

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**PUCP Smart Campus Live Lab, planteamiento de línea base y  
plan de desarrollo de un modelo de Smart Campus**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA  
DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR**

**Andrea Alejandra Gamarra Becerra**

**ASESOR**

**Luis Angelo Velarde Criado**

**Lima, Enero del 2021**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una línea base y un plan de desarrollo de un modelo de *Smart Campus* para la PUCP con el uso de IoT para promover nuevas investigaciones; y en el caso de ser implementado, mejorar el uso de los recursos dentro del Campus. Esta propuesta toma como modelo el concepto de *Smart-Cities* y utiliza la información recopilada de diferentes universidades para proponer las soluciones tecnológicas adecuadas, tomando como base el plan maestro y plan estratégico de la PUCP, los cuales van a ser estudiados para determinar los requerimientos más importantes a tomar en cuenta. Además, se estudió el estado actual de la universidad, para que con el estudio de investigaciones previas que hayan dado resultados positivos, proponer las soluciones que más se acomoden a la arquitectura tecnológica actual de la universidad, teniendo en consideración cuatro aspectos: mejora del uso de recursos, impacto social positivo, ahorro económico tanto para la universidad como estudiantes y trabajadores, y, por último, que fomenten nuevas investigaciones. Sin embargo, este plan base se enfoca en cinco soluciones inteligentes, las cuales se consideran las más importantes según el estudio de la problemática, pero hay una amplia gama de soluciones IoT para diferentes necesidades. Por último, se determina el alcance, costo y tiempo estimado para implementar dichas soluciones, la cantidad de datos que serían transmitidos, y el posible impacto que generaría, tanto a la universidad como a los estudiantes y trabajadores. Todos estos factores servirán para que se tenga una base para un futuro desarrollo de un *Smart Campus* que cumpla con los aspectos antes mencionados, y su implementación sea menos complicada.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO .....	9
1.1 PROBLEMÁTICA.....	9
1.2 OBJETIVO .....	9
1.3 METODOLOGÍA .....	10
1.4 HIPÓTESIS .....	10
1.5 LIMITACIONES .....	11
1.6 ANTECEDENTES.....	11
1.6.1 Antecedentes Perú.....	11
1.6.2 Antecedentes fuera del país.....	13
CAPÍTULO 2 ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y REQUERIMIENTOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	17
2.1 ESTADO ACTUAL DE LA PUCP (CAMPUS PANDO).....	17
2.1.1 Datos Físicos .....	17
2.1.2 Organización académica .....	17
2.1.3 Comunidad Universitaria .....	19
2.1.4 Investigación .....	19
2.1.5 Estructura informática .....	19
2.1.6 Consumo de recursos .....	21
2.1.7 Certificación LEED .....	21
2.2 REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DE LA UNIVERSIDAD.....	22
2.2.1 Necesidad espacial .....	22
2.2.2 Sustentabilidad PUCP.....	25
2.2.3 Lineamientos urbanos .....	27
2.3 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN MAESTRO .....	29
CAPÍTULO 3 SOLUCIONES TECNOLÓGICAS .....	32
3.1 ENFOQUE DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	33
3.2 SERVICIO CLOUD .....	33
3.3 PROTOCOLOS .....	35
3.3.1 Capa de aplicación.....	35
3.3.2 Capa de transporte.....	37
3.3.3 Capa de red .....	38
3.3.4 Red de acceso .....	39
3.4 COMUNICACIÓN CON EL SENSOR .....	40

3.5 SOLUCIONES PROPUESTAS .....	41
3.5.1 Ocupabilidad de espacios .....	41
3.5.2 Transporte en el Campus .....	47
3.5.3 Consumo de energía .....	51
3.5.4 Consumo de agua .....	54
3.5.5 RFID en las bibliotecas .....	56
CAPÍTULO 4 PLAN DE DESARROLLO .....	59
4.1 ALCANCE .....	59
4.2 CRONOGRAMA .....	62
4.2.1 Consideraciones .....	62
4.2.2 Lista de actividades .....	63
4.2.3 Lista de Hitos .....	65
4.2.4 Cronograma .....	65
4.3 COSTOS .....	79
4.3.1 Costos de dispositivos .....	79
4.3.2 Costo Cloud .....	80
4.3.3 Costo Implementación .....	87
4.4 Retorno Social de Inversión .....	89
4.4.1 Evidenciar los outcomes y darles un valor .....	89
4.4.2 Calcular el SROI .....	92
4.5 ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA .....	96
CONCLUSIONES .....	97
RECOMENDACIONES .....	99
BIBLIOGRAFÍA .....	100
ANEXO I .....	106
ANEXO II .....	107
ANEXO III .....	110

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Componentes de la Línea Base.....	10
Tabla 2 Desarrollo de proyectos para un Smart-Campus en universidades del Perú ..	12
Tabla 3 Investigaciones de casos en otros países .....	14
Tabla 4 Crecimiento Marco Urbano.....	25
Tabla 5 Propuesta de Sustentabilidad PUCP .....	26
Tabla 6 Nodo Norte.....	28
Tabla 7 Nodo Central .....	28
Tabla 8 Nodo Sur .....	29
Tabla 9 Servicios principales AWS.....	33
Tabla 10 Características de los protocolos IoT.....	36
Tabla 11 Tipos de contadores de personas.....	42
Tabla 12 Edificios monitoreados.....	53
Tabla 13 Diccionario EDT.....	61
Tabla 14 Consideraciones para el plan de desarrollo .....	62
Tabla 15 P1 - Cronograma Primeras Actividades.....	66
Tabla 16 P2 – Cronograma Primeras Actividades .....	66
Tabla 17 Cronograma P1 - Sol. Ocupabilidad de espacios.....	67
Tabla 18 Cronograma P1 - Sol. Estacionamientos .....	68
Tabla 19 Cronograma P1 - Sol. Bicicletas Compartidas .....	69
Tabla 20 Cronograma P1 - Sol. Consumo de Agua.....	70
Tabla 21 Cronograma P1 - Sol. Consumo Eléctrico .....	71
Tabla 22 Cronograma P1 - Sol. RFID en bibliotecas y cierre de proyecto .....	72
Tabla 23 Cronograma P2 - Sol. RFID en bibliotecas .....	73
Tabla 24 Cronograma P2 - Sol. Consumo Eléctrico .....	74
Tabla 25 Cronograma P2 – Sol. Ocupabilidad de espacios.....	75
Tabla 26 Cronograma P2 – Sol. Consumo de Agua.....	76
Tabla 27 Cronograma P2 – Sol. Estacionamiento .....	77
Tabla 28 Cronograma P2 – Sol. Bicicletas Compartidas y cierre del proyecto.....	78
Tabla 29 Costo Hardware.....	79
Tabla 30 Consumo de datos .....	80
Tabla 31 Costo cloud - Ocupabilidad de Espacios .....	82
Tabla 32 Costo cloud – Estacionamiento en el Campus.....	83
Tabla 33 Costo cloud – Sistema de Bicicletas.....	84
Tabla 34 Costo cloud – Consumo Eléctrico.....	85
Tabla 35 Costo cloud – Consumo de agua.....	86

Tabla 36 Costo cloud – RFID en bibliotecas.....	87
Tabla 37 Costo de mano de obra .....	88
Tabla 38 Evidenciar los outcomes y darles un valor .....	90
Tabla 39 Establecer valor de los Outcomes .....	91
Tabla 40 Flujo de caja - Ocupabilidad de Espacios .....	92
Tabla 41 Flujo de caja - Estacionamiento .....	92
Tabla 42 Flujo de caja Bicicletas Compartidas .....	93
Tabla 43 Consumo Eléctrico .....	93
Tabla 44 Flujo de caja Consumo de Agua .....	93
Tabla 45 Flujo de caja RFID en bibliotecas .....	93
Tabla 46 Flujo de Caja Propuesta 1 .....	94
Tabla 47 Flujo de Caja Propuesta 2 .....	95
Tabla 48 Elección de la propuesta .....	96
Tabla 49 Cuadro comparativo dispositivos SBC.....	107
Tabla 50 Cuadro comparativo módulos cámara .....	108
Tabla 51 Cuadro comparativo de los sensores de humedad .....	109
Tabla 52 Cuadro comparativo de los microcontroladores .....	109
Tabla 53 Análisis técnico comparativo de válvulas solenoides .....	109
Tabla 54 Precios aproximados de componentes de las estaciones de un SBP según gama, en euros .....	111
Tabla 55 Precios aproximados de estaciones de un SBP según tamaños y gamas, en euros.....	111
Tabla 56 Costos implementación .....	112
Tabla 57 Costos solución consumo de energía .....	113
Tabla 58 Tabla de costos solución consumo de agua .....	113
Tabla 59 Tabla de costos dispositivos RFID.....	114

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la universidad.....	18
Figura 2 Topología de la red actual .....	19
Figura 3 Red LAN PUCP .....	20
Figura 4 Análisis de disponibilidad de espacios en 2021 .....	22
Figura 5 Análisis de disponibilidad de espacios en 2030 .....	23
Figura 6 Estacionamientos PUCP .....	24
Figura 7 Áreas verdes PUCP .....	27
Figura 8 Diseños de los nodos PUCP .....	27
Figura 9 Topología de red propuesta .....	32
Figura 10 Protocolos IoT .....	35
Figura 11 Ipv4 vs Ipv6 .....	38
Figura 12 Topología de Sigfox .....	39
Figura 13 Estándares de los Access Point de la universidad.....	44
Figura 14 Modulo de registro de usuario .....	45
Figura 15 Login de usuarios .....	46
Figura 16 Servicios propuestos de la biblioteca.....	57
Figura 17 EDT .....	60
Figura 18 Cronograma P1 - Sol. Wifi Analytics.....	67
Figura 19 Cronograma P1 - Sol. Estacionamientos.....	68
Figura 20 Cronograma P1 - Sol. Bicicletas Compartidas.....	69
Figura 21 Cronograma P1 - Sol. Consumo de Agua.....	70
Figura 22 Cronograma P1 - Sol. Consumo Eléctrico .....	71
Figura 23 Cronograma P1 – Sol. RFID en bibliotecas y cierre de proyecto .....	72
Figura 24 Cronograma P2 - Sol. RFID en bibliotecas .....	73
Figura 25 Cronograma P2 - Sol. Consumo Eléctrico .....	74
Figura 26 Cronograma P2 – Sol. Wifi Analytics .....	75
Figura 27 Cronograma P2 – Sol. Consumo de Agua.....	76
Figura 28 Cronograma P2 – Sol. Estacionamiento .....	77
Figura 29 Cronograma P2 – Sol. Bicicletas Compartidas y cierre del proyecto .....	78
Figura 30 Cotización Access Point.....	110
Figura 31 Etiquetas EM.....	114



## INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología ha facilitado el desempeño de muchas funciones de nuestra vida cotidiana, puesto que ha transformado la manera cómo nos comunicamos e interactuamos con el mundo que nos rodea. Dentro de estas nuevas tecnologías se encuentra el Internet de las Cosas (IoT), que se ha convertido en un nuevo término para la conexión en red de objetos inteligentes, como teléfonos inteligentes, dispositivos portátiles, electrodomésticos, entre otros; cuyo objetivo principal es conectar objetos a servicios prestados. La combinación de diferentes tipos de sensores y sistemas integrados ha mejorado la supervisión de entornos físicos que emplean tecnología y, por lo tanto, ha permitido la toma de decisiones inteligentes. También ha facilitado la creación de entornos inteligentes, mejorando las actividades humanas diarias [1]. Esta tecnología se está utilizando para el desarrollo de las *Smart-Cities*, que son la aplicación de una recopilación automática de datos ambientales y su procesamiento para lograr una gestión eficiente de las áreas urbanas, así como sus recursos y activos [2]. El término *Smart City* es a menudo sustituido con *Networked* o *Intelligent Cities*. [3]

Una de las características principales de una infraestructura de IoT urbana es su capacidad para integrar diferentes tecnologías con las infraestructuras de comunicación existentes para soportar una evolución progresiva del IoT, con la interconexión de otros dispositivos y la realización de funcionalidades y servicios novedosos. Otro aspecto fundamental es la necesidad de hacer (parte de) los datos recopilados por el IoT urbano fácilmente accesibles por las autoridades y los ciudadanos [4].

Esta tesis busca desarrollar una línea base utilizando el mismo concepto de un *Smart-City*, enfocado al campus de la PUCP, el cual cuenta con características similares a una pequeña ciudad, como son población, recursos consumidos, tránsito de vehículos, entre otros.

En el capítulo 1, se presentan y desarrollan conceptos generales vinculados al entendimiento de la tesis. Se incluye el planteamiento del problema y se hace hincapié en el consumo innecesario de recursos, lo cual genera un impacto perjudicial económico y ambiental que ocasiona efectos negativos a las personas y empresas. Se identifica que los principales recursos consumidos son energía y agua, además del problema del escaso espacio para estacionamientos, el transporte dentro del Campus y la ocupabilidad de los espacios de la universidad. También se presenta el desarrollo de



los antecedentes con el estudio de proyectos de *Smart Campus* y *Smart Cities* dentro y fuera del país. En el capítulo 2, se detalla el estudio de la universidad, dando a conocer su infraestructura física y tecnológica, consumo de recursos, y el plan maestro y estratégico. En el capítulo 3, se diseñan las soluciones tecnológicas, las cuales serán estudiadas para mitigar la problemática antes descrita, recopilando información y tomando como base estudios previos similares. En este capítulo también se va a tomar en cuenta el enfoque del sistema de información necesario para la toma de decisiones y la mejora de la calidad de la experiencia de los usuarios. Y finalmente, en el capítulo 4 se determina el alcance, los costos en función de los equipos y requerimientos tecnológicos previamente descritos y el tiempo de desarrollo del proyecto.



## CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1 PROBLEMÁTICA

Algunos de los problemas de la ciudad se encuentran también en la universidad, como el incremento de población y el poco control del uso y consumo de los recursos que brinda, los cuales generan gastos económicos que se podrían optimizar. Por otro lado, el consumo innecesario de estos recursos genera un impacto ambiental y social negativo. Cada edificio de la universidad usa recursos (como agua, energía eléctrica) de diferentes maneras a lo largo del día. Eso requiere recoger datos y tratarlos adecuadamente en conjunto con sistemas flexibles y escalables, no solo para evitar el colapso de las infraestructuras sino para responder de manera oportuna a picos de actividad.

Actualmente existe un déficit de estacionamientos en el campus. La capacidad actual (sobre superficie y subsuelos) es de 1 734 automóviles, y la población total de la universidad es de 35 261 [5]. Lo que indica que la cantidad de estacionamientos es solo un 5% del total de la población. En cuanto al transporte dentro del Campus, también se plantea promover la utilización de bicicletas compartidas para la reducción de la huella de carbono.

Otro problema que se detecta, según el Plan Maestro de la universidad, es la ocupabilidad en los espacios, pues, se necesita cumplir con un aforo máximo o mínimo en los recintos, para que sean utilizados de una manera óptima según la circunstancia.

Ante la problemática planteada, la presente tesis propone la mejor solución para implementar en la universidad la tecnología necesaria que vaya de acuerdo con el plan maestro y colabore con la implementación de un *Smart Campus*. Para lograr en el caso de ser implementado, un mejor uso de los recursos y mejorar la toma de decisiones ante posibles problemas, favoreciendo tanto al personal de la universidad como a los alumnos.

### 1.2 OBJETIVO

La presente tesis tiene como objetivo explorar el estado actual de la universidad en cuanto a sus datos físicos, arquitectura tecnológica, uso y consumo de recursos para que, basado en el plan maestro, estratégico, y la conversación con especialistas, se pueda proponer una línea base y un plan de desarrollo de un modelo de Smart Campus para la PUCP con el uso de IoT, para optimizar la toma de decisiones y uso de recursos dentro del campus.

### 1.3 METODOLOGÍA

La metodología seguida en la presente tesis se basa en la descripción de la problemática sobre el impacto económico, social y ambiental del consumo de recursos de la universidad y el estudio del estado actual y propuestas a futuro que tiene la universidad. Luego se desarrolla una línea base y plan de desarrollo, el cual en caso de ser implementada la tecnología necesaria pueda ayudar a mitigar dicha problemática. La revisión de los antecedentes de las modalidades de casos de *Smart Campus* en nuestro país y en otros países como la universidad de Málaga en España y la universidad de Melbourne en Australia, se incluye también porque puede ayudar, con la finalidad de analizar la factibilidad y brindar recomendaciones para un plan de desarrollo de dichas soluciones técnicas en la universidad.

La realización de la Línea de Base del presente proyecto debe de tomar en cuenta para su diseño las siguientes consideraciones:

Tabla 1 Componentes de la Línea Base

Fuente: [6]

Línea Base	¿Qué incluye?	¿Qué mide?
<b>Alcance</b>	Enunciado del alcance, EDT, diccionario de la EDT	Qué objetivos alcanzaremos a la finalización del proyecto
<b>Cronograma</b>	Cronograma con fechas de inicio, hitos y fechas de finalización	¿Cuánto durará el Proyecto?
<b>Costes</b>	Presupuesto planificado en fases temporales	¿Cuánto costará el Proyecto?

### 1.4 HIPÓTESIS

El desarrollo de una línea base<sup>1</sup> y plan de desarrollo de un modelo de *Smart Campus* permitirá facilitar la implementación de la tecnología necesaria para optimizar el consumo de los recursos del campus, a través de la recolección de datos necesarios y su análisis. Este plan base puede ser implementado en un periodo aproximado de 10 años.

---

<sup>1</sup> Utilizada en la metodología de proyectos PMBOK, es el resultado de la planificación inicial y sirven como punto de orientación para medir el avance del proyecto, para detectar y corregir las posibles variaciones que puedan surgir [7]

## **1.5 LIMITACIONES**

Dentro de las limitaciones del proyecto está el tiempo, por lo cual sólo se definirá el planteamiento la línea base y el plan de desarrollo de un Smart Campus, que permitirá seguir la implementación de manera sustentada evaluando su impacto. Este plan se desarrolla únicamente para el campus Pando de la universidad, y para los requerimientos que se determinen o prioricen en base a los planes de la universidad y la conversación con especialistas.

## **1.6 ANTECEDENTES**

### **1.6.1 Antecedentes Perú**

*IESE Cities in Motion* es una plataforma de investigación que conecta una red global de expertos en ciudades, empresas privadas especializadas y gobiernos locales de todo el mundo. Tiene el objetivo de promover cambios a nivel local y desarrollar ideas y herramientas innovadoras que conduzcan a ciudades más sostenibles e inteligentes. [8]. Esta plataforma de investigación desarrolló un ranking de ciudades basado en cuatro factores principales: ecosistema sostenible, actividades creativas, igualdad entre los ciudadanos y territorio conectado. En el año 2019, se encontró a Lima en el puesto 138 de 174 ciudades, lo cual indica que aún falta tecnología que implementar y mejorar. [8]. Por otro lado, algunas universidades están desarrollando diferentes proyectos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2 Desarrollo de proyectos para un Smart-Campus en universidades del Perú

Fuente: Elaboración Propia

Institución	Descripción
USIL [9]	Desarrolló un programa llamado VERONICA (Video Efficient Recognition of Named Identities and Content Analysis) reconoce caras, placas y otros objetos. Está respaldado por un sistema de video vigilancia que permite detectar automáticamente, y en tiempo real, situaciones de riesgo y prevenirlas.
UPC [10]	Tiene concursos para desarrollo de proyectos sobre Smart-Campus, basados en: parqueo, ubicación, control de acceso, espacios, y clases inteligentes.
PUCP [11]	<p>Previamente, se analizaron las variables de mayor impacto para iniciar la instalación de medidores de energía y el desarrollo de medidores de humedad en los jardines del campus.</p> <p>Para este proyecto, se ha contado con la colaboración de la empresa Energy Automation Technologies (que ha brindado la plataforma de medición), el convenio con WND (representante de Sigfox) y el apoyo de la administración de la PUCP, los cuales han permitido que se inicien las pruebas en la medición de energía en algunos edificios y pabellones del campus.</p>

Otros proyectos de investigación son:

- BeeGOs! [12]: Tiene como objetivo principal poder realizar una infraestructura TIC convergente y transversal minimizando todo tiempo de implementación de cualquier ámbito relacionado al Internet de las Cosas como puede ser agricultura inteligente o *Smart-Cities*. Bajo este contexto, el proyecto consiste en realizar un *Backend-Frontend* de tal forma que al insertar cualquier tipo de sensor pueda auto configurarse rápidamente en la plataforma. Además, se creará una librería en Android de manera que pueda leer sencillamente cualquier dato obtenido de la red de sensores, tanto en el *edge* como en *cloud*, sin tener que programar a bajo nivel en cuanto a identificación, conexión y extracción de información de los dispositivos.

