Asimismo, se puede considerar como aspecto

adicional la pérdida de tiempo que ocasiona a los ingenieros encargados de hacer las pruebas de calidad al no tener el equipo necesario para realizar sus labores. Además, los procedimientos de auditoría se vuelven complicados, debido a la desorganización del equipo que provoca extravío del mismo y que, a su vez, genera hasta multas que en última instancia ocasionan pérdida de dinero.

Se logró determinar que la problemática a resolver es la siguiente pregunta: ¿Qué aspectos electrónicos y de comunicación mediante RFID deben considerarse para hacer más eficiente el sistema de inventario del equipo colateral que se encuentra en mantenimiento o almacenamiento de las máquinas HDMX en el área de CRML Intel?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Implementar un sistema de control de inventario automatizado en el área de laboratorios de Intel Costa Rica mediante la solución Intel®RSP para tener mayor trazabilidad del equipo colateral que se encuentra en mantenimiento o almacenamiento de las máquinas High Density Modular Tester, para el II cuatrimestre del 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las necesidades y requerimientos para la realización del sistema de inventario automatizado.
2. Comprender el sistema actual de inventario del equipo en el CRML de Intel.
3. Estudiar el funcionamiento de la solución Intel® RFID sensor Platform (Intel®RSP).
4. Determinar los requerimientos de red que va a necesitar el sistema.
5. Implementar el sistema para controlar el estado y ubicación del equipo, ya sea en mantenimiento o almacenamiento.
6. Establecer la manera de ingresar automáticamente y en tiempo real los datos del estado del equipo en la plataforma de control de inventario.
7. Crear una página web para visualizar la ubicación del equipo colateral.
8. Analizar el costo–beneficio de la implementación del sistema propuesto en la empresa.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

La realización de este proyecto pretende el desarrollo e implementación de un sistema de inventario automatizado, donde no haya dependencia humana para ingresar los datos de la ubicación del equipo colateral que se encuentra almacenado o en mantenimiento, sino que esta información, una vez recopilada, sea enviada en tiempo real a una base de datos y se pueda visualizar en una página web.

Mediante la implementación de este proyecto se generará una mejora sustancial en el proceso, ya que el técnico no tendrá que gastar tiempo ingresando al software de inventario manualmente los datos del recuento del equipo que está en reparación y el que está en almacenamiento, y podrá dedicar este tiempo en otras actividades.

Se tendrá mayor eficiencia al entregar equipo gracias a la automatización del proceso mediante el sistema de inventario en tiempo real, pues habrá una mayor seguridad del estado y localización de este.

Este proyecto será desarrollado en el campus de Intel Costa Rica, pero una vez analizados los resultados obtenidos por medio de su implementación en el laboratorio, se piensa evaluar su utilización en los diferentes campus alrededor del mundo.

1.4.2 Limitaciones

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- ❖ Un aspecto importante que tomar en cuenta es que se debió utilizar la solución Intel®RSP de Intel, puesto que la empresa así lo solicitó.
- ❖ Como la empresa se responsabilizaba de la compra del equipo que requerido para realizar el sistema, se debía justificar la compra, así como esperar su aprobación, realizar el trámite y esperar la llegada del equipo; esto podría generar retrasos en la implementación y la puesta en marcha del proyecto.
- ❖ Otra de las limitaciones es que el equipo colateral se encuentre en constante uso y es difícil acceder a él. Adicionalmente, se requiere detener el trabajo de la máquina y sacar los dispositivos con ayuda de los técnicos, lo que dificulta realizar pruebas de desarrollo, así como colocar las etiquetas respectivas a cada elemento. Esta coordinación se debe hacer con antelación y está sujeta a cambios en cualquier momento ordenados por Intel en caso de que el proceso lo requiera.
- ❖ Debido a políticas de la empresa, nombres reales y cierta información que se considere importante a resguardar no serán mencionados en este proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL

2.1.1 Sistema operativo

Según Beekman (2005), *“el sistema operativo, como su propio nombre indica, es un sistema de programas que llevan a cabo una serie de operaciones técnicas, desde la comunicación básica con los periféricos a complejas tareas de comunicación y seguridad dentro de una red.”* Un sistema operativo o *software* de sistema es un grupo de programas informáticos que permiten la administración de los recursos de una computadora de manera eficaz.

El sistema operativo permite la provisión de una interfaz para que el usuario pueda tener interacción con el hardware, para cargar programas, acceder a archivos y realizar diferentes tareas en el dispositivo. Además, permite la administración de servicios y tareas, así como el servicio de soporte y utilidades. Gracias a esto, se puede controlar la creación y eliminación de archivos, y se logra actualizar las versiones, mejorar la seguridad y agregar nuevas características.

Existen una gran cantidad de sistemas operativos, como Windows, Mac Os, Unix, entre otros. Para el desarrollo del proyecto, se estará utilizando Ubuntu, ya que la aplicación que se va a utilizar para el sistema ha sido validada para ejecutarse en este.

2.1.1.1 Ubuntu

Es un sistema operativo desarrollado en el 2004, el cual se adapta a computadores de escritorio y servidores en arquitecturas Intel, AMD y ARM. Es una distribución de Linux basada en la arquitectura de Debian. Ubuntu contiene aplicaciones como procesadores de texto, aplicaciones de email, *software* para servidor web y herramientas de programación, entre otros, utilizadas en el proyecto.

2.1.2 Sensores

Según Fraden (2009), *“un sensor a menudo se define como un dispositivo que recibe y responde a una señal o estímulo”*. Estos dispositivos son capaces de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables. Las variables pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, desplazamiento, presión, fuerza, humedad, movimiento, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica como en un sensor de humedad, una tensión eléctrica, una corriente eléctrica como en un fototransistor, etc.

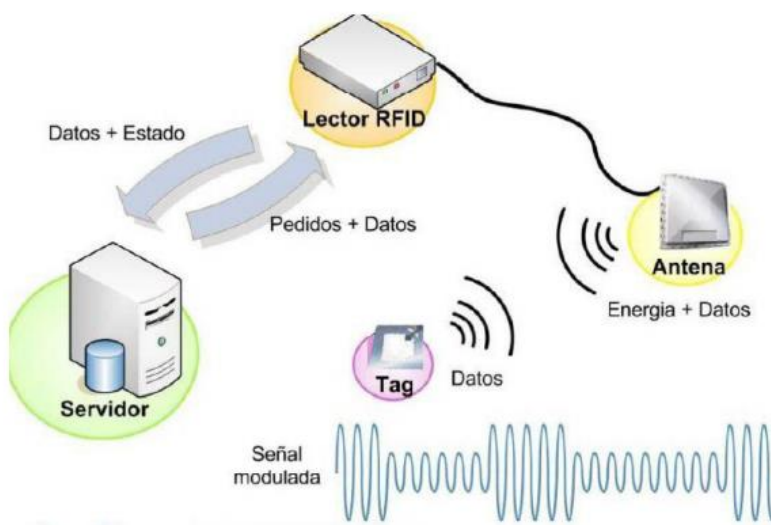
2.1.3 Tecnología RFID

Según (Garcia, Nieto, & Barbolla, 2008), *“RFID (Identificación por Radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o ‘tags’ en las que reside la información”*. La tecnología RFID ha sido desarrollada desde hace 20 años para lograr convertirse en un sistema funcional

y fiable. El principio básico no es muy diferente al ya conocido código de barras: codificar un identificador alfanumérico en una etiqueta que permita tener acceso rápido y de manera fiable, sin necesidad de la intervención total del ser humano (Banks, Hanny, Pacheco y Thompson, 2007).

Los sistemas de RFID, como se muestra en la Figura 2, están constituidos por cuatro componentes principales: las etiquetas RFID (*tags* en inglés), los lectores o transceptores, las antenas y el subsistema de procesamiento de datos. Una etiqueta RFID consta de un microchip y puede ser activa o pasiva.

Figura 2: Comunicación entre etiqueta, antena, lector y GW:

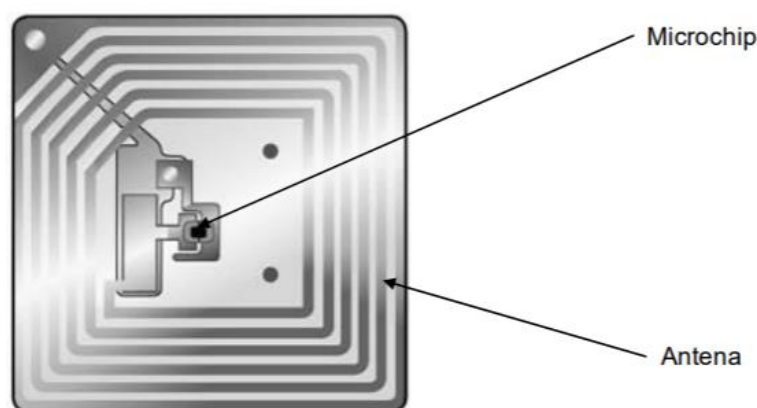


Fuente: Alvarado (2008)

2.1.3.1 Etiquetas

La Figura 3 muestra un diseño del circuito inteligente de una etiqueta RFID. Los circuitos de baja potencia manejan la conversión de energía, el control lógico, el almacenamiento, la recuperación de datos y la modulación requerida para devolver los datos con la información al lector (Banks, Hanny, Pacheco y Thompson, 2007).

Figura 3: Circuito de etiqueta RFID



Fuente: Banks, Hanny, Pacheco y Thompson (2007)

Como se mencionó anteriormente, existen dos tipos de etiquetas, las pasivas y las activas, cada una de ellas con sus respectivas características de funcionamiento. Las etiquetas pasivas son aquellas que no poseen alimentación eléctrica. Las etiquetas pasivas son baratas, y es por eso que serán las adecuadas para la implementación la empresa, debido a que son ideales para alto volumen de dispositivos a monitorear.

Las etiquetas pasivas no poseen ningún tipo de alimentación eléctrica. A través de la señal que emiten los lectores/antenas, crean una pequeña corriente eléctrica, la cual es suficiente para operar el circuito de la etiqueta de tal manera que puede generar y

transmitir información (Miles, Sarma y Willians, 2008). Generalmente, un identificador pasivo tendrá menos alcance y menos capacidad de almacenamiento que un identificador activo.

Por otra parte, las etiquetas activas poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector, proporcionando un mayor rango de alcance y una mayor capacidad de almacenamiento. Una batería puede durar varios años en un dispositivo activo.

Dentro de sus ventajas, son mucho más fiables; es decir, tienen menos errores de lectura. Como se mencionó, funcionan de manera óptima en agua, en metal (dentro de contenedores o vehículos) y, finalmente, tienen un mayor alcance para su lectura (>500 metros) y pueden almacenar más información (Miles, Sarma y Willians, 2008)

2.1.3.2 Antena

De acuerdo con (García, Nieto, & Barbolla, 2008), la antena del lector o interrogador emite un campo de radiofrecuencia que activa las etiquetas. Este elemento tiene la responsabilidad de transmitir y recibir a través de ondas de radio para propósitos de comunicación. Es también conocida como el mecanismo de “acoplamiento” o “unión”. En electrónica, se refieren a la transferencia de energía. Es el componente más sensible de un sistema RFID. Estos elementos se encuentran normalmente en localizaciones donde son fáciles de instalarse.

2.1.4.3 Lector

Según (Garcia, Nieto, & Barbolla, 2008), los lectores (interrogadores) leen la información de las etiquetas, proporcionándoles energía para que éstas transmitan. Un lector o interrogador es encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envíe. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los *tags* vía radiofrecuencia. Los lectores están equipados con interfaces estándares de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos. Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura la habilidad para escribir información en las etiquetas.

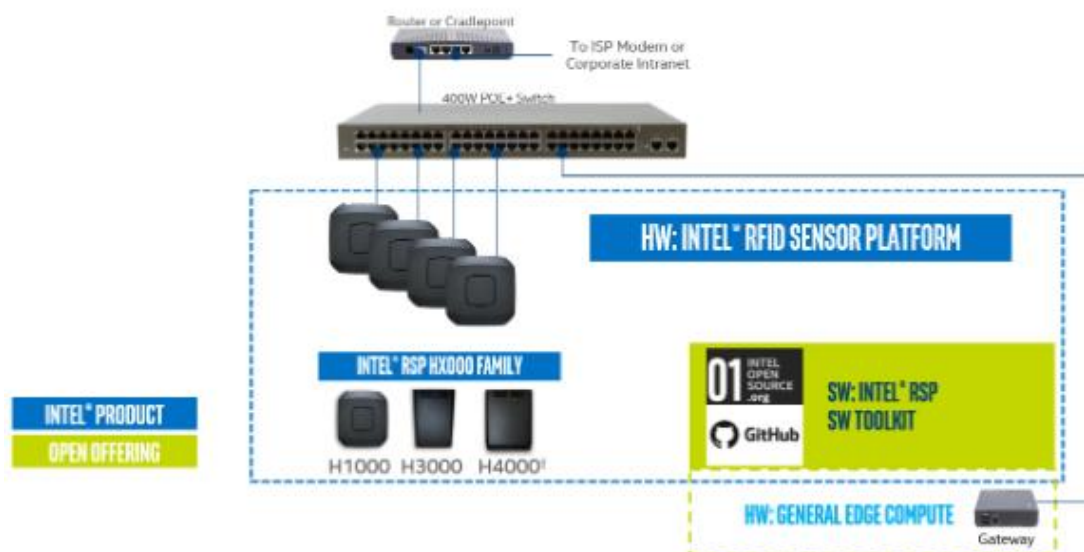
2.1.5 Intel® RSP (RFID Sensor Platform)

Para el desarrollo de este proyecto se estará utilizando Intel® RFID Sensor Platform, la cual es una solución de gestión de inventario desarrollada por INTEL. Intel® RSP consta de sensores, una aplicación Java que se ha validado para ejecutarse en el sistema operativo Ubuntu y la nube. El sensor y la nube aún tienen elementos en su interfaz de usuario que utilizan el término “gateway” (puerta de enlace). El *gateway* genera inventario y otros eventos, y los envía a la nube.

La nube proporciona una interfaz de usuario para configurar y administrar los sensores y dispositivos, así como un conjunto de API para acceder a los datos de

inventario. La plataforma utiliza una herramienta de gestión del sistema externo, denominada MeshCentral (Mesh es un servidor de administración y monitoreo de código abierto.), para el descubrimiento y la gestión de los sensores y dispositivos. En la Figura 4 se muestra la configuración típica de la plataforma.

Figura 4: Configuración típica del sistema Intel® RSP



Fuente: (Berry, 2019)

Para que el sistema admita los complejos algoritmos necesarios para la ubicación de etiquetas casi en tiempo real y la gestión dinámica de sensores, la aplicación del dispositivo debe instalarse en una máquina con la siguiente configuración mínima para garantizar un rendimiento óptimo. Para que la máquina se gestione de forma remota, incluso si el sistema operativo está dañado, debe contener la tecnología Intel®AMT.

- ❖ CPU: Intel®Core © i7, caché de 8MB, Intel®vPro, tecnología Intel®AMT
- ❖ RAM: 16 GB mínimo
- ❖ SDD: 80 GB mínimo

Ciertas reglas de *firewall* pueden ser necesarias para la funcionalidad adecuada del sistema. A continuación, se muestra una lista de dominios, protocolos y puertos a los que Intel® RSP requiere acceso para una funcionalidad adecuada del sistema.