- GLIPS (*GeoLocation Interface Position System*) & SAVIA (*Surveillance and Alarm for gender Violence Application*) está enfocado al concepto "Aplicaciones de Seguridad Ciudadana y Vial en una *Smart City* para seguimiento y geolocalización con prototipado en la Universidad Nacional de Ingeniería", el cual tendrán en cuenta varios aspectos: seguimiento de personas que se encuentren de permiso judicial pero que tenga un índice medio-alto de poder ser un peligro para el conjunto de la sociedad y personas que tengan antecedentes de violencia de género. Es por ello que se centra en poder observar en tiempo real dichas personas y guardar rutas por las que han pasado para mejorar la prevención ante delitos contra la sociedad. [13]

### **1.6.2 Antecedentes fuera del país**

En cuanto las investigaciones fuera del país se pudo encontrar información más detallada de la implementación de las tecnologías necesarias, y cuáles son los puntos clave necesarios para el desarrollo tanto para *Smart Cities* como para *Smart Campus*. Según la comisión europea (CE), la conversión a *Smart City* se consigue a través de la mejora de elementos como el transporte, el hogar o la eficiencia energética, entre otros, tratando de conseguir una mejor gestión de los recursos y un menor impacto en el medio ambiente. Todo este proceso tiene la finalidad de optimizar la convivencia, eficiencia y calidad de vida de todos los ciudadanos o empresas de la ciudad. [14]

Las ciudades de Europa donde se ha investigado e implementado mayores cambios tecnológicos para el desarrollo de una ciudad inteligente son: Viena, Paris, Copenhague, Barcelona, Ámsterdam, Londres. [15]

Se vienen desarrollando diferentes proyectos como:

Tabla 3 Investigaciones de casos en otros países

Fuente: Elaboración Propia

Nombre de la Investigación:	Descripción
<i>WSN and IOT-Based Smart Homes and Their Extension to Smart Buildings</i> [16]	<p>Su enfoque de investigación es diseñar y desarrollar redes de sensores de bienestar confiables, eficientes, flexibles, económicas, en tiempo real para sistemas domésticos inteligentes, relacionados con el uso y movimiento de objetos dentro del hogar.</p> <p>Este documento también discute la posible mitigación para manejar la interferencia de banda ISM y las pérdidas de atenuación sin comprometer el rendimiento óptimo del sistema.</p>
<i>Internet of Things for Smart Cities</i> [4]	<p>Este documento proporciona un requerimiento de las tecnologías, protocolos y arquitectura que permiten un IoT urbano.</p> <p>Además, el documento presenta y discute las soluciones técnicas y las pautas de mejores prácticas adoptadas en el proyecto <i>Padova Smart City</i>, un despliegue de prueba de una isla IoT en la ciudad de Padova, Italia, realizado en colaboración con el municipio de la ciudad.</p>
<i>The Campus as a Smart City: University of Málaga Environmental, Learning, and Research Approaches</i> [17]	<p>En la universidad de Málaga, se desarrolló un marco general de las diferentes capas de un <i>Smart Campus</i> que describe las principales infraestructuras tecnológicas asociadas con su implementación. Por otro lado, en este mismo proyecto analizan y evalúan el interés generado por la formulación de un <i>Smart Campus</i> en personas de disciplinas diferentes y cómo las actividades propuestas fomentan diferentes colaboraciones interdisciplinarias.</p>
<i>Study of Smart Campus Development Using Internet of Things Technology</i> [18]	<p>Este <i>paper</i> describe los conceptos que pueden ser útiles para implementar en un Campus Inteligente.</p> <p>El resultado de esta investigación es el diseño de un sistema de campus inteligente basado en <i>Smart Parking, Smart Education, y Smart Room</i>.</p>



<p><i>Research on the Application of Smart Campus Construction under the Background of Big Data</i> [19]</p>	<p>Se centra en la educación en China con el rápido desarrollo de nuevas tecnologías de la información representadas por la computación en la nube. Que trae nuevos métodos de enseñanza y proporciona una nueva plataforma de enseñanza para cambiar gradualmente el modelo educativo tradicional por una educación "digital". Es de gran valor teórico y práctico promover la construcción de recursos didácticos digitales y compartir recursos didácticos de alta calidad.</p>
<p><i>Survey Toward a Smart Campus Using the Internet of Things</i> [20]</p>	<p>En este documento, se investiga el trabajo reciente de usar IoT para un campus inteligente desde diferentes perspectivas, incluidos edificios inteligentes, red inteligente y entorno de aprendizaje para proporcionar servicios rentables, eficientes y de alta calidad a la comunidad en el campus. Además, se discute el empleo de IoT en otros servicios de campus como control de acceso, votación y estacionamiento.</p>

En cuanto a los proyectos de investigación en esta área, las soluciones inteligentes más investigadas y necesarios para la transformación a una *Smart City* son similares a las necesarias para el desarrollo de un *Smart Campus*, estas soluciones van relacionadas con:

- Estacionamientos.
- Gestión de residuos.
- Energías renovables, eficiencia energética.
- Telecomunicaciones digitales y sistemas informáticos.
- Seguridad.
- Educación, investigación, innovación.
- Manejo del consumo de recursos (energía, agua, emisiones).
- Edificios inteligentes.
- Bienestar/Salud

Se encontraron investigaciones donde, se analiza las soluciones actualmente disponibles para la implementación de IoT urbanas como son:

- Diferentes tecnologías inalámbricas: Bluetooth Low Energy - ZigBee - Wi-Fi - LTE - LPWAN - Ethernet – Sigfox.
- Nodo-pasarela: C.H.I.P. - Raspberry Pi 3.

- Servicio de nube: Kafka - Telegram App - Dweet.
- Protocolos de comunicación: HTTP, MQTT, CoAP.
- Diferentes tipos de sensores.
- Recursos web. Web of Things (WoT).
- Otros dispositivos necesarios (servidores, routers, entre otros).

Algunos retos a tomar en cuenta para la implementación de estas tecnologías son:

- Tener en cuenta la cantidad y tipos de obstáculos del lugar, ya que estos generan atenuación de la señal, lo que produce pérdida de información.
- La interoperabilidad y los problemas debido a las diferencias entre software y hardware utilizado por cada uno en los diferentes procesos.
- El análisis avanzado de grandes cantidades de datos producidos por la red de sensores.
- La seguridad entendida como los ataques a dispositivos conectados a Internet. [21]
- Si bien la gama de opciones de diseño para sistemas IoT es bastante amplia, el conjunto de protocolos abiertos y estandarizados es significativamente menor. [4]
- La adquisición redundante de datos, la heterogeneidad del entorno, el bajo rendimiento, la confiabilidad y la calidad de los datos adquiridos. [1]

Ventajas del uso de IoT: [4], [22]

- Las tecnologías habilitadoras han alcanzado un nivel de madurez que permite la realización práctica de las soluciones y servicios de IoT.
- La comunidad que respalda al mundo del IoT es muy grande y está en continuo crecimiento.
- Se puedan realizar grandes redes de sensores y a un costo accesible. No obstante, para tener comunicaciones de alta calidad sí se puede apreciar el salto de coste en los dispositivos.
- Existen varias opciones con respecto a las tecnologías en la nube, que son altamente escalables y gratuitas.
- El uso de cola de mensajes para las peticiones resulta muy útil, ya que ante caídas puntuales se pueden retomar los mensajes desde donde se dejaron.
- En las investigaciones se pudo encontrar descripción de la heterogeneidad necesaria de este tipo de infraestructura y los desafíos que presenta.

## **CAPÍTULO 2 ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y REQUERIMIENTOS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO**

En el presente capítulo se describe los datos físicos y tecnológicos que posee actualmente la universidad y sus requerimientos principales según conversación con especialistas, plan maestro y estratégico.

### **2.1 ESTADO ACTUAL DE LA PUCP (CAMPUS PANDO)**

#### **2.1.1 Datos Físicos**

Los datos físicos del Campus Pando se describen a continuación: [5],[23]

- N° de edificios: 86.
- Área Total(m<sup>2</sup>): 413 902.
- Áreas verdes(m<sup>2</sup>): 168 007.
- Áreas de deportes(m<sup>2</sup>): 28 651.
- Área ocupada por edificios(m<sup>2</sup>): 62 023.
- Pistas, veredas y estacionamientos(m<sup>2</sup>): 111 216.
- Área camino prehispánico(m<sup>2</sup>): 13 503.
- Aulas: 636.
- Servicios de alimentación: 34.
- Estacionamientos: 1 734.

#### **2.1.2 Organización académica**

Actualmente la organización académica presenta: [24]

- 16 departamentos.
- 13 facultades.
- 2 estudios generales.
- 1 escuela de posgrado.
- El pregrado ofrece 63 carreras.
- El posgrado tiene 148 maestrías y 23 programas de doctorados.

En la Figura 1 se puede ver la estructura de la universidad, en la cual se muestran las relaciones entre sus diferentes partes y la función de cada una de ellas.

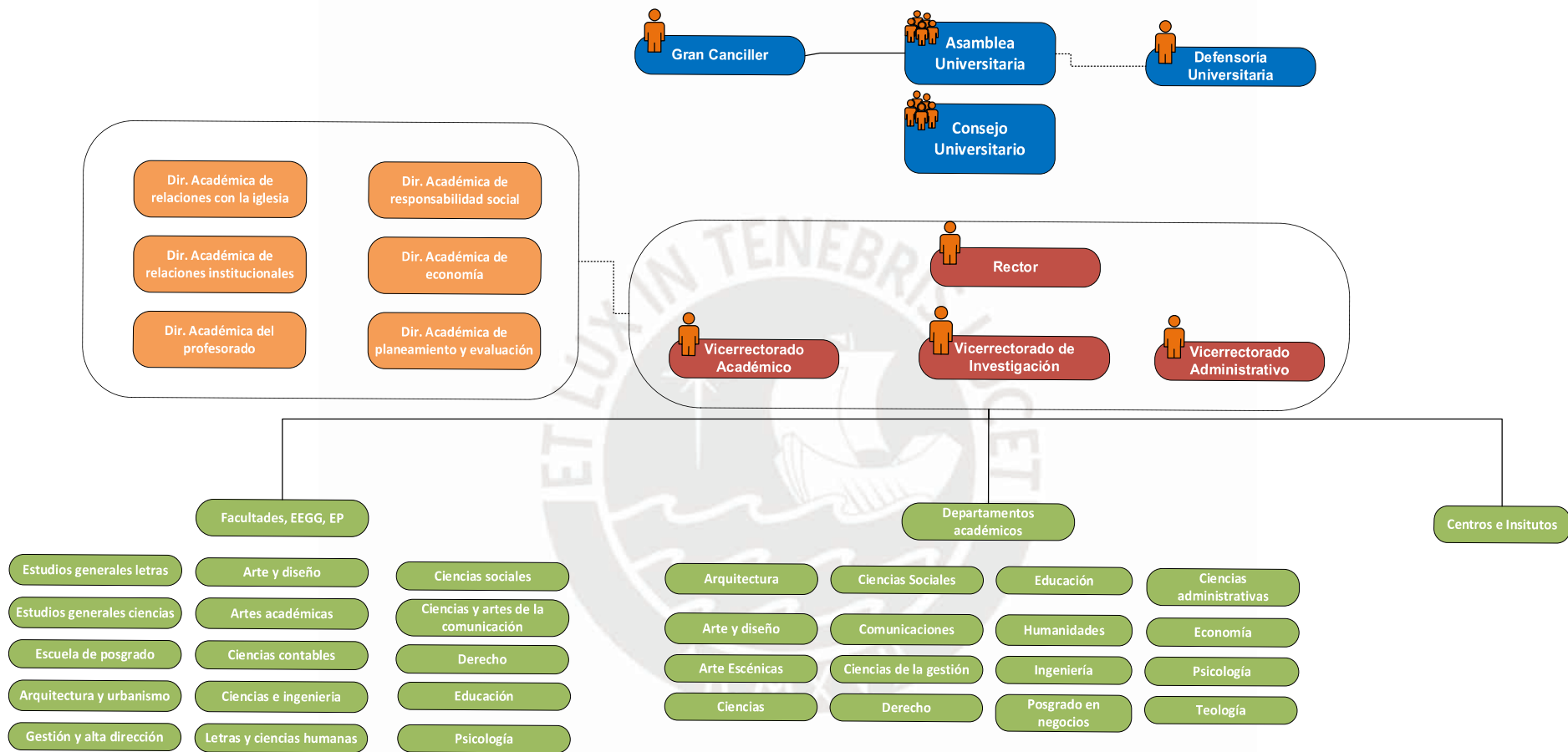


Figura 1 Organigrama de la universidad.

Fuente: [25]



La universidad cuenta con las siguientes características en cuanto a su red y acceso a internet: [5],[23],[28]

- Los edificios del campus universitario se encuentran interconectados a través de un *backbone* o conexión troncal de fibra óptica multimodo cuyo centro está en la Dirección de Informática.

## RED LAN PUCP – CAMPUS SAN MIGUEL

Dirección de Tecnología de Información – 2017

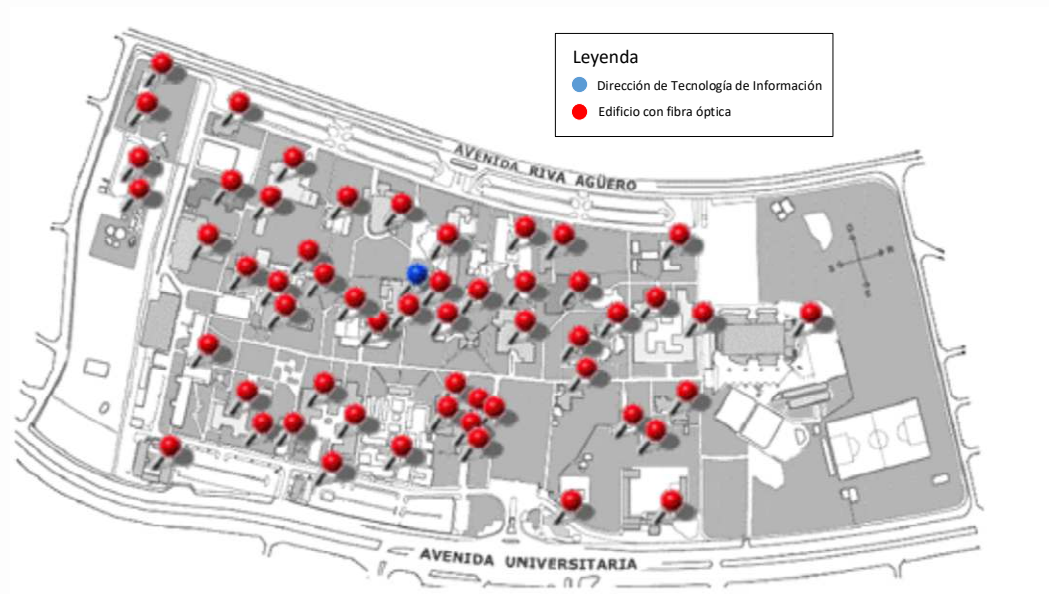


Figura 3 Red LAN PUCP

Fuente: [29]

- Cada uno de los 64 enlaces de fibra óptica instalados hasta la fecha, cuenta con al menos seis hilos, de los cuales solo se usan dos. Los otros cuatro están destinados para aplicaciones futuras o situaciones en las que se requiera respaldo.
- Este backbone se soporta en equipos de tecnología Gigae, que permite que cada edificio llegue hasta una velocidad de 1 Gbps.
- Los puntos de conexión inalámbrica a internet en el campus Pando son 1 189. Aproximadamente uno por cada aula de 30 alumnos.
- El ancho de banda consumido no excede el 50% de lo disponible.
- Los hotspots son Cisco: 802.11. n - 802.11.ac.
- Cuenta con dos ISP por motivos de seguridad y redundancia.

- La universidad cuenta con estación base Sigfox que se encuentra en el edificio V.
- Los servidores de la universidad almacenan cerca de 650 sitios web, entre facultades, departamentos, unidades académicas y administrativas, centros e institutos y de eventos.
- La página web de la universidad se encuentra en Amazon.
- El total de cuentas de correo son 302 653.
- Promedio mensual de visitas a las pág. Web son 782 871.
- El total de computadoras son 8 289 al 2019.

### 2.1.6 Consumo de recursos

Se tiene la información de la cantidad de recursos consumidos por año: [30]

- El total de la huella de carbono es de 33 902.9 toneladas (emisiones directas e indirectas)
- En el 2016 el consumo de agua (m<sup>3</sup>): 164 894 total, siendo 4.8 por persona.
- En el 2016 el consumo de energía (kWh): 9 230 112 en total, siendo 446 por docentes/administrativos y 223 por alumnos.
- Consumo Papel: 220.51 toneladas.

### 2.1.7 Certificación LEED

*Leadership in Energy in Enviromental Design* (LEED). Se basa en un sistema de puntuación que mide el nivel de respeto medioambiental y de salud de los edificios, y ha sido desarrollado por el *US Green Building Council* (USGBC). [31]

Actualmente la PUCP cuenta con dos edificios con certificación LEED: [31]

- Nueva Biblioteca - nivel plata: La edificación permite un 50% de ahorro en el consumo de agua en riego de áreas verdes y un 41% de ahorro en el consumo de agua potable. El 50% de los residuos de la construcción han sido reciclados. Y al igual que en el aulario, se utilizó al 100% adhesivos, selladores y pinturas bajos en compuestos orgánicos volátiles.
- Complejo de Innovación Académica - nivel oro: Este es el primer edificio en un campus universitario en el Perú que cuenta con la certificación en el nivel oro. El edificio de aulas permite una máxima utilización de la luz natural en todos los espacios (54 aulas y 6 zonas de descanso en total), lo que hace posible un 52% de ahorro en el consumo de energía eléctrica.



El edificio cuenta con un sistema de ventilación natural en aulas, servicios higiénicos, zonas de descanso y corredores, lo que permite evitar el uso de aire acondicionado.

Permite un ahorro del 42% en el consumo de agua potable, gracias a la instalación de accesorios que permiten la eficiencia en el consumo.

El 65% de los materiales usados en acabados para la construcción del aula son de madera certificada FSC.

## 2.2 REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DE LA UNIVERSIDAD

Con la implementación de soluciones que más adelante serán descritas, se podrá cumplir con parte de las actividades propuestas de la universidad, que se muestran en el Anexo I. Y también, como se mencionó anteriormente, con parte del plan maestro y estratégico.