❖ Outbound Ports

- TCP & UDP 1883, 8883 (MQTT)
- TCP 80, 443 (HTTP, HTTPS) (puntos finales de datos en la nube para descanso y *sockets web*)
- UDP 123 (NTP) (para tiempo de sincronización)

❖ Inbound Ports

- none

❖ Internal Ports

- UDP 5353 (DNS-SD) (descubrimiento de servicio para la aplicación Intel® RSP Controller y los sensores)

En la Tabla 1 **Error! Reference source not found.** se presentan las especificaciones del dispositivo Intel® RRS – 9003, el cual se utilizará para la implementación del proyecto.

Tabla 1: Especificaciones Intel® RRS - 9003

Eléctrico:	
Protocolo de interfaz aérea	EPC UHF RFID Class 1 Gen 2 (ISO 18000-6C)
Frecuencia de operación	902-928 MHz (US), 865-868 MHz (ETSI)
Potencia radiada	De hasta 4W EIRP (2W ERP)
Antena	Integrada 6dBi Dual-Linear Polarized
Fuente de energía	PoE (IEEE 802.3af, 802.3at, Cisco UPOE)
Consumo de energía	13W máx, 5W máx inactivo
Rango de lectura	>15m
Velocidad de lectura de etiqueta	>600 lecturas de etiquetas/segundo
Indicadores	LED único tricolor
Mecánico:	
Dimensiones	12" x 10" x 3" (30cm x 25cm x 8cm)
Peso	4.0 lbs. (1.8 kg)
Montaje	Vesa 75mm pattern, M4 threads
Color	blanco o negro
Ambiente:	
Temperatura de funcionamiento	0° to +50C
Calificación	P-50
Interfaz de la aplicación:	
Conectividad de la red	Ethernet 10/100
Configuración de dirección IP	DHCP o estática
Protocolo de datos	JSON-RPC 2.0 sobre MQTT
Configuración/gestión	Gestión remota a través de MQTT, MeshCentral, CLI, Amazon Cloud
Sincronización de tiempo	Protocolo de tiempo de red (NTP)
Actualización de software/firmware	Actualizable remotamente

Regulador	
Cumplimiento de seguridad	IEC 60950-1
Aprobación de radio	FCC, ETSI, PRC (China), Singapore, India, Japan*, entre otros.

❖ Fuente: (Intel, n.d.)

Los protocolos de UHF RFID definen la comunicación entre etiquetas y dispositivos. En el caso del Intel® RRS, utiliza el protocolo EPC UHF RFID Class 1 Gen 2, como se muestra en la tabla de especificaciones anterior.

2.1.5.1 Protocolo EPC UHF RFID Class 1 Gen 2 (ISO 18000-6C)

Acogido en la norma ISO 18000-6C, la indicación “Class1” se refiere a la subsección de *tags* pasivos (EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols). Se trata de un protocolo Reader Talk First (RTF); es decir, el lector siempre es el que inicia la comunicación. El rango de frecuencias de operación es UHF, más concretamente entre 860 y 960 MHz, según indique el estado de regulación de cada país.

El protocolo se divide en dos capas: una capa física y una capa de identificación. En la capa física se presentan las posibles modulaciones y codificaciones que debe soportar un dispositivo que cumpla este protocolo. Además, se especifican las características que debe cumplir la onda continua (CW) empleada para alimentar los *tags* pasivos y los parámetros para la comunicación por *backscatter*.

En la capa de identificación, un lector RFID controla conjuntos de tags utilizando tres operaciones básicas, que se enumeran a continuación. Selección: se aplica para seleccionar un subconjunto particular de *tags* basado en un criterio específico. Inventario: un lector comienza un ciclo de lectura transmitiendo un comando Query; uno o más tags responden enviando su código electrónico de producto (EPC) siguiendo el dictado del algoritmo Slot Count. Acceso: la operación mediante la cual se comunica (leyendo o escribiendo) con un *tag* previamente identificado.

2.1.5.2 Protocolo Message Queue Telemetry Transport (MQTT)

El MQTT es un protocolo de código abierto creado por IBM y Eurotech y luego donado al proyecto Eclipse «Paho» M2M. Es un protocolo usado para la comunicación *machine-to-machine* (M2M) en el “Internet of Things”.

Este protocolo está orientado a la comunicación de sensores, puesto que consume muy poco ancho de banda y puede ser utilizado en la mayoría de los dispositivos empotrados con pocos recursos (CPU, RAM). Está basado en la pila TCP/IP para la comunicación. En el caso de MQTT, cada conexión se mantiene abierta y se "reutiliza" en cada comunicación. Sigue una topología en estrella, donde existe un nodo central o broker con capacidad para trabajar con un gran número de clientes.

Para el proyecto se estará utilizando el protocolo MQTT, debido a que es un protocolo de red leve y flexible que ofrece el equilibrio ideal para los desarrolladores

de IoT (Internet de las cosas) que permite la implementación en *hardware* de dispositivos altamente restringidos y en redes de ancho de banda limitada y de alta latencia.

2.1.6 Servidores

Un servidor, o *server*, es un ordenador y sus programas que están al servicio de otros ordenadores. Un servidor debe estar siempre encendido, ya que si se apaga, dejará de dar servicio a los demás. Cuando un servidor falla (se apaga o tiene errores), causa que los demás usuarios de la red tengan problemas, porque no disponen de los servicios que proporciona ese servidor.

Existen diferentes tipos de servidores y, dependiendo del servicio que brinde, tiene que disponer de distintos programas capaces de ofrecer esos servicios; el hardware es un ordenador.

2.1.6.1 Tipos de servidores

- ❖ Servidor de correo electrónico, o *mail server*: es un ordenador dentro de una red que funciona como una oficina de correo virtual. Envía, almacena y recibe los mensajes de correo electrónico a través de una red.

- ❖ Servidor FTP: se trata de uno de los más antiguos en Internet Protocolo Para la Transferencia de Archivos. Este tipo de servidores se emplean

para subir archivos de páginas web a los servidores web, archivos de imágenes, videos, para hacer copias de seguridad, etc.

- ❖ *Web server*, o servidor web: todas las páginas web en internet están almacenadas en servidores, llamados servidores web. Un servidor web almacena archivos HTML, imágenes, archivos de texto y los archivos de una web, y los proporciona a los clientes que los solicitan, realizando la transferencia de los archivos a través de la red mediante los navegadores.
- ❖ Servidor *proxy*, o servidor de red: se utilizan para administrar una red de ordenadores, permitiendo el acceso o no a la red de los clientes. Suelen incluir protección de la red, como por ejemplo un *firewall* (cortafuegos).
- ❖ Servidor de bases de datos: son ordenadores preparados para alojar bases de datos para ser utilizadas por uno o más clientes. Además, estos servidores realizan tareas como el análisis de los datos, el almacenamiento, la manipulación de datos y otras tareas específicas.
- ❖ Servidor de audio/video: permiten transmitir contenido multimedia en *streaming*, una manera de enviar información continuamente.

2.1.7 Virtualización de servidores de bases de datos

La virtualización se está convirtiendo rápidamente en una opción popular para las organizaciones más grandes. Consiste en que las bases de datos y los servidores pueden funcionar como instancias virtuales, en entornos virtuales. Un servidor puede ser virtualizado proporcionando múltiples instancias del servidor, y una base de datos virtual puede ser configurada en un servidor físico o virtual.

La virtualización de servidores es una arquitectura de *software* que permite que más de un sistema operativo de servidor se ejecute como invitado en un *host* de servidor físico específico. Al abstraer el *software* de servidor de la máquina física de esta manera, el servidor se convierte en una "máquina virtual", separado de la superficie física. Si bien el servidor "cree" que se está ejecutando exclusivamente en los recursos de memoria y de computación, realmente se está ejecutando en una imitación virtual del *hardware* de servidor.

La virtualización de servidores permite un uso más eficiente de los recursos de TI que antes, debido a que era común tener *hardware* infrautilizado y sobreutilizado en el mismo centro de datos. Para el caso de este proyecto, el servicio para la creación de bases de datos es proporcionado por TI; para acelerar el aprovisionamiento de estas, ofrece bases de datos utilizando MSSQL, MySQL, MongoDB y Postgres.

2.1.8 Bases de datos

Las bases de datos (BD) se utilizan para almacenar datos. Las organizaciones que tratan y almacenan grandes cantidades de datos proporcionan un mayor control sobre estos. Las bases de datos solían ser archivos planos que presentaban columnas y filas para el almacenamiento de datos, pero en la actualidad son relacionales, lo que permite la comunicación entre diferentes bases de datos. Las bases de datos relacionales proporcionan a los usuarios un mayor uso y flexibilidad para gestionar los datos en el repositorio, utilizando programas de bases de datos como Microsoft SQL y MySQL.

Las bases de datos pueden almacenar la mayoría de los tipos de archivos, incluyendo numéricos, de texto y multimedia, y tienen una estructura de datos para organizar la información almacenada. Para el desarrollo del proyecto, se creará una base de datos la cual ayudará con el almacenamiento de información que se requiera. Esta se gestionará mediante el programa Microsoft SQL Server (MSSQL), un sistema para la administración de bases de datos creado por Microsoft. Su lenguaje principal es Transact-SQL.

2.1.9 Programación

“El trabajo de elaboración de un programa se denomina “programación”. Pero la programación no es solo el trabajo de escritura del código, sino todo un conjunto de tareas que se deben cumplir, a fin de que el código que se escribió resulte correcto y

robusto, y cumpla con el objetivo o los objetivos para los que fue creado” (Mathieu, 2014)

La programación se guía por una serie de reglas y un conjunto pequeño de órdenes, instrucciones y expresiones con el fin de ofrecer una solución a un problema determinado. Al proceso de escritura o codificación de un programa se llama programación. Para poder escribir estas instrucciones, se deben utilizar lenguajes de computación. Existen varios tipos de lenguajes de programación, cada uno enfocado en distintos propósitos. Algunos de ellos son Java, C, C++, Python y Perl.

2.1.10 Bases de datos e interfaz web

La web es uno de los medios para localizar, enviar y recibir información de diversos tipos, utilizando para esto bases de datos. Una aplicación que posibilita interconectar la web con una base de datos tiene muchas ventajas, además de que las funciones que cumplen actualmente los servidores web y las herramientas de desarrollo de aplicaciones web hacen más fácil que nunca la construcción de aplicaciones más robustas.

En una aplicación web, los datos y la información se almacenan en BD. Estas están formadas por un número variable de tablas que contienen columnas y filas, y que se componen del contenido que ha sido previamente cargado en ellas a través de formularios. Toman la información de la base de datos y la inserta cada vez que esta se carga. Si la información almacenada en la base de datos cambia, la página web

conectada a la base de datos también cambiará automáticamente, sin intervención del usuario.

2.1.11 Lenguaje HTML

HTML (HyperText Markup Language) es un estándar de lenguaje de marcado que funciona como referencia para la creación de diferentes tipos de páginas web. Se elabora una estructura para el código HTML para la definición de contenido que va a contener elementos como texto e imágenes, entre otros.

2.1.12 Visual Basic.net

Visual Basic (VB) es un lenguaje de programación orientado a objetos que facilita el desarrollo de aplicaciones avanzadas con distintas herramientas. La más comúnmente utilizada es Microsoft Visual Studio, la cual se emplea en el presente proyecto. Al igual que con todos los lenguajes de programación basados en .NET, los programas escritos en VB.NET requieren el *framework* .NET o Mono para ejecutarse.

2.1.13 Asp.net

Se encarga de compilar el código fuente que está escrito en visual y lo transforma en código HTML para que pueda visualizarse en internet con la página ya puesta en la nube, al igual que enlaza la base de datos con la página web. No hay necesidad de escribir el código fuente, porque asp realiza este trabajo compilando todos los

controles y eventos programados en la página con los diferentes colores, tipos de letras y variables que se estén utilizando en el visual.

2.1.14 Retorno sobre la inversión (RSI)

El ROI es un indicador que permite saber cuánto dinero la empresa perdió o ganó con las inversiones hechas. De esta forma, se puede saber qué inversiones valen la pena y cómo optimizar aquellas que ya están funcionando para que tengan un rendimiento todavía mejor.

La métrica es importante porque permite evaluar cómo ciertas iniciativas contribuyen en los resultados de la empresa. De la misma forma, con base en el ROI, es posible planificar metas basadas en resultados tangibles y entender si vale la pena o no invertir. Existe una fórmula simple para calcular el ROI: $ROI = (Ganancia - Inversión) \div Inversión$. El valor del ROI se expresa en como un valor porcentual. Es decir, si se quiere conocer el porcentaje de beneficios de una inversión, el ROI debe multiplicarse por 100.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se llevará a cabo la descripción de la metodología para el desarrollo del análisis, ofreciendo los aspectos que describen el tipo y el enfoque de la investigación. Se especifican las personas objeto de estudio, al igual que los sujetos y las fuentes de la información, no sin antes puntualizar las técnicas para la recolección de datos, así como las variables del estudio. Esto brindará el diseño de la investigación. Al respecto, Sampiere (2014) señala que “la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno”.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo del presente trabajo corresponde a una investigación de campo. Al solucionar o mejorar una situación determinada, se plantea un objetivo, y para cumplir con este, se deben analizar los antecedentes de la situación, además de recurrir a las personas involucradas en el proceso que se desea optimizar. Lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

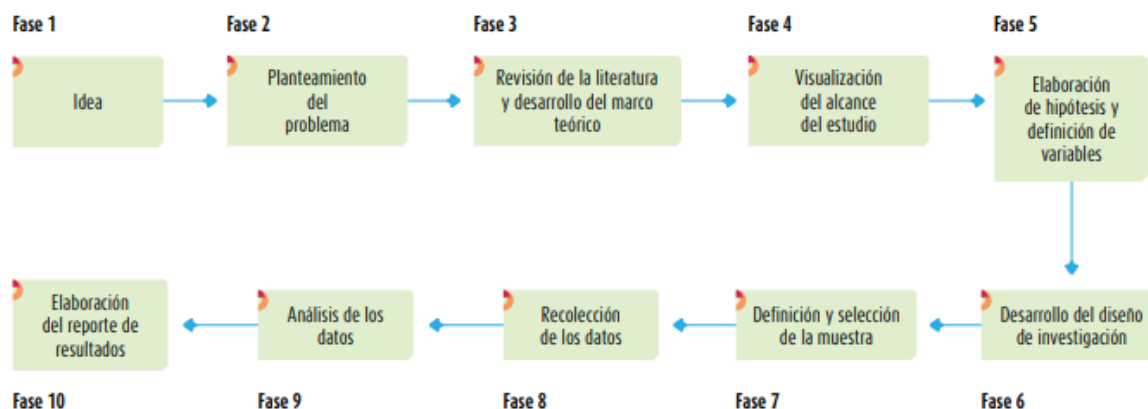
De acuerdo con Guillermina Paz, "las técnicas específicas de la investigación de campo tienen como finalidad recoger y registrar ordenadamente los datos relativos al tema escogido como objeto de estudio. La observación y la interrogación son las principales técnicas que usaremos en la investigación" (Paz, 2014).

3.2.1 Enfoque de la investigación

El proyecto se desarrollará sobre la vertiente del enfoque cuantitativo, debido a las técnicas utilizadas para la recolección de datos, el análisis del contenido de los datos obtenidos y las pruebas de rendimiento, entre otras. Sampiere (2014) explica que “el enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos ‘brincar’ o ‘eludir’ pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica Enfoque cuantitativo Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.”

Hernández *et al.* (2006, p. 46) añaden que “el enfoque cuantitativo usa recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. El proceso del enfoque cuantitativo se representa en la Figura 5.