### 2.2.1 Necesidad espacial

- a) **Disponibilidad de espacio:** Sasaki Associates proyectó necesidades espaciales futuras a los años 2021 y 2030 utilizando el número de matriculados y la dotación de personal proporcionados por la Universidad. Los números están expresados en Full-Time Equivalent (FTE), entendiéndose esta como una unidad que indica la carga de trabajo de una persona de una manera que sea comparable entre varios contextos. Un FTE de 1.0 significa que la persona es equivalente a un trabajador a tiempo completo, mientras que un FTE de 0.5 indica que el trabajador/estudiante labora/estudia medio tiempo. [5]

Las siguientes tablas, expresadas en FTE, muestran el resumen de las necesidades de los espacios de la universidad:

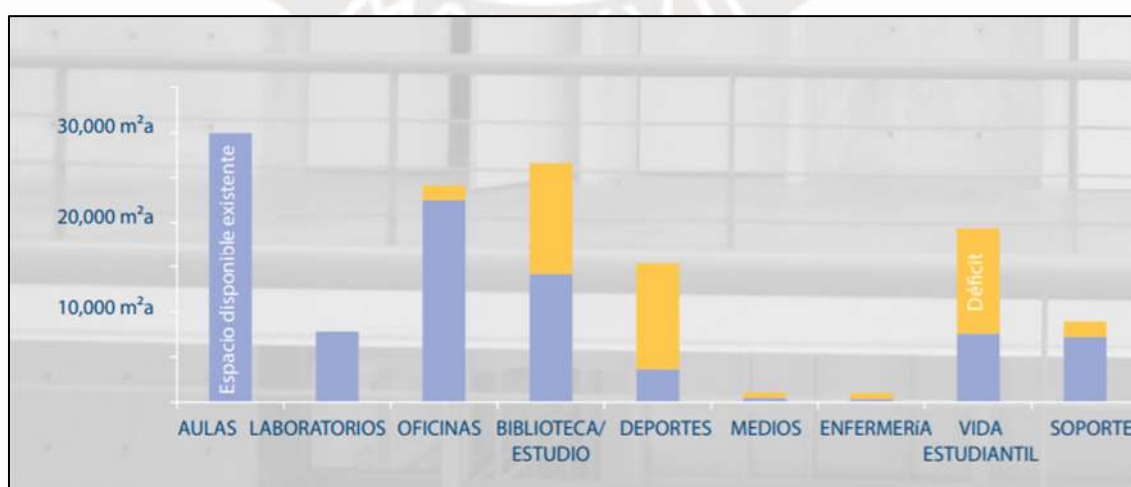


Figura 4 Análisis de disponibilidad de espacios en 2021

Fuente: [5]

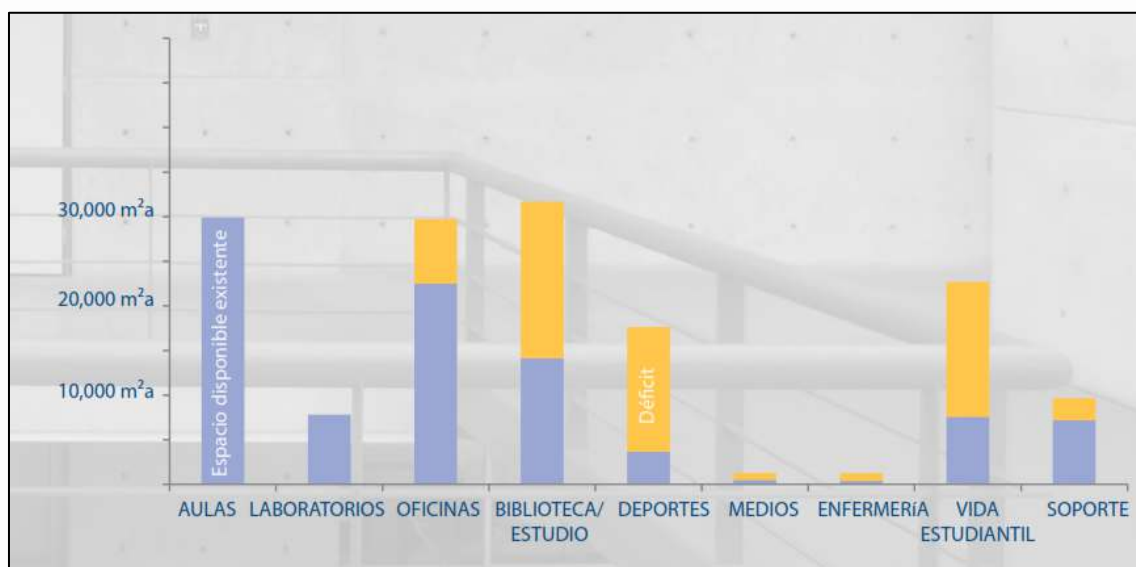


Figura 5 Análisis de disponibilidad de espacios en 2030

Fuente: [5]

Según el plan maestro, existe una alta demanda por espacios pequeños, pero la mayoría de aulas tienden a ser más grandes de lo que necesitan para la mayoría de los cursos dictados, por otro lado, estas aulas podrían ser utilizadas para dictar cursos a un grupo más grande de personas, o para capacitaciones. El problema de ocupabilidad, involucra todos los espacios de la universidad, tanto si los espacios están sub-utilizados o al contrario. Por lo que este documento se va a enfocar en proponer una solución para conocer el uso de los espacios universitarios y poder tomar decisiones.

#### **b) Marco urbano y de crecimiento**

Se propone ampliar la cantidad de estacionamientos.

Actualmente hay 12 áreas de estacionamiento para vehículos, como se observa en la siguiente figura:



Figura 6 Estacionamientos PUCP

Fuente: [32]

- La cantidad actual de estacionamientos en superficie son 1 490. Y los estacionamientos subterráneos son 244 (2 niveles).
- Al 2030 se planea que los estacionamientos en superficie sean 499. Y los estacionamientos subterráneos 2 166 (2 niveles).
- Después del 2030 se planea que los estacionamientos en superficie sean 499. Y los estacionamientos subterráneos 3 594

Tabla 4 Crecimiento Marco Urbano

Fuente: [5]

Marco Urbano	Existente	Propuesto
Estacionamientos: Se propone reducir el área dedicada a estacionamientos de superficie en 5.8%.	15.2%	9.4%
Espacios abiertos: La propuesta reduce en 5% el área dedicada a espacios abiertos	67.4%	62.4%
Edificaciones: Se incrementa el área en un 10.8% con respecto a las condiciones actuales del campus.	17.4%	28.2%
Árboles: Se incrementa en forma significativa el área de cobertura de los árboles propuestos en 19.5%	6.5%	26%

### 2.2.2 Sustentabilidad PUCP

En octubre del 2019 se inició el proceso de planeamiento del INTE (Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables). Este tuvo como objetivo elaborar un plan de desarrollo (PD) 2020-2022 para aprovechar el potencial del INTE en el desarrollo y articulación del trabajo interdisciplinario de la PUCP relacionado al desarrollo sostenible. [23]

Tabla 5 Propuesta de Sustentabilidad PUCP

Fuente: [5]

<p><b>Monitoreo del uso energético</b></p>	<p>El monitoreo individual y la instalación de dispositivos de eficiencia energética en espacios interiores y exteriores ayudaría a identificar patrones de funcionamiento de los distintos componentes del campus a través de las estaciones del año.</p>
<p><b>Reducción de estacionamientos en la superficie</b></p>	<p>Aumentar parqueo en sótanos y reducir parqueo en superficie a un 10% de la propiedad del campus.</p>
<p><b>Transporte</b></p>	<p>Propone el empleo de modos alternativos de transporte, como el desarrollo de un sistema de sendas de bicicletas dentro del campus que no ocasionen conflicto con el sistema de circulación peatonal, además de un sistema de circulación interna de “bike share” para optimizar el traslado interno entre los distintos puntos del campus.</p>
<p><b>Eficiencia del consumo de agua</b></p>	<p>Sistema de tratamiento de aguas grises para su reutilización. Una planta central de almacenamiento y bombeo de agua pluvial es propuesta en el clúster de edificios de Ingeniería. El 50% de la superficie de cubierta de los nuevos edificios serán techos verdes.</p>
<p><b>Espacio libre y vegetación</b></p>	<p>El Plan Maestro propone incrementar este porcentaje al 26%. El área libre resultante será de 62%.</p>



### 2.2.3 Lineamientos urbanos

Se informa que la cantidad de áreas verdes de la universidad son nueve, como se ve en la siguiente figura.

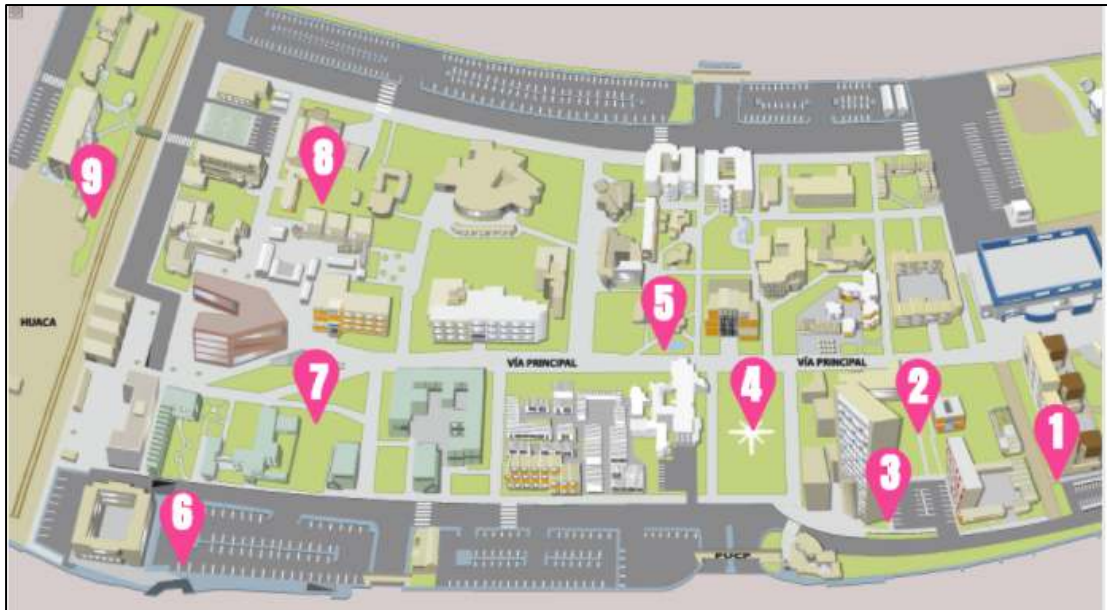


Figura 7 Áreas verdes PUCP

Fuente: [33]

Y dentro de los lineamientos de diseño urbano, se informa sobre el diseño de los tres nodos: nodo Sur, Central y Norte.