Figura 5: Proceso cuantitativo



Fuente: (Sampiere, 2014)

Por último, el alcance del proyecto es correlacional, porque toma las variables de tiempo y eficiencia del sistema electrónico en el proceso de la actualización del inventario. De acuerdo con Sampiere (2014), “este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables.”

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Se denominan fuentes de información a diversos tipos de documentos que contienen información útil para satisfacer una demanda de información o conocimiento. Existen dos tipos de fuentes de información, llamadas fuentes primarias y fuentes secundarias, cada una de ellas con sus respectivas características. Conocer las

fuentes de información adecuadas del trabajo que se está realizando es parte del proceso de investigación.

3.3.1 Fuentes primarias

Buonocore (1980) define a las fuentes primarias de información como “las que contienen información original no abreviada ni traducida: tesis, libros, nomografías, artículos de revista, manuscritos. Se les llama también fuentes de información de primera mano...” Adicionalmente, Sampiere (2014) comenta que “las referencias o fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes.”

En la investigación se hará uso de la observación de datos y diferentes tesis previamente realizadas como fuentes primarias de información. La revisión de diferentes documentos sustentará la información necesaria para la utilización de algunos componentes electrónicos.

3.3.2 Fuentes secundarias

Buonocore (1980) las define como aquellas que contienen datos o informaciones reelaborados o sintetizados, “tales como resúmenes, obras de referencia (diccionarios o enciclopedias), un cuadro estadístico elaborado con múltiples fuentes entre otros”. Según Bernal (2010), las fuentes secundarias “son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema por investigar, pero no la fuente original de los

hechos o las situaciones, sino que solo los referencian.” Es decir, las fuentes secundarias son textos que contienen información basada en las fuentes primarias.

Los libros, la información básica en los distintos sitios web, las hojas técnicas de los componentes electrónicos que serán utilizados y el apoyo de algunos vídeos forman parte de las fuentes secundarias de información para el desarrollo de este proyecto.

3.3.3 Sujetos de información

Los sujetos de información son las personas objetos de estudio; es decir, es la población a la cual se le consulta información. Según Barrantes (1999), la población es el “conjunto de elementos que tienen características en común... Pueden ser finitas o infinitas”. Para efectos del proyecto, se toma como apoyo para la recopilación de las necesidades requeridas en las cuales se fundamenta esta investigación, así como la evaluación y la implementación de la solución propuesta que se consultará con personal técnico y profesional de mayor experiencia en el área. Tabla 2 muestra los sujetos anteriormente mencionados.

Tabla 2: Definición de sujetos de investigación

Puesto laboral	Profesión	Experiencia en el área	Relación con el tema
Gerente de ingeniería de pruebas	Ingeniero electrónico	1,5 años	Gerente de ingeniería del departamento de soporte TRB ("Tool Repair Base")
Ingeniero de soporte	Ingeniero electrónico	2,5 años	Coordinador de la atención de averías de los colaterales y ubicación de estos.
Técnico de soporte	Técnico electrónico	1 año	Forma parte del grupo en la atención de averías de los colaterales y ubicación de estos.
Técnico de soporte	Técnico de mantenimiento en electrónica industrial	1,5 años	Forma parte del grupo en la atención de averías de los colaterales y ubicación de estos.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3: Definición de variables de investigación Tabla 2 se muestran los sujetos de investigación contactados durante el desarrollo del proyecto. Son de vital importancia, ya que en ellos recae la facilitación de información y apoyo técnico para el éxito del proceso, así como la experiencia en el manejo de la actualización del inventario del equipo.

3.4 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS

Para realizar una efectiva evaluación, se precisa buscar información confiable, para lo cual es necesario el uso de determinadas técnicas de recolección de datos. Entre las técnicas de recolección de datos utilizadas según el tipo de investigación se encuentran las siguientes:

3.4.1 La observación

En este sentido, Arias (2012) afirma que: “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”.

Esta técnica es utilizada durante todo el estudio, por ser una de las más efectivas herramientas de investigación para alcanzar los objetivos planteados, y se puede definir como el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y su comportamiento dentro del medio donde este se desenvuelve. Como parte del proyecto, se estará observando la metodología de trabajo del personal para control de inventario del equipo en el laboratorio.

3.4.2 Lluvia de ideas

Para la discusión de la lluvia de ideas, se solicita al personal involucrado en los sujetos de información y a la jefatura una reunión para la discusión de la misma. Se exponen y se discuten las ideas principales consideradas importantes o relevantes por cada uno de los integrantes de la reunión.

3.5 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

A partir de los objetivos específicos planteados en el Capítulo I, se derivan las variables que se tratarán durante el desarrollo del proyecto; estos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Definición de variables de investigación

Objetivo	Variable	Descripción
Estudiar el funcionamiento de la solución Intel® RFD sensor Platform	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Intel®RSP ❖ Lectores ❖ Etiquetas 	Se debe analizar el funcionamiento del sistema, así como seleccionar los lectores y las etiquetas que se pueden utilizar.
Comprender el sistema actual de inventario del equipo en el CRML de Intel	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sistema de inventario 	Se requiere conocer las características actuales del sistema para comprender las deficiencias de este.
Determinar los requerimientos de red que va a necesitar el sistema.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Conmutador ❖ Enrutador ❖ Puerta de enlace 	Se deben seleccionar los dispositivos para lograr la interconexión entre los equipos e Internet conociendo los requerimientos del sistema.
Implementar el sistema para controlar el estado y ubicación del equipo, ya sea en mantenimiento o almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Instalación de estantes ❖ Instalación de lectores ❖ Instalación de etiquetas 	Se deben realizar diferentes pruebas para definir la ubicación de los estantes y lectores, así como la colocación de etiquetas.

Establecer la manera de ingresar automáticamente y en tiempo real los datos del estado del equipo en la plataforma de control de inventario.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Cloud services portal</i> ❖ Conocimiento en bases de datos. 	Utilización de portal privado de Intel para la creación de la BD. Se deben crear las tablas donde se almacenará la información.
Crear una página web para visualizar la ubicación del equipo colateral.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Conocimiento en HTML, Java y C# 	Se debe crear la página para la visualización de datos al usuario; para esto, se requieren conocimientos en HTML, Java y C#.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1 Etapa 1: Instalación de hardware

Esta etapa tiene como objetivo el entendimiento del equipo que se requiere para la realización del proyecto. Se definirán lugares específicos donde se va encontrar el equipo que va estar en almacenamiento y el de mantenimiento. Se analizará el funcionamiento del sistema Intel® RRS, así como todo el sistema de red necesario para la colocación de los lectores RFID, instalándose así toda la parte de *hardware* del sistema.

3.6.2 Etapa 2: Funcionamiento de hardware y conexión a BD

Esta fase se aplica con el objetivo de obtener el correcto funcionamiento entre el *hardware* y el *software*. Se llevarán a cabo diferentes pruebas para determinar las

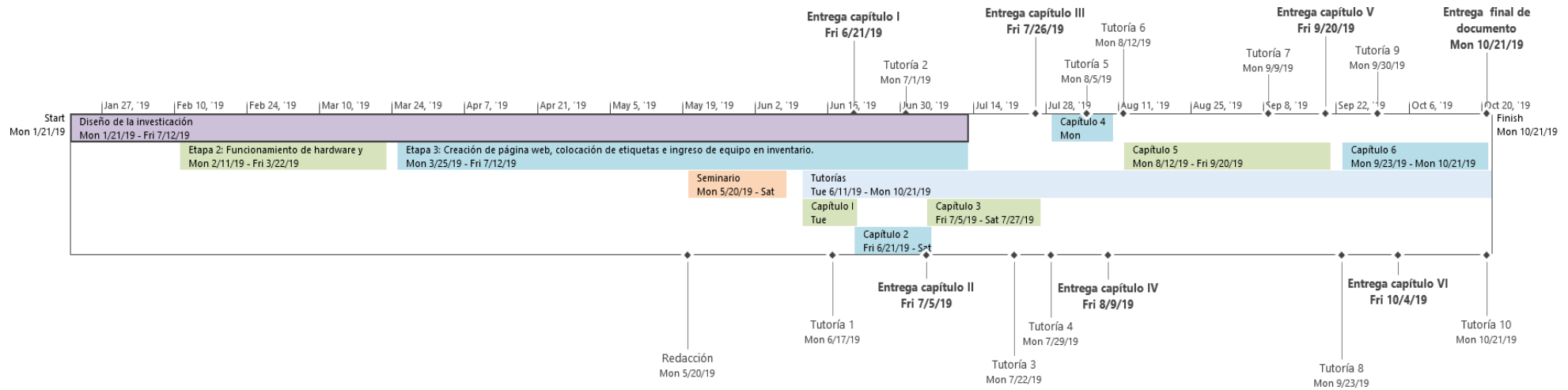
etiquetas adecuadas que se requieran, así como para definir la posición más conveniente de la etiqueta en el equipo para la lectura de esta. También se efectuará la conexión del sistema con la base de datos que se creará para almacenar la información.

3.6.3 Etapa 3: Creación de página web, colocación de etiquetas e ingreso de equipo en inventario

En esta etapa se colocarán las etiquetas a los dispositivos de los que se quiere llevar control y se buscará la realización de la página web dinámica que estará conectada con la base de datos. Mediante la página web, se ingresarán los dispositivos que se quieren rastrear a la base de datos y, finalmente, se validará el funcionamiento del sistema.

A continuación, en el diagrama de Gantt de la Figura 6, se detalla una línea de tiempo que establece las principales etapas y desarrollos del proyecto, así como las etapas más significativas y su ubicación en el tiempo. Para mayor referencia, se puede consultar el Anexo 2.

Figura 6: Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El área de CRML de Intel, dentro de muchas otras actividades, es responsable de verificar la calidad en el control de pruebas de productos Intel en desarrollo, antes de que pasen a la fabricación en volumen. En esta línea, el Mega Lab de Costa Rica debe seguir estrictas leyes locales y procedimientos de auditoría de equipo como parte del proceso.

Históricamente, el laboratorio ha respaldado las pruebas para familias de productos de alto volumen; para cumplir con las obligaciones de trabajo, es imperativo tener plena visibilidad del inventario y la ubicación del equipo colateral: Testers, AP y TIU.

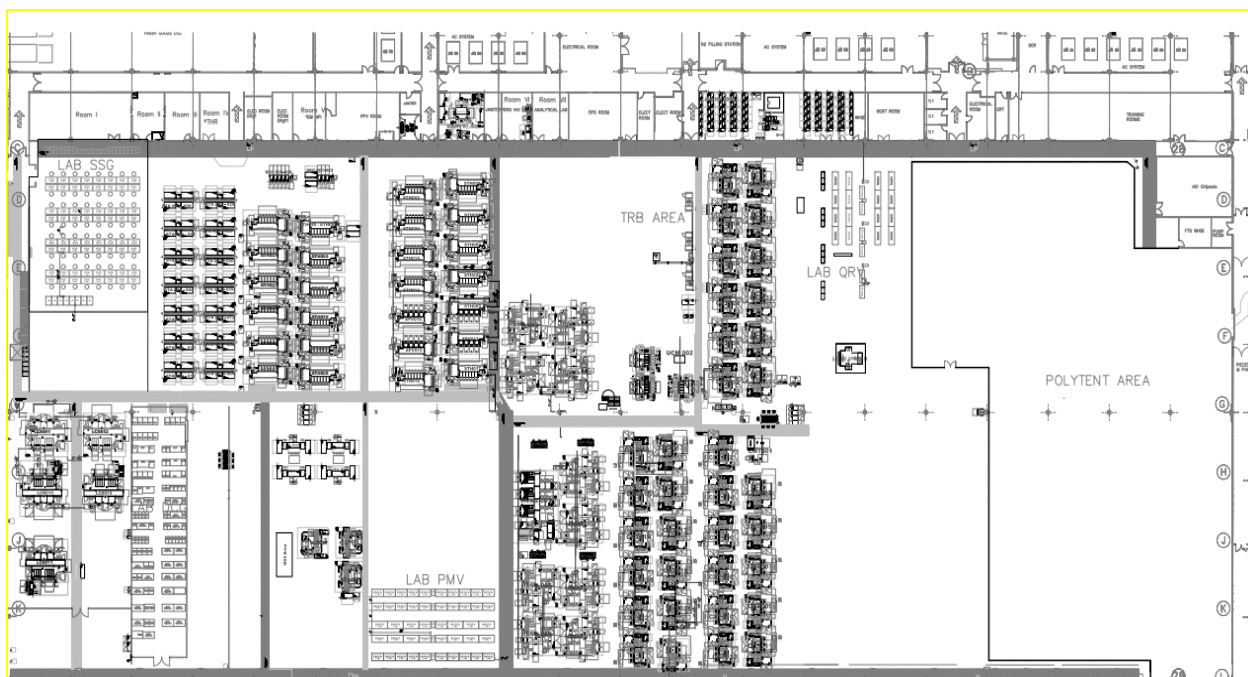
Originalmente, el equipo usaba códigos de barras en etiquetas de activos para el seguimiento. Sin embargo, ese sistema no podía proporcionar un recuento o una ubicación de inventario en tiempo real, ni un seguimiento de equipos de laboratorio. El ingeniero de soporte que se encarga de coordinar la atención de averías de los colaterales y la ubicación de estos señaló que, con la utilización de ese sistema, había retrasos de tiempo entre el escaneo del equipo y la capacidad de ingresar la información del activo al inventario.

Actualmente, se cuenta con un sistema de control de inventario manual para tener trazabilidad de los equipos colaterales, donde los técnicos y los operarios

encargados del movimiento y la reparación de estos deben reportar de manera manual al sistema cuando ingresan el equipo a mantenimiento o almacenamiento.

El tener que buscar el equipo en todo el laboratorio es un problema, ya que requiere de mucho tiempo debido a las dimensiones del laboratorio, como se observa en la Figura 7. Este tiempo se necesita para la realización del mantenimiento preventivo y de reparación que existe en el laboratorio debido a su alta demanda.

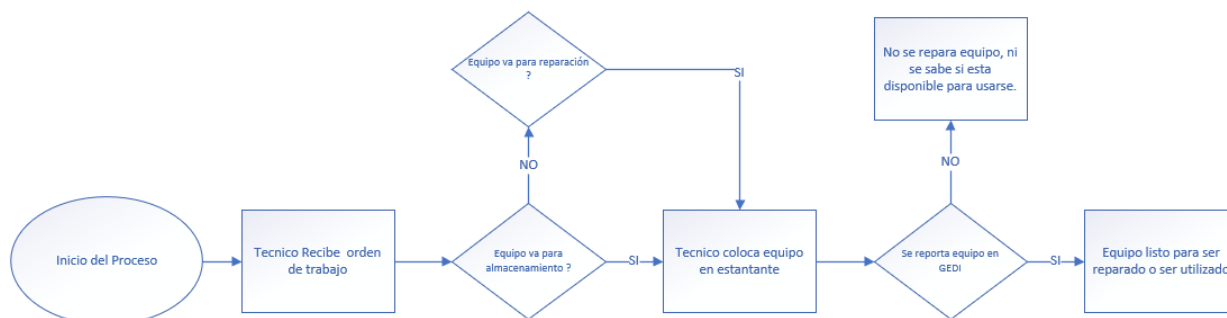
Figura 7: Área de laboratorio



Fuente: Documentación de Fernando Rosales, gerente del departamento de TRB

En la siguiente figura se puede observar el diagrama del proceso actual.

Figura 8: Diagrama del proceso actual



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en el flujo del proceso actual, el equipo de reparación y almacenamiento no se puede diferenciar, dado que se coloca en los mismos estantes. Además, muchas veces no se sabe cuánto equipo hay disponible para usar y cuánto está en reparación, ya que también existe el problema de que no se reporte el estado del equipo en GEDI. Esto ocasiona que equipo no sea reparado y, cuando se ocupe, haya pérdida de tiempo en los procesos.