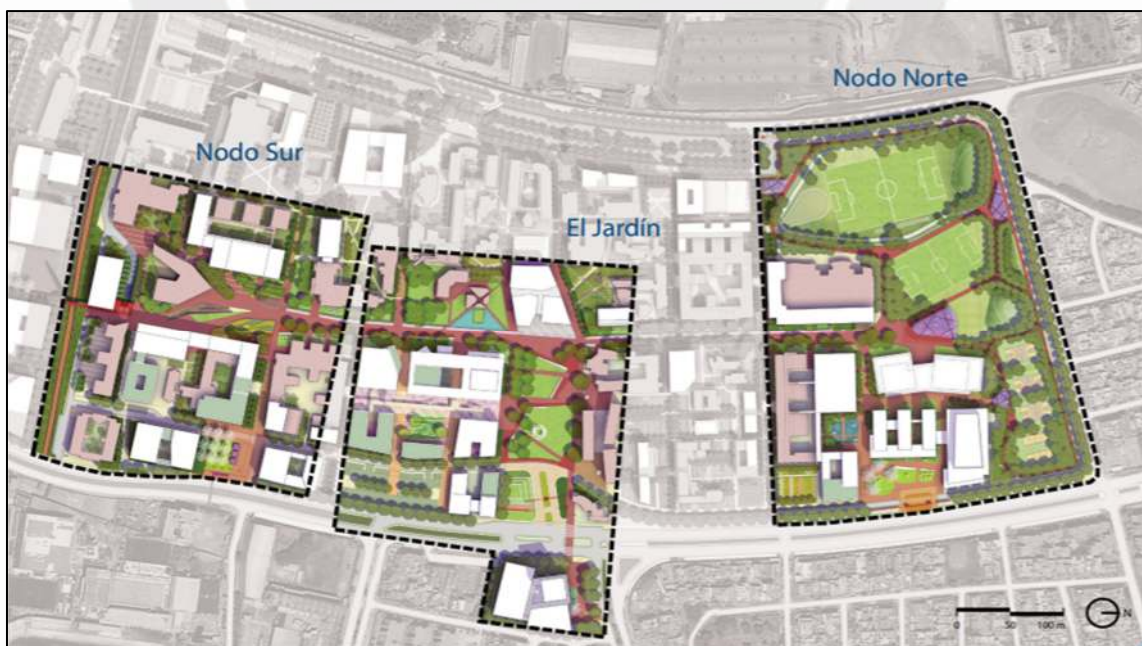


Figura 8 Diseños de los nodos PUCP

Fuente: [5]

a) Nodo Norte

Tabla 6 Nodo Norte

Fuente: [5]

PARCELA	USO DE PARCELA	ÁREA DE PARCELA	ÁREA CONSTRUIDA	DENSIDAD
27	Edificio de Colaboración Arte	2 317	5 700	2.46
28	Escuela de Arte	1 671	3 000	1.80
29	Artes Escénicas/Teatro	7 698	9 000	1.18
30	Centro Deportivo/Recreativo	4 751	14 000	2.95
31	Ampliación del Polideportivo	2 215	4 430	2.00
TOTAL		18 566	36 130	

Entre las parcelas se puede alcanzar el número máximo de espacios de estacionamientos. El número total de espacios de estacionamientos disponibles para el Nodo Norte sería de 801, divididos en dos edificios, siendo estos estacionamientos subterráneos. [5]

b) Nodo Central

Tabla 7 Nodo Central

Fuente: [5]

PARCELA	USO DE PARCELA	ÁREA DE PARCELA	GFA	DENSIDAD
14	Edificio de Colaboración	14 201	20 300	1.43
15	Administración	1 894	2 600	1.37
16	Biblioteca	3 403	15 700	4.61
19	Café	604	800	1.32
32	Hotel & Conferencia	6 397	11 834	1.85
TOTAL		26 498	51 234	

En este caso se mantienen espacios de estacionamientos de superficie existentes por un número de 123. El número total de espacios de estacionamientos disponibles para el Nodo Central sería de 1 285, divididos en cuatro edificios [5]



c) Nodo Sur

Tabla 8 Nodo Sur

Fuente: [5]

PARCELA	USO DE PARCELA	ÁREA DE PARCELA	ÁREA CONSTRUIDA	DENSIDAD
5	Edificio de Colaboración de Arquitectura	3 152	4 550	1.44
6	Edificio de Colaboración Ingeniería	1 290	3 350	2.60
7	Centro de Estudiantes	3 553	9 500	2.67
8	Física	1 948	3 300	1.69
9	Investigación y Desarrollo	2 222	7 774	3.50
11	Edificio Académico	775	2 474	3.19
12	Edificio Académico	822	2 463	3.00
13	Investigación y Desarrollo	1 836	6 000	3.27
TOTAL		15 596	39 411	

Se mantienen espacios de estacionamientos de superficie existentes por un número de 30. El número total de espacios de estacionamientos disponibles para el Nodo Sur sería de 462, divididos en cuatro edificios. [5]

### 2.3 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN MAESTRO

Se plantea su implementación en cinco etapas de aproximadamente tres años cada una: [5]

a) Fase 1, de 2014 a 2017

- Construir nuevo edificio de colaboración de Artes.
- Demoler las barracas de Arte.
- Construir las dos terceras partes de los edificios de colaboración de estudiantes.
- Construir la nueva escuela de Artes Escénicas y la Plaza de las Artes.

b) Fase 2, de 2017 a 2020

- Construir ampliación de la Biblioteca Principal.
- Demoler antigua Biblioteca Principal.
- Construir fase 2 de la Nueva Biblioteca.

- Mover antena de Radioastronomía fuera del campus y demoler las estructuras menores.
- Demoler el gimnasio existente.
- Construir nuevo edificio de deportes/recreación y re-desarrollar los campos deportivos.
- Construir nuevo edificio de mantenimiento y maestranza.
- Construir la ampliación de Estudios Generales.

c) Fase 3, de 2020 a 2023

- Construir nuevo edificio de Administración y mejorar el Ingreso principal al campus.
- Demoler antiguo edificio de Administración.
- Construir el último tercio de los edificios estudiantiles y mejorar el Jardín Principal y el Tontódromo.
- Ampliar Estudios Generales
- Construir el nuevo edificio de Física.
- Demoler antiguo edificio de Física.
- Construir el edificio de colaboración de Arquitectura.
- Demoler las barracas de Arquitectura.

d) Fase 4, de 2023 a 2026

- Construir la fase 1 del nuevo edificio de colaboración/ centro de estudiantes junto a las mejoras al Tontódromo.
- Demoler edificio de Ingeniería
- Construir nuevo edificio de colaboración conectado al centro de estudiantes.
- Demoler laboratorios.
- Construir bypass y puente sobre Muro Inca.
- Construir nuevo edificio de colaboración de Ingeniería.
- Demoler barracas de la Facultad de Educación.
- Construir nuevo edificio de colaboración.
- Demoler Comedor Central.
- Construir nuevo edificio de colaboración con comedores e instalaciones de vida estudiantil.

e) Fase 5, de 2026 a 2030

- Construir la ampliación de ingeniería y la zona de investigación y desarrollo.

- Construir nuevo espacio académico junto con la guardería.
- Construir nueva zona de investigación y desarrollo junto a la Plaza Noreste al lado de la Avenida Universitaria.
- Construir nuevo uso mixto frente a la Avenida Universitaria.
- Ampliación/demolición parcial del Polideportivo.
- Ampliación espacio académico.

La premisa para el planteamiento de las diferentes etapas de implementación del plan maestro son las siguientes:

Tratar en lo posible de no interrumpir el normal desarrollo académico y administrativo de la PUCP en la implementación del plan. Para tal fin, los primeros proyectos a desarrollarse son los que se encuentran en ubicaciones en donde actualmente no hay mayor desarrollo y las nuevas edificaciones puedan construirse sin causar mayores molestias a la comunidad universitaria. [5]





### 3.1 ENFOQUE DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Para este proyecto el enfoque del sistema de información propuesto es el de soporte de decisiones (DSS).

Los DSS pueden ayudar a la toma de decisiones humanas mediante la integración de diversas fuentes de información, el acceso inteligente a los conocimientos necesarios y un proceso de estructuración de las decisiones [34].

Se espera que el impacto final de la información obtenida de los datos recolectados permita tanto a la universidad como a los usuarios tener conocimiento acerca de la gestión actual de los recursos, y toma de decisiones para una mejor gestión de estos, mejorando la calidad de la experiencia de los alumnos, del cuerpo docente y de la institución.

### 3.2 SERVICIO CLOUD

Se propone aprovechar el convenio que tiene actualmente la universidad con *Amazon Web Services* (AWS). Donde se aloja la página web de la universidad.

También se tiene acceso a *AWS Educate* que proporciona a alumnos y profesores los recursos necesarios para acelerar la formación técnica relacionada con la nube.

En la siguiente tabla se puede ver una lista de servicios principales que ofrece AWS.

Tabla 9 Servicios principales AWS

Fuente: Elaboración Propia

Servicio	Descripción	Precio
AWS IoT Core [35]	AWS IoT Core es una plataforma en la nube administrada que permite a los dispositivos conectados interactuar con facilidad y seguridad con las aplicaciones en la nube y otros dispositivos.  Admite HTTP, WebSockets y MQTT.	0.08 USD (por millón de minutos de conexión)  0.15 USD (por millón de reglas activadas o de acciones ejecutadas)  Si se envía más de 5 mil millones de mensajes, 0.70 USD (por millón de mensajes)
AWS Lambda [36]	Puede ejecutar código para casi cualquier tipo de aplicación o servicio backend sin tener que realizar tareas de administración. Se puede configurar el código para que se active automáticamente desde otros servicios de AWS	0.20 USD por un millón de solicitudes.  0.0000166667 USD por cada GB/segundo.

	o se puede llamar directamente desde cualquier aplicación web o móvil.	
Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) [37]	En él, se guardan archivos estáticos como HTML, JS, CSS, librerías e imágenes, los cuales son imprescindibles para el funcionamiento de la interfaz web.	Primeros 50 TB/mes, 0.023 USD por GB.  Sigüientes 450 TB/mes, 0.022 USD por GB.  Más de 500 TB/mes, 0.021 USD por GB
Amazon CloudFront [38]	Es un servicio rápido de red de entrega de contenido (CDN) que distribuye a clientes globalmente datos, vídeos, aplicaciones y API de forma segura, con baja latencia, altas velocidades de transferencia y dentro de un entorno fácil para desarrolladores y posibilita integrar capas de seguridad como <i>AWS Web Application Firewall</i> y <i>Shield</i> .	Para la transferencia saliente de datos, los primeros 10 TB/mes, 0.110 USD por GB.  Para la transferencia de todos datos al origen, 0.125 USD por GB
Amazon CloudWatch [39]	Es un servicio que posibilita planificar acciones de acuerdo con un horario o rutina.	Métricas personalizadas y alarmas de Amazon CloudWatch 0.30 USD por métrica/mes.
DynamoDB [40]	Es un servicio de base de datos NoSQL gestionado por AWS, el cual es escalable. Así mismo, los datos son distribuidos en las zonas de disponibilidad de una región de AWS con la finalidad de ofrecer alta disponibilidad y son almacenados en discos SSD para mayor durabilidad.	Almacenamiento 0.25 USD/GB Lectura y escritura 5.33 USD/mes
Amazon Route53 [41]	Route 53 es un servicio web DNS, el cual redirige a los usuarios hacia infraestructura de AWS como, por ejemplo, balanceadores de carga o buckets de S3.	0.50 USD por zona alojada al mes para las primeras 25 zonas alojadas  0.10 USD por zona alojada al mes para las zonas alojadas adicionales
Amazon Cognito [42]	Cognito User Pool es un directorio de usuarios gestionado por AWS, el cual permite dar acceso a una aplicación móvil o web, ya sea usando ese directorio o a través de otros proveedores de identidad como Google Facebook o SAML	Tiene una capa gratuita de 50 000 MAU (usuarios mensuales activos) para usuarios que inician sesión directamente en los grupos de usuarios de Cognito

### 3.3 PROTOCOLOS

A continuación, se muestra los protocolos utilizados en las diferentes capas del modelo TCP/IP, para la comunicación de los dispositivos.

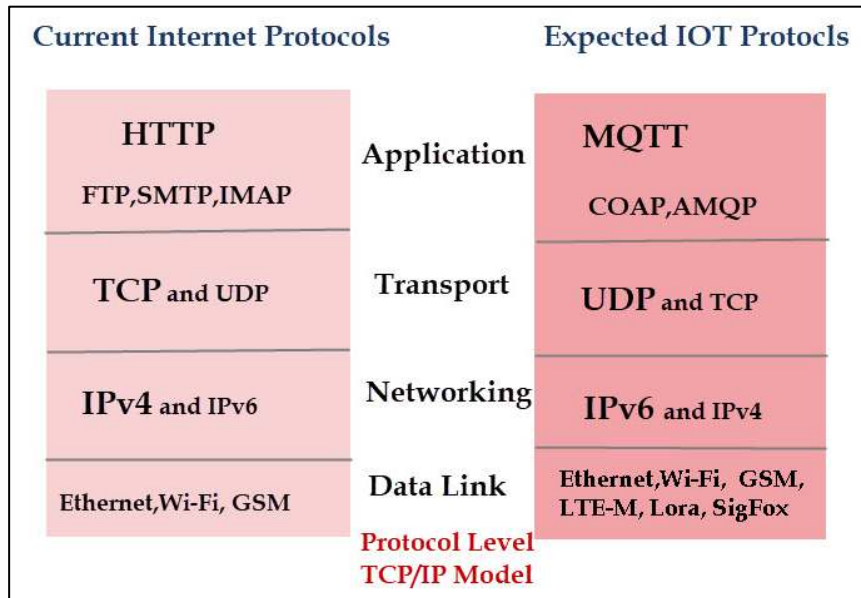


Figura 10 Protocolos IoT

Fuente: [43]

A continuación, se describe los protocolos compatibles con la propuesta tecnológica del presente trabajo de investigación.

#### 3.3.1 Capa de aplicación

Para los dispositivos convencionales, como son los terminales móviles, laptops, PC. Se recomienda el uso del protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), que es un protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP. Está soportado sobre los servicios de conexión TCP/IP. HTTP se basa en sencillas operaciones de solicitud/respuesta. Un cliente establece una conexión con un servidor y envía un mensaje con los datos de la solicitud. El servidor responde con un mensaje similar, que contiene el estado de la operación y su posible resultado. Todas las operaciones pueden adjuntar un objeto o recurso sobre el que actúan; cada objeto Web (documento HTML, fichero multimedia o aplicación CGI) es conocido por su URL. [44]

Para los nodos, se realiza una comparativa de los protocolos IoT, como se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 10 Características de los protocolos IoT

Fuente: [45]

Protocol	Transport	Messaging	2G, 3G, 4G (1000's)	LowPower and Lossy (1000's)	Compute Resources	Security	Success Stories	Arch
<b>CoAP</b>	UDP	Rqst/ Rspnse	Excelletrn	Excellent	10Ks / RAM Flash	Medium - Optional	Utility felt area ntwrks	Tree
<b>Continua HDP</b>	UDP	Pub/Subs rb Rqst/ Rspnse	Fair	Fair	10Ks / RAM Flash	None	Medical	Star
<b>DDS</b>	UDP	Pub/Subs rb Rqst/ Rspnse	Fair	Poor	10Ks / RAM Flash +++	High – Optional	Military	Bus
<b>DPWS</b>	TCP		Good	Fair	10Ks / RAM Flash ++	High - Optional	Web Servers	Client Server
<b>HTTP/ REST</b>	TCP	Rqst/ Rspnse	Excellent	Fair	10Ks / RAM Flash	Low - Optional	Smart Energy Phase 2	Client Server
<b>MQTT</b>	TCP	Pub/Subs rb Rqst/ Rspnse	Excellent	Good	10Ks / RAM Flash	Medium - Optional	IOT Msging	Tree
<b>SNMP</b>	UDP	Rqst/ Rspnse	Excellent	Fair	10Ks / RAM Flash	High - Optional	Network Monitoring	Client Server
<b>UPnP</b>		Pub/Subs crb Rqst/ Rspnse	Excellent	Good	10Ks / RAM Flash	None	Consumer	P2P Client Server
<b>XMPP</b>	TCP	Pub/Subs rb Rqst/ Rspnse	Excellent	Fair	10Ks / RAM Flash	High - Mandatory	Rmt Mgmt White Gds	Client Server
<b>ZeroMQ</b>	UDP	Pub/Subs crb Rqst/ Rspnse	Fair	Fair	10Ks / RAM Flash	High - Optional	CERN	P2P

Se propone el uso del protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), diseñado como transporte bastante ligero de mensajes entre dispositivos. [46] ya que trabaja con el servicio web propuesto, y además que brindan diferentes ventajas que se acomodan a las necesidades requeridas.

Este protocolo está basado en el patrón publicación/suscripción, es simple y ligero, diseñado para dispositivos con restricciones y con poco ancho de banda disponible para su comunicación, alta latencia o no confiables. La comunicación es totalmente asíncrona, por lo que no se requiere tener explícitamente un canal de comunicación abierto constantemente. [47]

El protocolo MQTT define dos tipos de entidades en la red: un bróker de mensajería y numerosos clientes. Bróker es un servidor que recibe todos los mensajes de los clientes y, en seguida, redirige estos mensajes a los clientes de destino relevantes. Un cliente es cualquier cosa que pueda interactuar con el bróker y recibir mensajes. Un cliente puede ser un sensor de IoT en campo o una aplicación en un centro de datos que procesa datos de IoT: [48]

- El cliente se conecta al bróker. Puede suscribirse a cualquier "tema" de mensajería del bróker.
- El cliente publica los mensajes en un tema, enviando el mensaje y el tema al bróker.
- Después, el bróker remite el mensaje a todos los clientes que se suscriben a este tema.

Para las soluciones RFID de bibliotecas, es imprescindible que el software cuente con los protocolos SIP2 o NCIP para que se pueda implementar RFID. [49]

Al hacer las cotizaciones, el proveedor recomendó un software libre que utiliza el protocolo SIP2.

3M introdujo el 3M™ *Standard Interchange Protocol* (SIP) en 1993. Este protocolo proporcionó un mecanismo de comunicación estándar para permitir que las aplicaciones de Sistemas de Biblioteca Integrados (ILS) y los dispositivos de autoservicio se comunicaran sin problemas para realizar transacciones de autoservicio. Este protocolo se convirtió rápidamente en el estándar de facto en todo el mundo y sigue siendo el protocolo principal para integrar ILS y dispositivos de autoservicio. [50]

### **3.3.2 Capa de transporte**

Se propone el uso del protocolo TCP, ya que trabaja con MQTT y HTTP.

El protocolo TCP es la capa intermedia entre el protocolo de red (IP) y la aplicación: [51]

- Permite colocar los segmentos nuevamente en orden cuando vienen del protocolo IP.

- Permite el monitoreo del flujo de los datos y así evitar la saturación de la red.
- Permite que los datos se formen en segmentos de longitud variada para "entregarlos" al protocolo IP.
- Permite multiplexar los datos, es decir, que la información que viene de diferentes fuentes (por ejemplo, aplicaciones) en la misma línea pueda circular simultáneamente.
- Por último, permite comenzar y finalizar la comunicación amablemente.

### 3.3.3 Capa de red

En la figura se muestra las diferencias para el uso de los dos protocolos disponibles en esta capa.