Además de esto, aunque no existen datos para mostrarlo, en la actualidad existen mayores riesgos que pueden llevar a la pérdida de equipo, tales como la disminución de los controles de seguridad, como el retiro de las cámaras de seguridad y la disminución de la inspección de los funcionarios de seguridad. Conforme a esto, al no llevar trazabilidad del equipo, ocurren extravíos, lo cual ocasiona el pago de impuestos y multas y, por ende, pérdida de dinero.

4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar las principales necesidades de los usuarios, se procedió a realizar reuniones y observaciones de la metodología de trabajo mediante las cuales el personal del mega-laboratorio de Intel expresó sus principales requerimientos para el control de inventario.

4.2.1 Lluvia de ideas

La mejor manera de identificar las causas del problema a analizar es a través de una tormenta o lluvia de ideas, en la que todos los miembros del proceso presentan sus ideas y opiniones sobre el origen de la raíz del problema, así como posibles soluciones.

Por esta razón, para el proyecto se decidió realizar una reunión en la que se discutió el problema, con el gerente del departamento, Fernando Rosales, y dos técnicos más, quienes se encargan de la manipulación del equipo colateral. Esta reunión se realizó en el laboratorio de Intel el viernes 20 de septiembre del 2018, de la cual se hizo un control de asistencia que se puede consultar en el anexo 3.

En la siguiente figura, se muestran las opiniones de estas personas. Aquí se logra conocer con más detalle el problema y obtener los requerimientos del sistema. Para mayor referencia, se puede consultar el Anexo 4.

Figura 9: Lluvia de ideas



Fuente: Elaboración propia

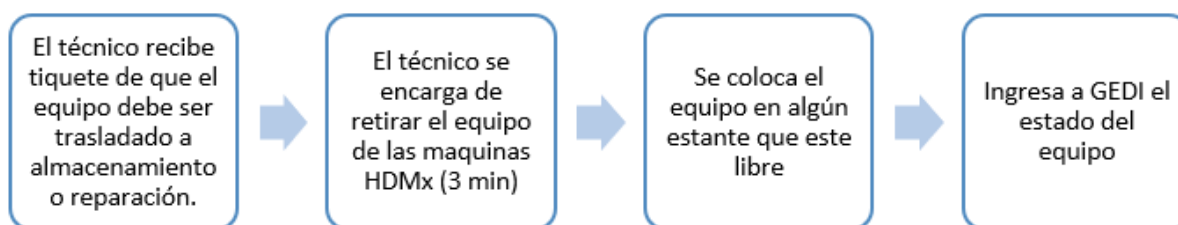
Mediante esta reunión se lograron analizar diferentes aspectos, como la identificación de problemas, estudiar sus causas y seleccionar alternativas de solución para el desarrollo del proyecto.

4.2.2 Observación

Se utilizó la observación durante todo el estudio, debido a que es de las herramientas de investigación más efectivas. Para el caso del proyecto, se decidió observar el proceso que siguen los técnicos para el traslado de equipo y el ingreso de este al inventario.

A continuación, se detalla este proceso mediante un diagrama de flujo:

Figura 10:Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el flujo, el técnico recibe un tiquete que hace referencia a una orden de trabajo de que el equipo debe ser trasladado a almacenamiento o reparación. Luego, el técnico se encarga de retirar el equipo de las máquinas HDMx alrededor de 100 metros, dependiendo de la ubicación de la máquina, en lo que dura un aproximado de tres minutos. Finalmente, se coloca el equipo en algún estante que esté libre y se ingresa a GEDI el estado del equipo.

El ticket se debe resolver en cinco minutos. Seguidamente, se muestra la Tabla 4 con observaciones que se realizaron para estimar el tiempo que se dura ingresando el equipo al sistema.

Tabla 4: Tiempo de ingreso de estado del equipo a GEDI

Equipo	Tiempo de ingreso a GEDI	Descripción
TIU	1,5 min	Estado ingresado
AP	0 min	Técnico olvidó ingresar estado al sistema
Tester	1,5 min	Estado ingresado
Tester	1 min	Estado ingresado
AP	1 min	Estado ingresado
TIU	1,5 min	Estado ingresado
AP	1,5 min	Estado ingresado

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que se trata de pocos pasos, se dura alrededor de 1,5 minutos para ingresar cada equipo en el sistema. Adicionalmente, en un día se resuelven un alrededor de 70 tickets, lo que ilustra mejor el atraso que se puede provocar. En el anexo 5 se puede observar un reporte de tickets resueltos en un día.

Para el desarrollo de este proyecto, los cálculos se realizaron asumiendo que se atienden 68 tickets en un día, lo que son un total de 2080 horas al año, de las

misma se dedican 624 horas al ingreso de los datos al sistema. Además de la gran cantidad de horas dedicadas a esta actividad, al ser ingresados los datos manualmente, se pueden presentar problemas, por ejemplo, que el equipo no es reportado cuando es movido de lugar debido a que el técnico olvida hacerlo.

4.3. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Tomando en cuenta las observaciones, así como los criterios mencionados por el personal mediante la lluvia de ideas y la observación, se realizó un análisis más profundo con la información recopilada. Se elabora la siguiente lista con los aspectos solicitados:

Tabla 5: Lista de chequeo de las características para el desarrollo del prototipo

Criterio	Descripción	Cumplimiento
1	Utilización del sistema Intel RPS	
2	Inteligencia casi en tiempo real sobre sus activos	
3	Visibilidad total del movimiento interno de los activos del laboratorio	
4	Facilidad para ingresar y eliminar dispositivos al sistema.	
6	Realización de una página web para la visualización de datos.	

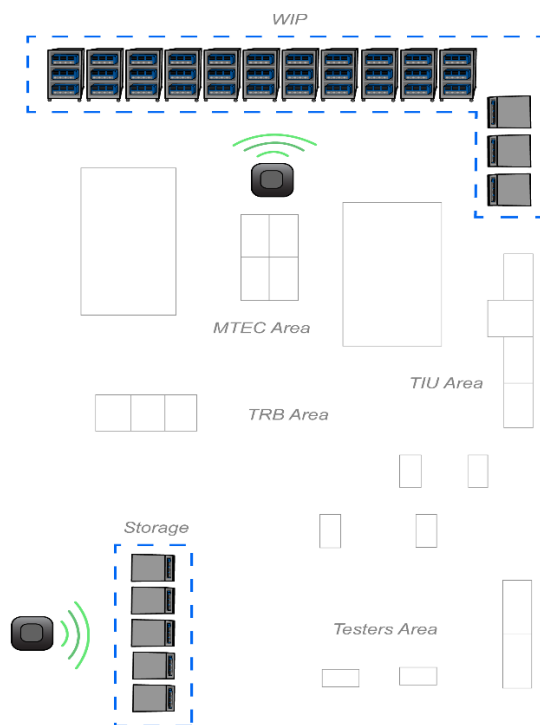
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Con base en los requerimientos del sistema, la propuesta a la solución del proyecto es utilizar la plataforma Intel®RSP y colocar lectores RFID en el área que será determinada para almacenamiento y en la que será determinada para reparación. Dichos lectores estarán leyendo constantemente el equipo colateral que ingrese a estas áreas. Cada dispositivo llevará una etiqueta con la cual se va a identificar cada uno. En la siguiente figura se muestra con mayor detalle lo que se desea lograr.

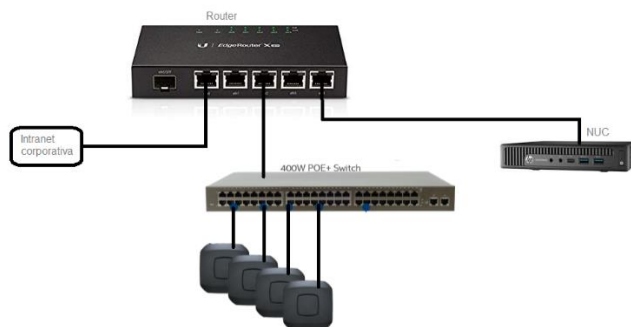
Figura 11: Colocación de estantes



Fuente: Elaboración propia

La propuesta de la configuración de *hardware* del sistema Intel RSP se expone en la Figura 12.

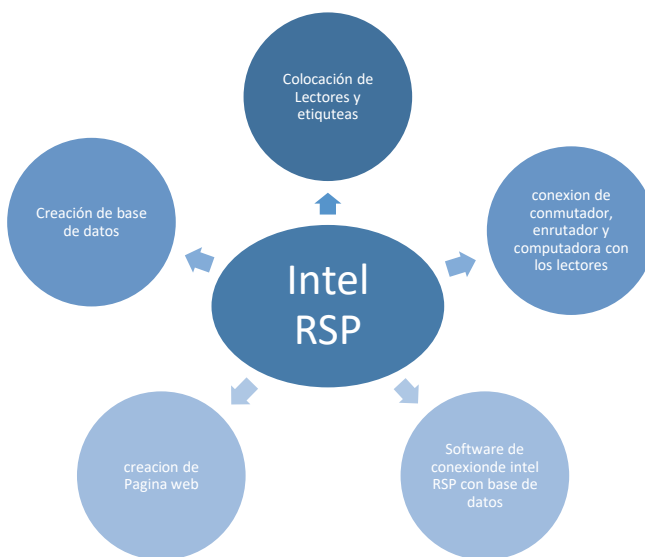
Figura 12: Configuración del Intel RSP



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra un diagrama de bloques en el cual se involucran los componentes de *hardware* y *software* que integran el diseño del proyecto.

Figura 13: Etapas que integran el proyecto



Fuente: Elaboración propia

5.1.1 UBICACIÓN FÍSICA PARA EL SISTEMA INTEL RSP

El objetivo de esta investigación es implementar un sistema RFID para identificar y ubicar los dispositivos colaterales que se encuentran en almacenamiento o reparación en el laboratorio de Intel. Para el diseño de un sistema RFID, hay que tener en cuenta diversos factores, tales como el rango de alcance para mantener la comunicación, la velocidad de flujo de datos que se puede obtener entre lector y etiqueta, el tamaño físico de la etiqueta y la robustez que ofrece la comunicación a posibles interferencias de materiales entre lector y etiqueta, entre otros.

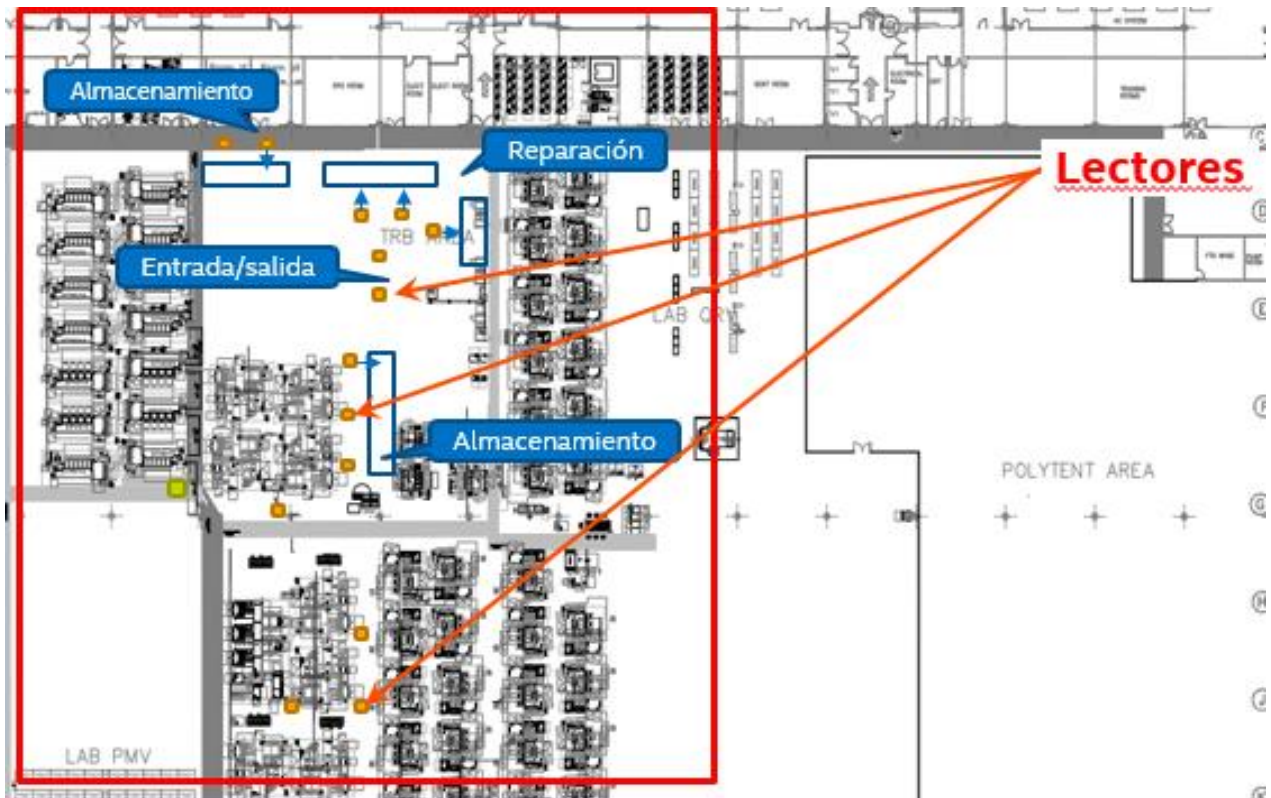
La identificación debe ser única, almacenando datos relevantes como la fecha y hora de lectura, activo, ubicación, etiqueta y lector. Este diseño se basa en la utilización de la solución Intel®RSP. La plataforma del sensor Intel® RFID consta de un sensor aéreo fijo, fácil de instalar, que utiliza identificación por radiofrecuencia (RFID) para recopilar información de inventario precisa y siempre activa en tiempo real. Intel® RSP es un dispositivo conveniente para ser utilizado en entornos industriales.

Para el desarrollo del proyecto, se utilizó una configuración de lector fijo para reducir el costo de implementación. Con el lector fijo, se proporcionará cobertura para todas las áreas claves donde se almacenarán y se repararán los activos del laboratorio.

El sistema total consta de 14 lectores Intel® RSP, un conmutador PoE de 48 puertos, un enrutador y una puerta de enlace. Se establecieron estantes donde estarán

ubicados los equipos de reparación y almacenamiento, respectivamente. En la Figura 14, se muestra el diseño de la ubicación de estantes y lectores dentro del laboratorio.

Figura 14: Diseño de lectores



Fuente: Documentación de Fernando Rosales, gerente del departamento de TRB

5.2 PROTOTIPO

5.2.1 Hardware

A continuación, se describirá cada una de las etapas que conforman el *hardware* del proyecto con el detalle de los componentes utilizados.

5.2.1.1 Intel® RSP

Para el desarrollo del proyecto, se utilizó la plataforma Intel®RSP, la cual consta del dispositivo Intel® RRS – 900, una aplicación (RSP Controller) y una instancia de la nube. Su funcionalidad consiste en que los sensores RFID que se encuentran dentro del dispositivo interrogan a la población de etiquetas RFID dentro de un rango y pasa la información de las etiquetas para su procesamiento. La implementación del sistema se hará con la ayuda de una guía del usuario del dispositivo RRS, la cual se puede consultar con detalle en el Anexo 6.

La aplicación RSP Controller se ejecuta en la computadora local que controla y procesa los datos de los sensores conectados. Esta aplicación se empareja automáticamente con sensores RSP, una vez que los datos procesados se envían a la nube.

5.2.1.1.1 Sensor

Figura 15: Sensor



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15, se muestra el sensor a utilizar en el proyecto, el cual es principalmente un lector RFID UHF con sensores adicionales, como el de detección de movimiento. El sensor se energiza a través de Ethernet, controlado por el dispositivo Intel RRS, y también reporta la información de lectura de su etiqueta al dispositivo.

En la siguiente tabla, se pueden observar las especificaciones eléctricas del sensor, las cuales brindan información importante acerca de dónde deben ser colocados los sensores en la implementación.

Tabla 6: Especificaciones eléctricas del sensor

Especificaciones eléctricas del sensor	
Protocolo de interfaz aérea:	EPC UHF RFID Clase 1 Gen 2 (ISO 18000-6C)
Frecuencia de operación:	902 - 928 MHz (EE. UU.), 865 - 868 MHz (ETSI)
Potencia radiada:	hasta 4 W EIRP (2 W ERP)
Fuente de alimentación:	Power over Ethernet (PoE) Plus con IEEE 802.3af, 802.3at, Cisco * Universal Power Over Ethernet (UPOE *)
Consumo de energía:	16 W máximo, 5 W inactivo
Rango de lectura:	15 metros
Velocidad de lectura de etiquetas:	más de 600 lecturas de etiquetas por segundo
Indicadores:	LED tricolor único

Fuente: (Intel, n.d.)

5.2.1.1.2 Nube

La nube proporciona una consola de administración que permite el almacenamiento, la configuración y la administración de Intel®RSP. Además, la nube recibe los eventos generados por los dispositivos y permite que los datos estén disponibles a través de un conjunto de API.

5.2.1.2 Requisitos del sistema

Para garantizar la funcionalidad adecuada de Intel®RSP, y específicamente del dispositivo intel®RRS, existen requisitos que deben observarse tanto para la

plataforma de *hardware* en la que se ejecuta la aplicación del dispositivo como para la red a la que está conectado.

5.2.1.2.1 Next Unit of Computing (NUC)

Para admitir los algoritmos necesarios para la ubicación de etiquetas casi en tiempo real y la gestión dinámica de sensores, la aplicación RSP Controller debe instalarse en una máquina con la siguiente configuración mínima para garantizar un rendimiento óptimo. Para que la máquina se gestione de forma remota, incluso si el sistema operativo está dañado, debe contener la tecnología Intel®AMT (NUC: Intel®Core © i7, caché de 8MB, Intel®vPro, tecnología Intel®AMT, RAM: 16 GB mínimo, SDD: 80 GB mínimo).

Debido a las especificaciones requeridas, se utilizó el dispositivo HP MP9 G2 Retail System. En la Tabla 7, se muestran algunas de las especificaciones de este. Para mayor referencia, se puede consultar el Anexo 7.

Tabla 7: Especificaciones HP MP9 G2 Retail System

Especificación	Descripción
Intel Core i7-6700T	Hasta 3,6 GHz de frecuencia Turbo máxima (2,8 GHz de frecuencia básica), 8 MB de caché, 4 núcleos, 8 subprocesos Gráficos Intel HD 530 Admite memoria DDR4 con velocidad de datos hasta 2133 MT/s Es compatible con tecnologías Intel vPro y el Programa de plataforma de imagen estable de Intel (SIPP)
Memoria DDR4-2133	Velocidad de transferencia: hasta 2133 MT/s Máximo: 32 GB Cantidad de ranuras: 2 SODIMM El usuario puede acceder y actualizar ambas ranuras.
Ethernet (RJ-45)	Conexión de red integrada Intel I219LM Gigabit LOM (estándar)
Puertos	6 - USB 3.0, 2 frontales, 4 posteriores 1 - Puerto CTM tipo USB 3.0 1 - VGA 2 – DisplayPort 1.2 1 – RJ-45 1 – Conector combinado de auriculares / micrófono 1 – Serial (RS-232) opcional - reemplaza 1 DisplayPort 1.2 1 – HDMI opcional - reemplaza 1 DisplayPort 1.2
Ranuras	1 – m.2 PCIe x4-2230 (para WLAN) 1 m.2 PCIe x 4-2280 (para almacenamiento)

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.2.2. Conmutador Power over Ethernet (PoE)

Para lograr la interconexión de dispositivos, se requiere de un conmutador, por lo que para la interconexión de los dispositivos Intel® RRS con la computadora, se decidió adquirir un conmutador CISCO P100 certified 24port POE+ switch. A pesar de que para el caso del proyecto no se utilizarán los 24 puertos, se eligió este conmutador para en un futuro tener la posibilidad de agregar más lectores con facilidad.

5.2.1.2.3 Enrutador

Se requiere un enrutador para la interconexión entre la red, el conmutador y el NUC. El dispositivo a utilizar es el edgeRouter, pues el equipo fue brindado por la empresa, ya estaba comprado y es de utilidad, dado que cumple con los requerimientos del sistema: se necesitan solo tres puertos, y tiene cinco. Para mayor referencia, se puede consultar el Anexo 8.

5.2.2 Software

En esta sección, se definirá cada una de las pautas y criterios que se utilizaron para el desarrollo de *software* y la creación de la página web.

5.2.2.1 Ubuntu

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema cuenta con una aplicación llamada intel® RSP Controller. Para instalar dicha aplicación, se requiere el sistema operativo Ubuntu 16 LTS, por lo que este se instaló en la computadora para el funcionamiento del proyecto.

5.2.2.2 Base de datos

Intel ofrece una plataforma DBaaS de IT que proporciona un modelo de entrega de autoservicio, habilitado por el cliente interno de los distintos *sites*, que proporciona administración y aprovisionamiento automatizado de bases de datos de conformidad con los estándares técnicos y de seguridad de Intel, monitoreo automatizado de bases de datos, alta disponibilidad, respaldos a pedido e integración de IAP (Intel Application Profiler). DBaaS actualmente ofrece Microsoft SQL Server, SSIS, SSRS, MariaDB (MySQL), PostgreSQL, MongoDB, ActiveMQ y Redis.

Para el desarrollo del proyecto, se creó una base de datos, la cual ayuda con el almacenamiento de información que se requiera. Esta fue creada mediante el portal privado de Intel (<https://dbaas.intel.com>). Esta base de datos es creada vacía; una vez creada mediante el programa Microsoft SQL Server, se generaron las tablas requeridas por el proyecto.

Figura 16: Tablas creadas en la base de datos del proyecto

EventHistory *	Inventory	EventRaw *	AssetTag *
eventId	facilityId	eventId	assetId
assetId	assetId	epc	epc
epc	epc	eventType	created
eventType	readerId	facilityId	
facilityId	created	readerId	
readerId		created	
created		processed	

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 16, la base de datos está conformada por cuatro tablas:

- ❖ Etiqueta de activo (AssetTag): Contiene el “ID” (identificador) del activo, el “epc”, que corresponde al ID de la etiqueta, y “created” (creado), la cual es la fecha en que fue ingresado el equipo colateral al inventario.
- ❖ Evento sin procesar (EventRaw): Almacena información como el ID de la lectura, ID de la etiqueta, el tipo de evento (llegada, contador de ciclos), la identificación de la instalación (Reparación, Almacenamiento), el ID del lector, entre otros.
- ❖ Inventario (Inventory): Aquí se especifica información como el ID del activo, ID de la instalación, el ID de la etiqueta y del lector, así como la fecha de lectura.
- ❖ Historia de eventos (EventHistory): En esta tabla se almacenan todas las lecturas realizadas, con su respectiva información.

En la Figura 17: Tabla inventario de la base de datos:Figura 17 se muestra un ejemplo de una de las tablas creadas con información importante de los activos que se han ingresado al inventario.

Figura 17: Tabla inventario de la base de datos:

Object Explorer: sql1155-fm1-in.amr.corp.intel.com,3180 (C)

SQLQuery1.sql - sql...ML_Assert_so (88)

```

/***** Script for SelectTopNRows command from SSMS *****/
SELECT TOP (1000) [facilityId]
, [assetId]
, [epc]
, [readerId]
, [created]
FROM [CRML_Assert_Tracking].[dbo].[Inventory]

```

	facilityId	assetId	epc	readerId	created
1	CR3-003	BB2TXH1P4274	1060362400000000000000098	RSP-9bf94a	2019-03-19 06:01:14.960
2	CR3-003	BB2TXH1P6115	1060362400000000000000186	RSP-9bf94a	2019-04-10 06:01:30.680
3	CR3-003	HDMTG2-30196	1060362400000000000000189	RSP-9bf94a	2019-07-19 06:02:25.707
4	CR3-003	HDMTG2-30198	1060362400000000000000200	RSP-9bf94a	2019-07-19 08:02:54.237
5	CR3-003	SPICLYN42GP1115	106036240000000000000049	RSP-9bf94a	2019-07-19 06:02:25.703
6	CR3-004	BB2TXH1P5292	1060362400000000000000087	RSP-956dad	2019-07-19 06:02:25.703
7	CR3-004	BB2TXH1P6056	1060362400000000000000193	RSP-956dad	2019-07-19 06:02:25.707
8	CR3-004	BB2TXH1P8533	1060362400000000000000102	RSP-956dad	2019-07-19 06:02:25.703
9	CR3-004	HDMTG2-32038	1060362400000000000000168	RSP-956dad	2019-07-19 06:02:25.707
10	CR3-004	SPTGLU42GP1562	1060362400000000000000108	RSP-956dad	2019-07-19 06:02:25.703
11	CR3-008	BB2TXH1P6348	1060362400000000000000194	RSP-9b69d4	2019-04-10 06:01:30.680
12	CR3-008	HDMTG2-30424	1060362400000000000000191	RSP-9b69d4	2019-07-19 10:38:16.317
13	TRB-EXT-001	BB2TXH1P4638	1060362400000000000000051	RSP-952dd3	2019-03-19 06:01:14.960
14	TRB-EXT-001	BB2TXH1P6012	1060362400000000000000071	RSP-952dd3	2019-03-19 06:01:14.960
15	TRB-EXT-001	BB2TXH1P6036	1060362400000000000000162	RSP-952dd3	2019-03-19 06:01:14.960

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 Conexión Intel RSP – base de datos

Se creó un software en Python que se encarga del envío de los datos leídos por el sistema INTEL RSP a la base de datos creada, por medio del protocolo MQTT, el cual es un protocolo de conectividad máquina a máquina (“Internet de las cosas”). Una vez conectado el *hardware*, se comenzó a enviar la información a las bases de datos. En el Anexo 9 se puede observar la programación con más detalle. En la Figura 18, se muestra el main.py.

Figura 18: Código Python para conexión de BD con Intel RSP.

```
main.py x
3 import configparser
4 import paho.mqtt.client as mqtt
5 import reporter
6
7 config = configparser.ConfigParser()
8 config.read('config.ini')
9
10 client = mqtt.Client()
11 client.on_subscribe = reporter.on_subscribe
12 client.on_message = reporter.on_message
13 client.tls_set(config['ADMIN']['CA_PATH'])
14 client.username_pw_set(config['ADMIN']['USER_NAME'], config['ADMIN']['PASSWORD'])
15 client.connect(config['ADMIN']['COMPUTER_NAME'] + '.local', 9883)
16 client.subscribe('rfid/gw/events', qos=1)
17 client.on_disconnect = reporter.on_disconnect
18 try:
19     client.loop_forever()
20 except KeyboardInterrupt:
21     print('\n' + 'Exiting...')
22     client.disconnect()
23 except Exception as e:
24     print('Unexpected error: ' + e.message)
25     client.disconnect()
26
```

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.4 Pagina web

Para el desarrollo de la página web, se utilizó una plantilla de ASP.net, la cual creó unas carpetas y unos archivos predeterminados que fueron la base para empezar a trabajar. Se elaboraron distintas clases para lograr la conexión con la base de datos, así como la consulta y la escritura de información en ella. En la Figura 19 y la Figura 20 se pueden observar.

Figura 19: Clase de conexión a la base de datos

```

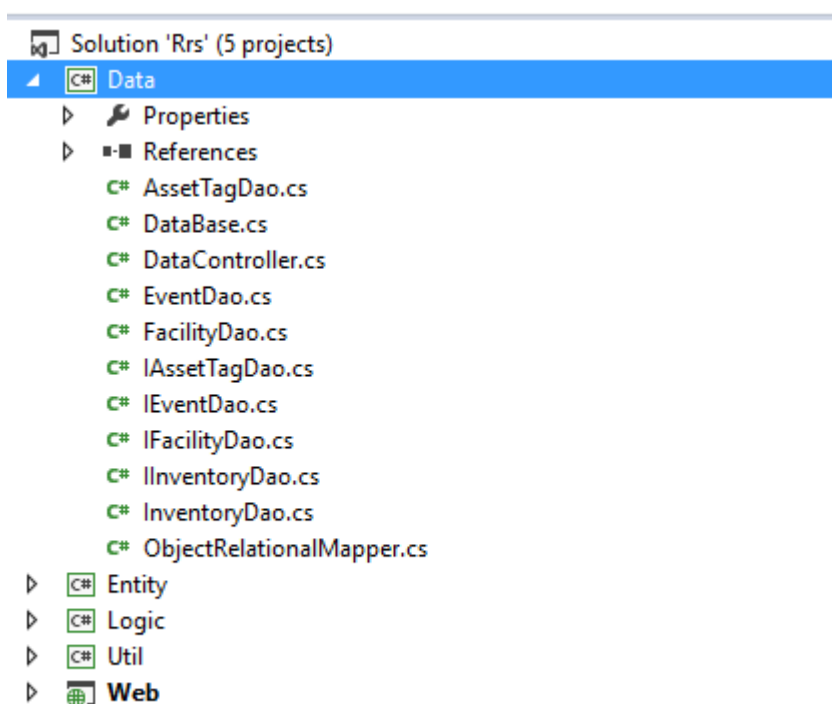
using System.Configuration;
using DeRoseNet.CsLibrary.Database;

namespace RrsData {
    public class DataBase {
        protected IDatabase database;
        public DataBase() {
            database = DatabaseCreator.GetDatabase(ConfigurationManager.ConnectionStrings[ConfigurationManager.AppSettings["Environment"]].ConnectionString);
        }
    }
}

```

Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Clases usadas para la creación de la página web



Fuente: Elaboración propia

Al crear un nuevo sitio web mediante la plantilla de proyecto de Sitio web ASP.NET, Visual Studio agrega una página ASP.NET denominada Default.aspx. Esta página puede ser utilizada como página principal, y en esta se visualizará un diseño del área

de TRB de donde están colocados los lectores, así como información relevante del proyecto.

Además de la página principal, se agregaron cuatro más: una página llamada “Inventario”, donde se podrá observar qué dispositivos hay en cada área, una página de “Búsqueda”, donde se podrá buscar un dispositivo en específico, una llamada “Asociando”, donde se podrá ingresar un nuevo dispositivo a la base de datos asociando el ID de la etiqueta que tendrá con el ID del activo, y una página de “Reportes”, donde se visualizarán reportes de la información recopilada.

Estas páginas se programaron en HTML; en la Figura 21 y en la Figura 22 se puede apreciar la programación de la página principal, así como las otras páginas creadas para la aplicación.

Figura 21: Pagina ASP.Net default

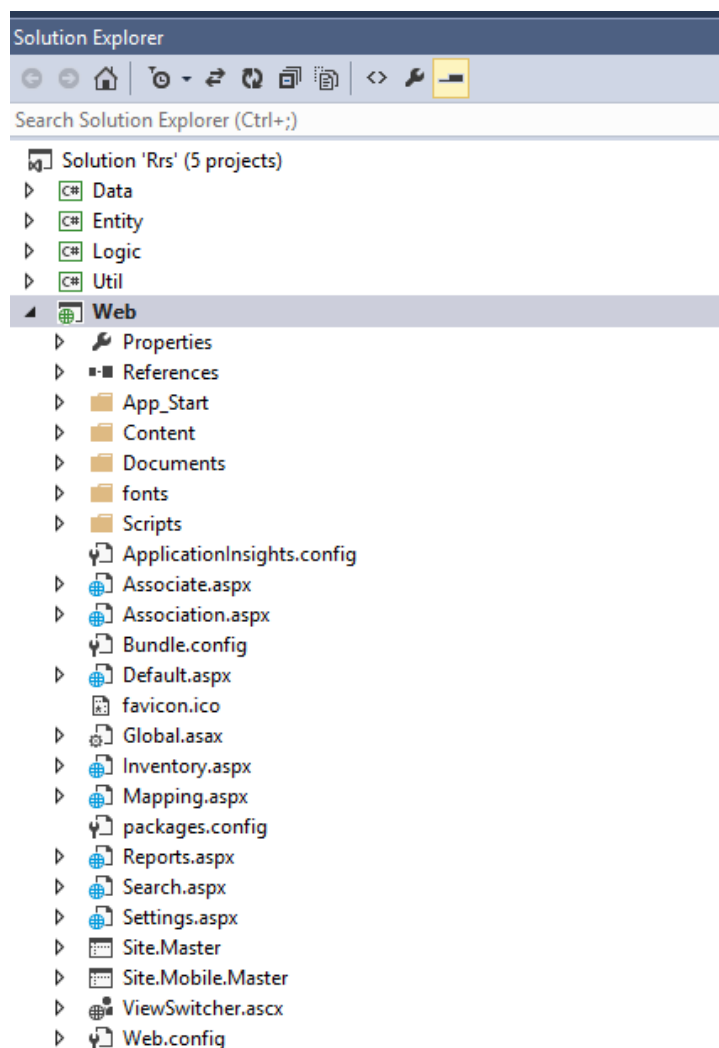
```

Default.aspx -> X
Page Title="Home" Language="C#" MasterPageFile="~/Site.Master" AutoEventWireup="true" CodeBehind="Default.aspx.cs" Inherits="RrsUI.DefaultPage" %>
<asp:Content ID="BodyContent" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="server">
  <div class="jumbotron">
    <h1>CR Mega Lab</h1>
    <p class="lead">The goal of this pilot is to utilize Intel IOTG RFID technology (RRP) to track Costa Rica Megalab's equipment and assets.</p>
    <p><a href="Documents\CR_RFID_Deployment.pdf" class="btn btn-primary btn-lg" target="_blank">Learn more &raquo;</a></p>
  </div>
  <div class="row">
    <div class="col-md-4">
      <h2><i class="fa fa-sitemap" aria-hidden="true"></i>&nbsp;&Inventory</h2>
      <p>
        This feature will return a list of unique assets that are currently in inventory for a specific zone. You will be able to export out this data into Excel or a text file.
      </p>
      <p>
        <a class="btn btn-default" runat="server" href="~/Inventory">Learn more &raquo;</a>
      </p>
    </div>
    <div class="col-md-4">
      <h2><i class="fa fa-search" aria-hidden="true"></i>&nbsp;&Search</h2>
      <p>
        The search feature allows you to search for a specific asset and see a complete history of where that asset was read. In other words, all of the arrival events and the associated timestamps.
      </p>
      <p>
        <a class="btn btn-default" runat="server" href="~/Search">Learn more &raquo;</a>
      </p>
    </div>
    <div class="col-md-4">
      <h2><i class="fa fa-line-chart" aria-hidden="true"></i>&nbsp;&Reports</h2>
      <p>
        You can easily find a variety of reports here. And more are on the way!
      </p>
      <p>
        <a class="btn btn-default" runat="server" href="~/Reports">Learn more &raquo;</a>
      </p>
    </div>
  </div>
</asp:Content>

```

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Paginas ASP.net



Fuente: Elaboración propia

5.3 DEPURACIÓN Y RESULTADOS

Durante las diferentes etapas de investigación e implementación, surgieron detalles que obligaron a realizar pequeñas modificaciones o mejoras en el prototipo a nivel de *hardware*.

Por ejemplo, se identificó la necesidad de realizar un cambio de la posición inicial de los lectores, ya que, al momento de probar, no se lograba leer las etiquetas de los dispositivos que estaban en los estantes, debido a su lejanía de estos.

Asimismo, se debió sustituir el cable Ethernet que conectaba la computadora con el enrutador, ya que estaba dañado y no se lograba la comunicación entre estos componentes, por lo que el sistema estaba fuera de funcionamiento.

Se realizaron diferentes pruebas para comprobar el funcionamiento de las etiquetas, pues se descubrió que no cualquiera funcionaba, debido a que había mucha interferencia del metal. Por lo tanto, se tuvo que realizar una compra de otras etiquetas que fueran óptimas en ese ambiente. Adicionalmente, se hicieron pruebas para determinar el lugar donde debía estar ubicada la etiqueta para cada equipo colateral, donde el lector pudiera leerla fácilmente y no interfiera en el momento de colocar el equipo a las HDMx.

5.4 IMPLEMENTACIÓN

5.4.1 Instalación de hardware

Para la instalación del cableado, del conmutador PoE (switch) y de los lectores, se contrató a un equipo interno de INTEL, el cual se encargó de instalar el *switch* en el cielo raso, así como de instalar los lectores y colocar el cableado entre estos, y el del *switch* hacia el *router*, el cual se encuentra al lado de la computadora.

5.4.2 Colocación de lectores

Para iniciar con la colocación de lectores, primeramente se debió establecer áreas específicas donde se ubican los estantes que fueron elegidos por el gerente del departamento de TRB conforme al espacio que existía en el laboratorio. En dichos estantes, se colocan los dispositivos que se encuentran en reparación o almacenamiento. Una vez establecidas estas zonas, se colocaron los lectores frente a los estantes en una posición y distancia adecuada para lograr leer las etiquetas. Como se puede observar en la Tabla 6, el rango de lectura es de 15 metros y el lector se colocó a no más de tres metros de los estantes.

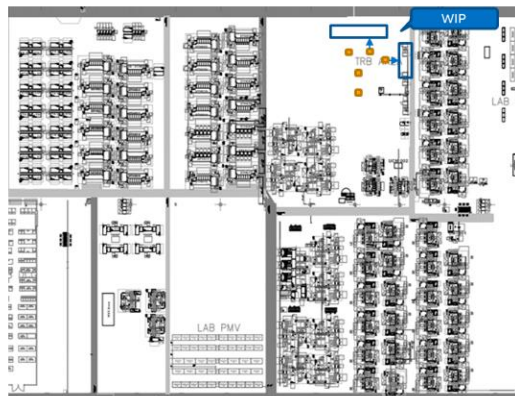
Además de los lectores colocados frente a los estantes, se colocaron lectores en la zona de pasillos, por si se diera la situación de que el dispositivo no llegue a almacenamiento o reparación. De ese modo, se podrá saber dónde fue la última vez

que se leyó el activo y tener una ubicación aproximada de donde se encuentra. En las siguientes figuras (Figura 23, Figura 24, Figura 25), se muestra la ubicación y la colocación de los lectores. Se instaló un total de 12 lectores.

Figura 23: Lectores en zona de reparación

Zona de Reparación

Lectores RFID

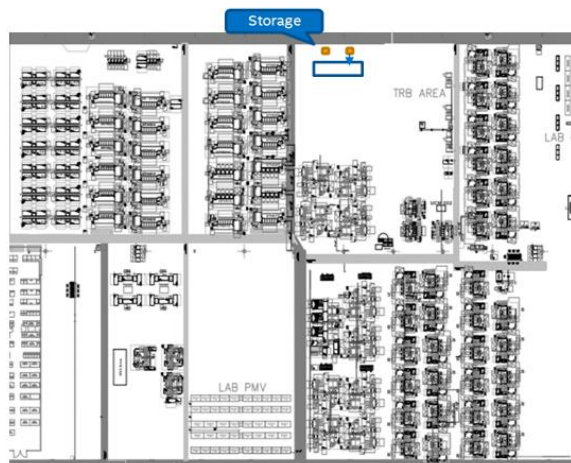
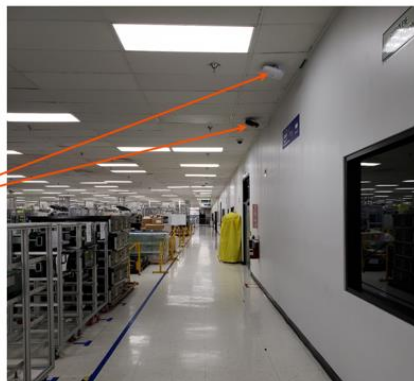


Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Lectores en zona de almacenamiento

Zona de Almacenamiento

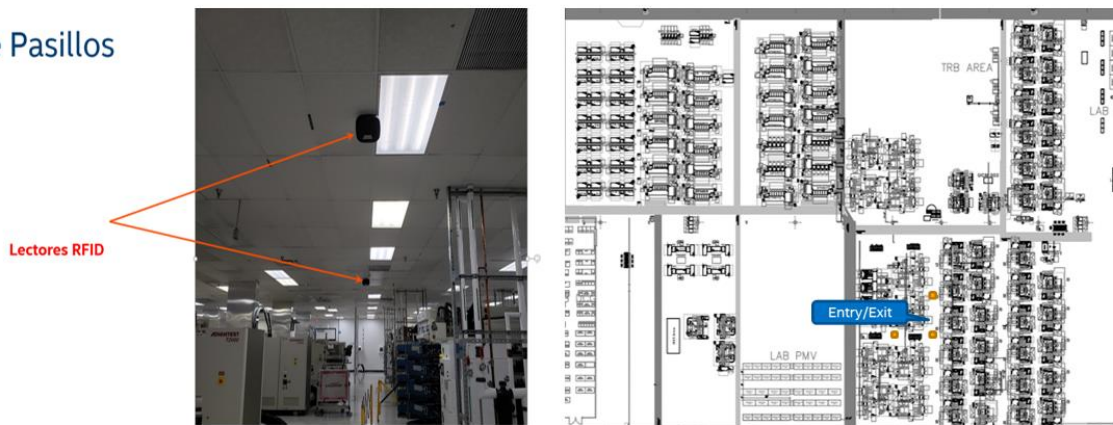
Lectores RFID



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Lectores en zona de pasillos

Zones de Pasillos



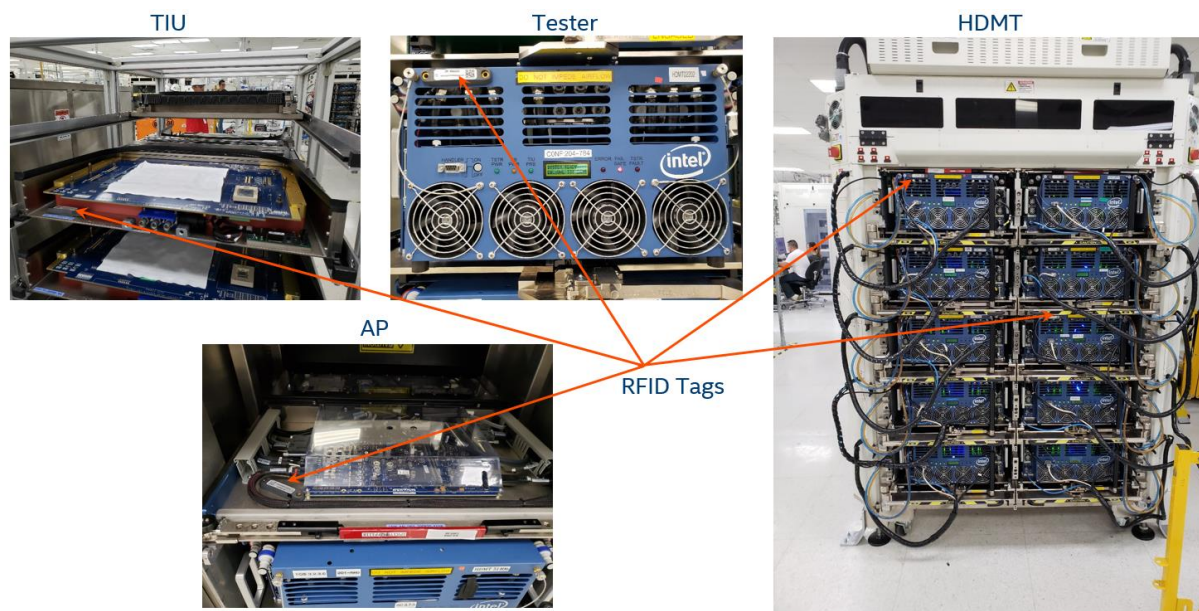
Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Colocación de etiquetas

Se determinó un lugar estandarizado donde colocar la etiqueta para cada equipo colateral. Las etiquetas no podrán ser colocadas en cualquier otra parte del equipo. Para elegir la ubicación de la etiqueta, se tomó en cuenta que se debía colocar donde el lector pudiera leerla fácilmente sin interferencia, y que, en el momento de colocar el equipo a las HDMx, no hubiera ningún problema. Debido a que el equipo colateral se encuentra en constante uso, se requirió detener el trabajo de la máquina HDMx y sacar los dispositivos con ayuda de los técnicos, situar la etiqueta, ingresar los datos al sistema y colocar el equipo nuevamente en su lugar.

En la Figura 26 se muestra dónde fue situada la etiqueta para cada equipo colateral.

Figura 26: Colocación de etiquetas.



Fuente: Elaboración propia

5.4.4 Instalación de software

Inicialmente, se debió instalar el sistema operativo requerido a la computadora, el sistema operativo instalado fue Ubuntu. Seguidamente, se procedió a instalar la aplicación Intel® RSP Controller. Para esto, se necesitó crear una cuenta en <http://meshcentral.com>, ya que se requiere un servidor Mesh y una cuenta para configurar el dispositivo correctamente. Una vez creada la cuenta, se instaló la aplicación con un usuario del sistema llamado “rfid-gw”.

En la aplicación se debe agregar la licencia y configurar para control en la nube. El control en la nube permite que la configuración y la administración del dispositivo sean realizadas por la nube.

5.4.5 Página web

Se creó una página web que tiene cinco secciones importantes: una sección principal en la cual se visualizará información relevante del proyecto, una sección llamada “Inventario”, donde se podrá observar qué dispositivos hay en cada área, una sección de “Búsqueda”, donde se podrá buscar un dispositivo en específico, una sección llamada “Asociando”, donde se podrá ingresar un nuevo dispositivo y, por último, una sección de “Reportes”, donde se visualizarán reportes de la información recopilada. A continuación, se muestran figuras detalladas de la página web elaborada.

Figura 27: Vista principal y de inventario de la página web

The screenshot displays the web application interface. The top navigation bar includes links for CR Mega Lab, Inventory, Search, Association, Reports, and Settings. The main content area is divided into several sections:

- CR Mega Lab:** A large header section with the text "The goal of this pilot is to utilize Intel IOTG RFID technology (RRP) to track Costa Rica Megalab's equipment and assets." and a "Learn more" button.
- Inventory:** A section with a dropdown menu to "Select a zone to return the inventory." and a "Learn more" button.
- Search:** A section with a search icon and a "Learn more" button.
- Reports:** A section with a report icon and a "Learn more" button.

The bottom section shows a detailed view of the Inventory section. It features a dropdown menu set to "CR3-004" and buttons for "Export" and "Refresh". Below this is a table with the following data:

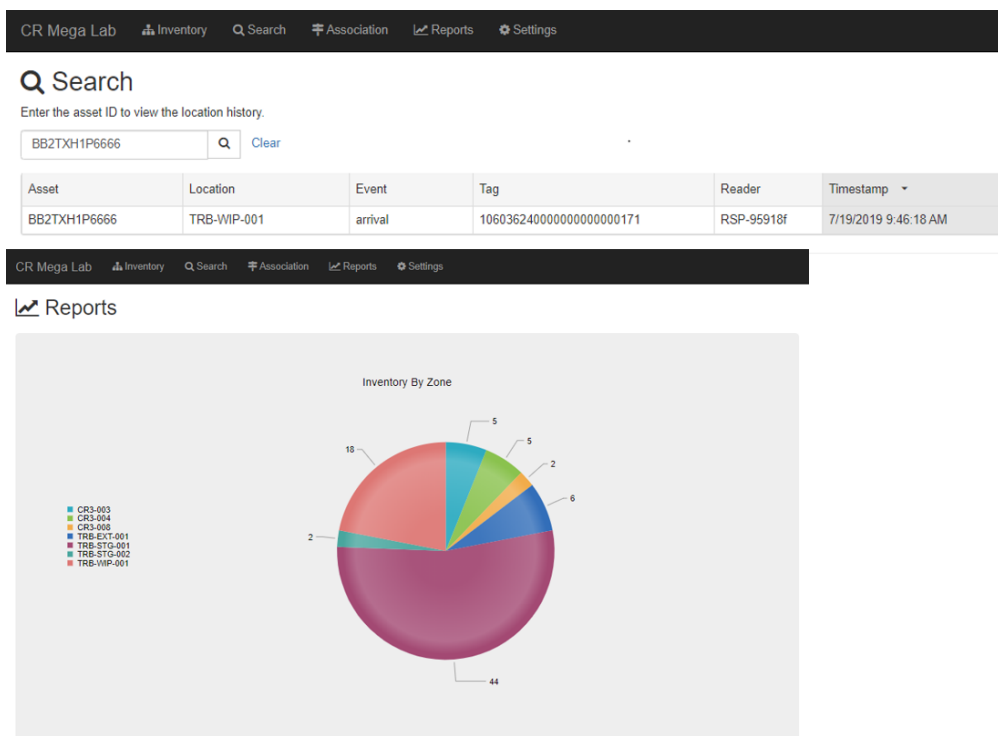
Asset	Location	Tag	Reader	Timestamp
BB2TXH1P6056	CR3-004	1060362400000000000000193	RSP-956dad	7/19/2019 6:02:25 AM
HDMTG2-32038	CR3-004	1060362400000000000000168	RSP-956dad	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P5292	CR3-004	1060362400000000000000087	RSP-956dad	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P8533	CR3-004	1060362400000000000000102	RSP-956dad	7/19/2019 6:02:25 AM
SPTGLU42GP1562	CR3-004	1060362400000000000000108	RSP-956dad	7/19/2019 6:02:25 AM

© 2019 - Intel Corporation

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27, se visualiza la ventana principal y de inventario de la página web. En la ventana principal, se puede observar que contiene información relevante del proyecto, así como una pequeña explicación de la funcionalidad de la venta de inventario, buscador y reportes. En la figura también se muestra la ventana “Inventario”, en la cual se puede seleccionar la zona específica en la que se desee conocer el inventario por medio de una lista de activos únicos que se encuentren actualmente en la zona seleccionada. Esta información puede ser exportada a Excel o a un archivo de texto.

Figura 28: Ventana de búsqueda y de reportes de página web



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28, se muestran las ventanas de “Búsqueda” y “Reportes” de la página web. La sección de “Búsqueda” permite buscar un activo específico y ver un historial

completo de dónde se leyó ese activo, todos los eventos de llegada y las marcas de tiempo asociadas. En la ventana de “Reportes”, se puede observar un reporte en el cual se visualiza la cantidad de activos ubicados en zona de pasillos (CR3), almacenamiento (TRB-STG) y reparación (TRB-WIP).

Figura 29: Ventana de asociación de página web

The screenshot displays the Intel CR Mega Lab web interface. The top navigation bar includes links for Inventory, Search, Association, Reports, and Settings. The main content area is divided into two sections: Association and Mapping.

Association Section:

- Asset:
- Tag:
- Associate button

Mapping Section:


Asset	Tag	
BB2TXH1P2866	106036240000000000000000161	X
BB2TXH1P3819	106036240000000000000000165	X
BB2TXH1P3920	106036240000000000000000117	X
BB2TXH1P4105	106036240000000000000000076	X
BB2TXH1P4274	106036240000000000000000098	X
BB2TXH1P4287	106036240000000000000000002	X
BB2TXH1P4447	106036240000000000000000061	X
BB2TXH1P4638	106036240000000000000000051	X
BB2TXH1P4786	106036240000000000000000190	X
BB2TXH1P5292	106036240000000000000000087	X

Page size: 10 | 132 items in 14 pages

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 29, se puede apreciar la ventana de asociación. En esta sección, se puede visualizar la subsección “Asociación”, donde se ingresan nuevos equipos al inventario, asociando el ID del activo con el ID de la etiqueta. Además, se muestra la subsección llamada “Mapeo”, la cual contiene el ID del activo asociado a cada etiqueta ya ingresado en el inventario. Asimismo, aquí se puede eliminar cualquier activo del inventario.

Figura 30: Historial de equipo en reparación

 **Inventory**

Select a zone to return the inventory.

TRB-WIP-001 Export | Refresh

Asset	Location	Tag	Reader	Timestamp
BB2TXH1P6666	TRB-WIP-001	1060362400000000000000171	RSP-95918f	7/19/2019 9:46:18 AM
BB2TXH1P5419	TRB-WIP-001	1060362400000000000000058	RSP-95918f	7/19/2019 8:22:23 AM
BB2TXH1P4786	TRB-WIP-001	1060362400000000000000190	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P5441	TRB-WIP-001	1060362400000000000000120	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P6131	TRB-WIP-001	1060362400000000000000119	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P3920	TRB-WIP-001	1060362400000000000000117	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P4287	TRB-WIP-001	1060362400000000000000002	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P5438	TRB-WIP-001	1060362400000000000000010	RSP-9b6fb3	7/19/2019 6:02:25 AM
BB2TXH1P6066	TRB-WIP-001	1060362400000000000000033	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
SPICLU42GP3383	TRB-WIP-001	1060362400000000000000074	RSP-9b6fb3	7/19/2019 6:02:25 AM
SPICLU42GP8329	TRB-WIP-001	1060362400000000000000104	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
SPICLYN42GP0691	TRB-WIP-001	1060362400000000000000006	RSP-9b6fb3	7/19/2019 6:02:25 AM
SPICLYN42GP8144	TRB-WIP-001	1060362400000000000000043	RSP-9b6fb3	7/19/2019 6:02:25 AM
SPTGLY42GP8327	TRB-WIP-001	1060362400000000000000014	RSP-95918f	7/19/2019 6:02:25 AM
SPICLU42GP8281	TRB-WIP-001	1060362400000000000000103	RSP-95918f	4/10/2019 6:01:30 AM
SPICLU42GP8283	TRB-WIP-001	1060362400000000000000069	RSP-9b6fb3	4/10/2019 6:01:30 AM
SPICLU42GP3404	TRB-WIP-001	1060362400000000000000025	RSP-95c113	3/19/2019 6:01:14 AM
SPICLU42GP6432	TRB-WIP-001	1060362400000000000000012	RSP-9b6fb3	3/19/2019 6:01:14 AM

© 2019 - Intel Corporation

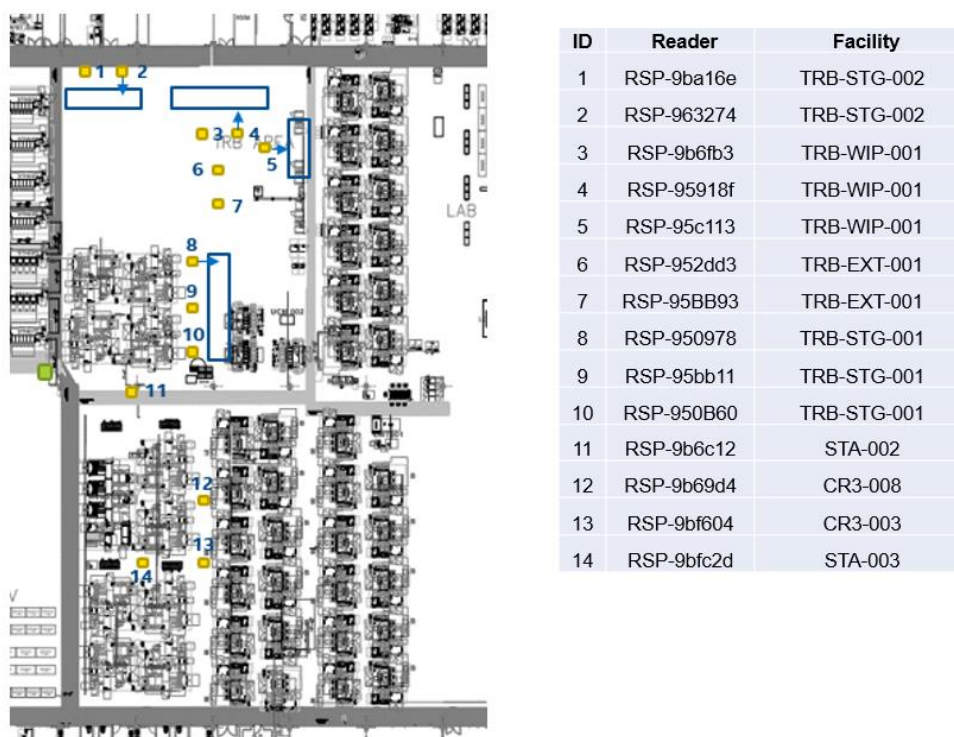
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 30, se muestra el historial de la página web del equipo que se ha encontrado en reparación al mes de julio. En él se encuentra información importante, como el activo, la ubicación, el identificador de la etiqueta, el lector que lo capturo, así como la fecha y la hora en la que el dispositivo fue leído por el lector.

5.5 CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, se muestran las imágenes correspondientes al proceso de pruebas y documentación del funcionamiento del sistema.

Figura 31: Distribución de lectores



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31, se expone cómo quedó la distribución de lectores en el laboratorio. Se puede observar que se designaron dos áreas de almacenamiento, donde se colocaron los lectores 1, 2, 6, 9 y 10, y una de reparación, donde se ubicaron los lectores 3, 4 y 5. Además, se colocaron 6 lectores más en los pasillos, los cuales se identifican como 6, 7, 11, 12, 13 y 14.

Figura 32: Sensores conectados

```

rrs-admin@rrs-gw-cr: ~/Desktop/RRS Reporter
rrs-admin@rrs-gw-cr:~/Desktop/RRS Reporter$ sudo gw cli
[sudo] password for rrs-admin:
[sudo] password for rrs-admin:
Gateway Tool (version 2.1-rc1-2-g67e76a4-1543)
Password authentication
Password:
RFID Gateway console session
<tab> to view available commands
'clear' to clear the screen/console
'quit' to end
rrfid-gw> sensor show
-----
device      connect  reading  enabled  behavior  facility  personalities
-----
RSP-950978  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-STG-001
RSP-950980  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-STG-001
RSP-952040  DISCONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  TRB-STG-002
RSP-952dd3  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-EXT-001
RSP-953274  CONNECTED  STOPPED  true     default          UNKNOWN
RSP-956dad  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  CR3-004
RSP-95918f  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-WIP-001
RSP-95b111  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-STG-001
RSP-95bb93  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-EXT-001
RSP-95c113  DISCONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  TRB-WIP-001
RSP-95b37a  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-008
RSP-9b69d4  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  CR3-008
RSP-9b6c1d  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  STA-002
RSP-9b6c79  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  STA-005
RSP-9b6fb3  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  TRB-WIP-001
RSP-9b881f  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-004
RSP-9b89e4  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-007
RSP-9b8993  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  STG-003
RSP-9b8eee  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  STA-005
RSP-9ba16e  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  TRB-STG-002
RSP-9bc279  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-002
RSP-9bc2d5  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-004
RSP-9bc80a  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-007
RSP-9bdcbf  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-003
RSP-9be379  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-001
RSP-9bf424  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-008
RSP-9bf94a  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  CR3-003
RSP-9bf9b9  CONNECTED  STARTED  true     AutoMobility-S1  STA-006
RSP-9bfc2d  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  STA-003
RSP-9bfcfc  CONNECTED  STOPPED  true     AutoMobility-S1  STA-006
-----
rrfid-gw> Received disconnect from 127.0.0.1 port 5222:2: User session has timed out idling after 600000 ms.
Disconnected from 127.0.0.1 port 5222
rrs-admin@rrs-gw-cr:~/Desktop/RRS Reporter$

```

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 32, se muestra el estado actual de los sensores conectados. Aunque para el caso del proyecto solo se utilizaron 14 lectores, se está trabajando en colocar en otras zonas para el control de plataformas, por lo que en la imagen se pueden visualizar más lectores. En la imagen también se puede observar la desconexión de uno de los lectores del proyecto, el cual se encuentra en mal estado, por lo que se mandó a traer otro para sustituirlo.

En la Figura 33. se muestra el enrutador y el conmutador del sistema ya instalado.

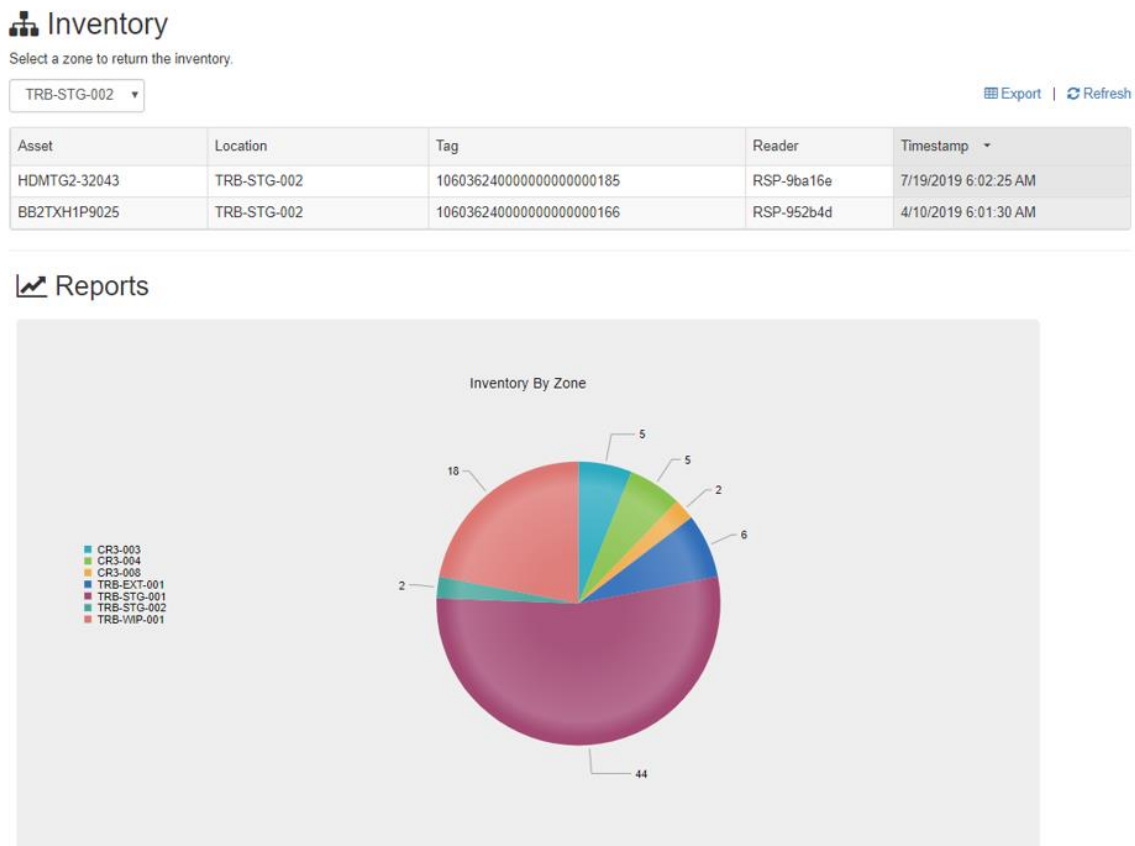
Figura 33: Enrutador y conmutador



Fuente: Elaboración propia

La Figura 34 muestra el funcionamiento de la página web del sistema de monitoreo y adquisición de datos, la cual presenta los datos en tiempo real de la ubicación del equipo colateral de las máquinas HDMx. Para la utilización de esta página se realizó un manual de usuario para facilitar su uso el cual se puede ver con detalle en el Anexo 10.

Figura 34: Pagina web



Fuente: Elaboración propia

5.6 CUMPLIMIENTOS DE REQUISITOS

A continuación, se muestra la Tabla 8, donde se asocia cada uno de los requerimientos solicitados por el personal del Área de Tecnologías Operativas con las secciones del documento donde se demostró el cumplimiento de dichas solicitudes.

Tabla 8: Tabla de requerimientos cumplidos

Criterio	Descripción	Cumplimiento
1	Utilización del sistema Intel RSP	Sección 5.2.1.1 Intel® RSP
2	Inteligencia casi en tiempo real sobre sus activos	Sección 5.
3	Visibilidad total del movimiento interno de los activos del laboratorio	Sección 5.4.2 Colocación de lectores
4	Facilidad para ingresar y eliminar dispositivos al sistema	Sección 5.4.5 Página web
6	Realización de una página web para la visualización de datos	Sección 5.4.5 Página web

Fuente: Elaboración propia

5.8 ANÁLISIS DE COSTOS

La Tabla 9 detalla el costo de los materiales utilizados en el desarrollo del prototipo del proyecto:

Tabla 9: Costo de materiales de implementación

	Ítem	Cantidad	Precio
	Lector (Intel based sensor)	14	\$5600
	NUC-Gateway + licencia de software	1	\$1,500
	CSCO P100 certified 24port POE + switch	1	\$1200
	RFID Tags	1000	\$1000
	Placa de montaje para los lectores	12	\$100
	Router	1	\$175
Total			\$9575

Fuente: Elaboración propia

El costo del montaje de los dispositivos electrónicos y la programación se contabiliza por separado, y los detalles se muestran en la siguiente tabla. Para el establecimiento de dichos costos, se toma como base el salario mínimo de un bachiller universitario, el cual es ₡ 537 222,66 al mes. Dicho monto ha sido

establecido por el Ministerio de Trabajo. Al realizar los cálculos por hora, resulta un monto de ¢ 2582,30, cuya suma convertida en dólares es de \$ 4,40, de acuerdo con el tipo de cambio de \$ 587 al momento en que se realizó el cálculo.

Tabla 10: Lista de rubros de mano de obra

Mano de obra	Rubro	Horas	Costo unitario	Costo total
	Gastos de instalación de sensores, conmutador y cableado			\$2000
	Creación de base de datos	4	\$4,40	\$17,6
	Instalación de computadora	2	\$4,40	\$8,80
	Creación de página web	15	\$4,40	\$66
	Configuración de lectores	3	\$4,40	\$13,2
	Conexión base de datos – Intel RSP	4	\$4,40	\$17,6
Total				\$2114

Fuente: Elaborada por el autor

En términos de devolver valor a los clientes del Mega Lab (ingenieros que utilizan HDMx), la implementación ha reducido un 30 % las horas laborales dedicadas a buscar equipo e ingresar datos al sistema. Ese es un tiempo valioso que se ha reinvertido en anticipar las necesidades del cliente, como realizar mantenimiento preventivo en el equipo de laboratorio o innovar en configuraciones de prueba.

Además, el seguimiento y la visibilidad de los activos permiten evitar riesgos de pérdida de equipo, lo que conlleva evitar la pérdida de dinero. En la siguiente figura, se muestra un análisis de retorno sobre inversión (RSI). Para mayor referencia, se puede consultar el Anexo 11.

Figura 35: Retorno sobre inversión

Pamela Chavarría Loria		Retorno Sobre la Inversión por 5 años.					
Valor :	\$2,640,411	Total Benefits		\$2,652,100			
Suposiciones:		Total Cost		\$11,689			
		Total Return		\$2,640,411			
Tiempo 0 =	2019						
Estimado de horas ahorradas	624						
Periodo de RSI	5						
Periodos restantes	1,460						

RSI		2019	2020	2021	2022	2023	Total
BENEFICIOS	Descripción						
Responsabilidad de D&T	Promedio de pago que se hace por perdida de equipo.	\$551,420	\$516,420	\$516,420	\$551,420	\$516,420	\$2,652,100
Multa de FTZ	Multa cuando hace auditoria y no se encuentre algun equipo.	\$505,920	\$505,920	\$505,920	\$505,920	\$505,920	\$2,529,600
Gestion de activos	Productividad del personal	\$35,000	\$0	\$0	\$35,000	\$0	\$70,000
		\$10,500	\$10,500	\$10,500	\$10,500	\$10,500	\$52,500
COSTOS		\$11,689	\$0	\$0	\$0	\$0	\$11,689
Hardware		\$8,575	\$0	\$0	\$0	\$0	\$8,575
Software		\$2,114	\$0	\$0	\$0	\$0	\$2,114
Etiquetas RFID		\$1,000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,000

Comentarios del RSI:	

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos del RSI se basan en evitar el riesgo del 100 % de la responsabilidad de D&T, los cuales son los derechos e impuestos a pagar a la Aduana por activos no encontrados, así como evitar multa de FTZ, la cual consiste en una multa que Procomer aplicará si Intel no pasa la auditoría de la Zona de Libre Comercio y demuestra falta de controles para los activos.

A pesar de que no hay datos disponibles para mostrar el equipo perdido en el pasado, en la actualidad existen mayores riesgos que pueden llevar a la pérdida de equipos en el futuro; estos incluyen:

- ❖ Disminución de los controles de seguridad, incluidas las cámaras de seguridad retiradas en las áreas de laboratorio y disminución de la inspección por parte de los funcionarios de seguridad, en comparación con el nivel de seguridad en el pasado, según el punto de referencia en comparación con otros sitios.
- ❖ Recientemente fueron robados algunos discos duros. Estos casos fueron pequeños, pero se observa un nuevo comportamiento que se debe considerar.

Estos riesgos podrían alcanzar millones de dólares, pero no se incluye, ya que son difíciles de cuantificar. Por estas razones, se decidió utilizar un porcentaje de pérdida de equipo de un 20 % para realizar aproximaciones en los cálculos. Este porcentaje se definió junto con el gerente de TRB encargado del proyecto.

La responsabilidad de D&T se calculó tomando el 16 % del total de los activos bajo alcance del valor total de los activos SUB. Se trata de un total de \$ 2 529 600, y considerando solo el 20 % del riesgo de pérdida de equipo, queda un monto final de \$ 2 529 600. El monto de la multa FTZ es de \$ 175 000, y considerando el 20 % de riesgo relacionado con el MEGA LAB, resultó en \$ 35 000. La productividad de gestión de activos se considera de 1456 horas al año, lo que viene siendo \$ 10 500.

Como se puede observar en la Figura 35, la cual muestra los gastos y los beneficios del proyecto, se tendrá un ahorro importante de dinero en los próximos cuatro años, con el que se logrará un retorno total de \$ 2 640 411.

Una vez realizados los cálculos anteriores, se lleva a cabo el cálculo del RSI, el cual se muestra a continuación:

$$RSI = \frac{\$2,652,100 - \$11,689}{\$11,689} \times 100$$

$$RSI = 22588.85 \%$$

Gracias al cálculo realizado, se determina que con la implementación del proyecto se está ganando un 22 588,85 % del dinero invertido, aspecto que favorece a la empresa de manera positiva y comprueba la viabilidad del proyecto.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Una vez concluida la implementación y la fase de pruebas del proyecto, se determinaron las siguientes conclusiones:

- ❖ Después de analizar sistema actual de inventario, se detectó que el sistema se ejecutaba de forma manual, lo que provocaba que el procedimiento fuera lento, tedioso y poco confiable. Al observar los inconvenientes presentados para un control efectivo, se determinó la necesidad de crear un sistema automatizado para el registro de inventario del equipo colateral que se encuentran en almacenamiento o en reparación.
- ❖ El sistema implementado mejoró el proceso de registro e inventario del equipo colateral de las máquinas HDMx, y dio a conocer con exactitud la cantidad de equipos existentes en almacenamiento y reparación, así como la ubicación de cada uno de ellos en tiempo real.
- A través de la utilización de herramientas como la observación y la lluvia de ideas, se logró identificar los problemas que tenía el sistema, tales como información equivocada, retrasos en la entrega de equipo, falta de ubicación estandarizada para el equipo que se encuentra en reparación o almacenamiento, entre otros.

- Además de la identificación de problemas, se logra la definición de los requerimientos con los que debía cumplir el sistema de control de inventario, por ejemplo, utilización del sistema Intel RPS, inteligencia casi en tiempo real sobre sus activos, visibilidad total del movimiento interno de los activos del laboratorio y creación de una página web para la visualización de datos.

- ❖ Gracias a la colocación de estantes definidos por área de almacenamiento o reparación, se logró obtener un mayor orden para localizar el equipo colateral, lo cual facilita la búsqueda de este.

- ❖ Mediante la utilización Intel RSP, se logró obtener la ubicación casi en tiempo real del equipo, gracias al traslapeo del área de cobertura de la antena, lo que proporciona certeza acerca de la localización de todo el equipo que se encuentre en almacenamiento o reparación.

- ❖ El sistema proporciona un informe de antigüedad del inventario almacenado para ayudar a que el laboratorio identifique activos de baja utilización que puedan retirarse o reemplazarse.

- ❖ A través de la creación de la página web, es posible la visualización de la ubicación del equipo, así como el ingreso de nuevo equipo al inventario de manera eficaz. Esto permite identificar la ubicación del equipo en menos tiempo, facilita la elaboración de inventario y ayuda con la trazabilidad de los colaterales.

- ❖ La implementación del sistema de inventario logró reducir las horas laborales en un 30 %. Este tiempo era dedicado a buscar equipo e ingresar datos al sistema, pero gracias a la implementación, dicho tiempo es invertido en realizar otras tareas, tal como el mantenimiento preventivo.
- ❖ Gracias a la visibilidad de los activos, se evitan riesgos de extravío de equipo, lo que conlleva evitar la pérdida de dinero. Con esto, se logra una ganancia en los próximos cuatro años de un 22 588,85 % de RSI.
- ❖ Con el desarrollo del proyecto, se cumple el objetivo principal planteado, que consistía en implementar un sistema de control de inventario automatizado en el área de laboratorios de Intel Costa Rica para tener mayor trazabilidad del equipo colateral que se encuentra en mantenimiento o almacenamiento de las máquinas High Density Modular Tester. Generó una perspectiva positiva por parte del gerente del departamento y posibilidades de realizar la implementación con otros equipos.

6.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Para ampliar el alcance del sistema de localización y control de inventarios, se recomienda colocar más lectores en el laboratorio, para contar con mejor trazabilidad del equipo.
- ❖ Es recomendable diseñar un plan de seguridad para tener respaldo de la información, que permita rescatar los datos en caso de cualquier eventualidad.
- ❖ Debido a que ya existe un manual del sistema Intel®RSP, se recomienda realizar un asesoramiento a los usuarios en el manejo o requerimiento del sistema de control de inventarios mediante charlas o entrenamientos.
- ❖ Se recomienda la creación de más reportes en la página web, en los que se pueda visualizar mejor la información de utilidad recopilada por los lectores.
- ❖ A pesar de que se cuente con un sistema de inventario bastante preciso, se podrían comparar los datos del sistema con los de los estantes físicos y realizar inventario una vez al año, de modo que, a lo largo plazo, se mantenga bajo control la totalidad del equipo.

- ❖ En vista de los resultados obtenidos por la implementación del proyecto, se realiza la sugerencia de expandir el alcance del proyecto para el control de otros equipos en el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, J. (2008). *Sistema de control con acceso RFID*.

Arias, F. G. (2012). *El proyecto de la investigación*. Caracas.

Banks, J., Hanny, D., Pacheco, M. A., & Thompson, L. G. (2007). *RFID Applied*.

Barrantes, R. (1999). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cuantitativo y cualitativo*. Costa Rica.

Beekman, G. (2005). *Introducción a la informática*. Madrid.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia.

Berry, W. A. (2019). <https://soco.intel.com/docs/DOC-2622793>.

Buonocore, D. (1980). *Diccionario de Bibliotecología*. Buenos Aires, Argentina.

EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols. (s.f.). Obtenido de

https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/Gen2_Protocol_Standard.pdf

Fraden, J. (2009). *Handbook of modern sensors*.

Garcia, J. I., Nieto, A. B., & Barbolla, A. M. (2008). *Tecnología de identificación por radiofrecuencia(RFID): aplicaciones en el ambito de la salud*. Madrid.

Hernandez, F., Matus, A., & Mena, S. (2003). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE un simulador de Redes*.

Integrated Electronics Corporation. (2018). Obtenido de

<https://wiki.ith.intel.com/display/intelgeneralwiki/Intel+History>.

Intel. (s.f.). Obtenido de <https://software.intel.com/en-us/retail/rfid-sensor-platform>

Intel. (s.f.). <https://software.intel.com/en-us/retail/rfid-sensor-platform#specifications>.

Junta de Extremadura. (2001). *Las ciencias Sociales en Internet*. Merida. Obtenido de

http://www.ub.edu/histodidactica/images/documentos/pdf/ccss_en_internet.pdf

Mathieu, M. J. (2014). *Introducción a la programación* . Mexico.

Miles, S. B., Sarma, S. E., & Willians, J. R. (2008). *RFID Technology and Applications*.

Paz, G. B. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico.

Sampiere, R. H. (2014). *Metodologia de la investigación*. Mexico.

Tanenbaum, A. S., & Wetheral, D. J. (2012). *Redes de Computadoras*.

ANEXOS

Los documentos anexos se ubican en la carpeta adjunta a este documento. En ella se encuentran la documentación técnica detallada de los componentes utilizados para el desarrollo del prototipo del proyecto planteado además se incluyen otros documentos de interés tomados en cuenta para la documentación del proceso de desarrollo del presente documento.

- 01.** Diagrama de causa-efecto
- 02.** Diagrama de Gantt
- 03.** Lluvia de ideas
- 04.** Asistencia a reunión de lluvia de ideas
- 05.** Atención de tiquetes en un día
- 06.** Guía del usuario del dispositivo RRS
- 07.** NUC_HP MP9 G2 Retail System
- 08.** EdgeRouter_PoE_5_QSG
- 09.** Software de conexión_Intel RSP-Base de datos
- 10.** Manual de Usuario
- 11.** Retorno sobre inversión