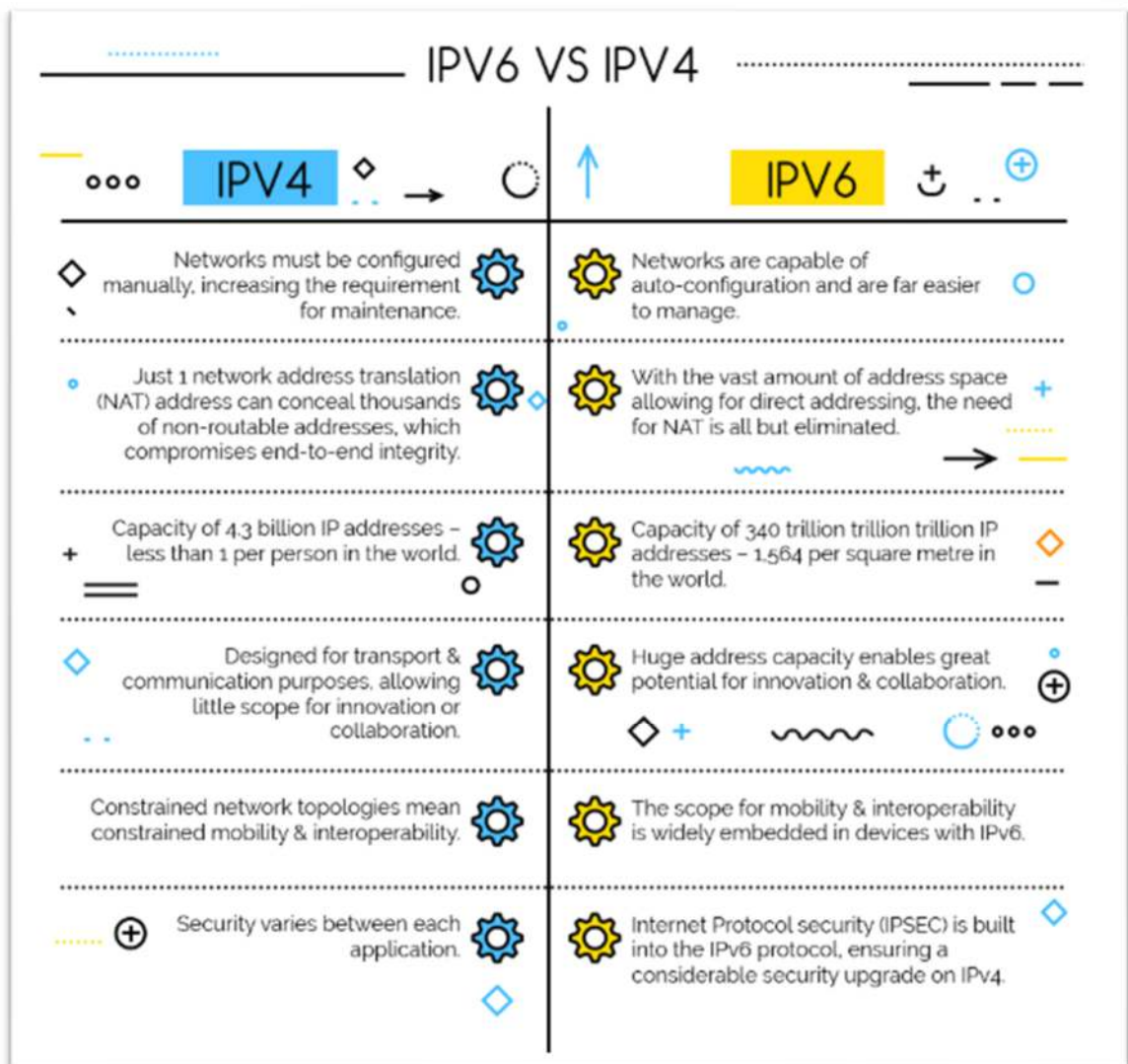


Figura 11 Ipv4 vs Ipv6

Fuente: [52]

A pesa de sus ventajas, migrar a IPv6 requiere una planeación de varias fases y puede tomar inclusive años. [53]

Por lo que se propone el uso protocolo IPv4, ya que es el protocolo usado actualmente en la universidad y es menos complejo que el protocolo IPv6.

### 3.3.4 Red de acceso

- Wifi: se recomienda el uso de la red wifi ya implementada en la universidad. Para que los usuarios mediante las aplicaciones puedan acceder a los datos, y para aquellas soluciones que requieran constante intercambio de datos. Actualmente el consumo de datos en la universidad no supera el 50% del ancho de banda ofrecido, por lo que, por el momento no se requiere ampliar dicha red.
- Sigfox: se recomienda el uso de esta tecnología para la comunicación de los nodos de aquellas soluciones que envíen poca información al día hacia la base de datos; ya que consume una baja cantidad de energía, funciona bien para dispositivos sencillos que transmiten con poca frecuencia, soporta una amplia zona de cobertura en las zonas donde se ubica: 30-50km (ambientes rurales), 3-10km (ambientes urbanos). [54]

En la red Sigfox se transmiten mensajes de 12 bytes, pudiendo enviar 140 mensajes al día. [55]

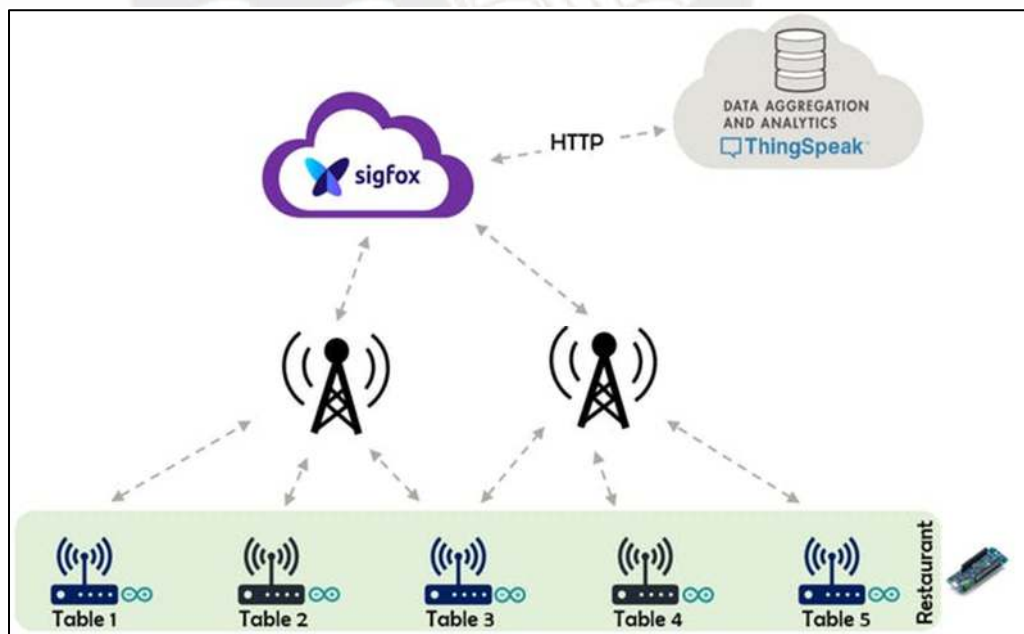


Figura 12 Topología de Sigfox

Fuente: [56]

Actualmente la universidad cuenta con una estación base Sigfox, la cual se encuentra en el nodo sur, por lo cual se recomienda, a futuro agregar dos estaciones base más, las cuales cubran los otros dos nodos (central y norte). Para asegurar mayor cobertura, menor pérdida de paquetes y menor latencia.

- RFID (*Radio Frequency Identification*): [57]

Un sistema RFID consta de los siguientes elementos: etiquetas RFID (tags), que se adhieren a los objetos que deseamos identificar; lectores RFID, que se encargan de recibir la señal de radio y transmitirla de forma comprensible para un ordenador; antenas, que actúan como enlace entre las etiquetas y el lector; y el software, que permite gestionar la información recibida. La etiqueta RFID o tag es un identificador unívoco del objeto al que va asociado. El lector envía una señal y la etiqueta responde con otra señal para identificarse ante el lector. El lector recoge las ondas de radio emitidas y las transforma en datos que se envían a un sistema de procesamiento de información que filtra y analiza la información de identificación recibida.

Los lectores RFID recogen un gran volumen de datos, muchos de los cuales son redundantes o irrelevantes para el negocio. El middleware filtra estos datos y los pone, en el formato adecuado, a disposición de las aplicaciones de gestión de la empresa, como son los ERPs, los sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) o las herramientas de trazabilidad.

### **3.4 COMUNICACIÓN CON EL SENSOR**

Todo objeto conectado tiene su base en plataformas hardware y software, siendo necesaria una capacidad de proceso y una programación de la misma. Los productos IoT actuales basan principalmente su arquitectura de microcontroladores en núcleos ARM, PIC, AVR, 808X o los ARM-Cortex M. Sobre estos hay una gran variedad de sistemas operativos, de los cuales la mayoría han surgido como propuestas específicas para el sector (*TinyOS, RIOT OS, Contiki o mbed OS*). Plataformas de hardware abierto como Arduino y Raspberry Pi han tenido un importante papel en cuanto a la evolución del IoT y los objetos. Ambos han servido como plataforma de desarrollo para la concepción de nuevas ideas y conceptos. [58]

Para aquellas soluciones que necesiten un dispositivo que pueda leer fácilmente los sensores, se recomienda el uso de microcontroladores. Y en el caso de las soluciones que requieran una mayor capacidad para la ejecución de algoritmos más complejos, se podría hacer con una Raspberry PI.

### 3.5 SOLUCIONES PROPUESTAS

Para estas soluciones hay que tomar en cuenta diferentes criterios [59]:

- Cobertura: Mientras mayor sea la cobertura, mayor es la probabilidad de que nodos sensores más lejanos puedan asociarse con el nodo coordinador.
- Consumo de energía: es un punto importante para el ahorro energético.
- Confiabilidad de la red: Se debe generar un balance entre el ahorro de energía y la confiabilidad de la red.
- Tamaño: Otra consideración relevante es el tamaño de los nodos sensores.

#### 3.5.1 Ocupabilidad de espacios

Para mitigar la problemática, y hacer uso eficiente de los espacios, se propone una solución, la cual analice el momento y la cantidad de personas que se encuentren en un espacio (aulas, biblioteca, enfermería, entre otros). Para que con el análisis de esta información se puedan tomar decisiones.

Se propone una alternativa, que con el uso de dispositivos y mediante un análisis inteligente, se realice el conteo de personas que se encuentren dentro de un espacio.

A continuación, se hace una comparación de las opciones que se encuentran en el mercado para el conteo de personas; utilizando una matriz de decisión, que es una herramienta que se utiliza para la toma de decisiones, si se está debatiendo entre algunas soluciones comparables que tienen múltiples criterios cuantitativos.[60]

El criterio de precisión tendrá un peso de 2, por su importancia para esta solución, mientras que los otros criterios tendrán un mismo peso.

Tabla 11 Tipos de contadores de personas

Fuente: Elaboración Propia

Criterios	Soluciones											
	Sensor infrarrojo		Cámaras monoculares		Cámaras estereoscópicas 3D		Cámaras Térmicas		Wifi Analytics		Bluetooth Beacons	
Precisión	1	2	3	6	3	6	3	6	2	4	1	2
Costo	3		1		1		1		3		2	
Facilidad de implementación	3		2		2		3		3		2	
<b>Total</b>	8		9		9		10		10		6	

Como resultado del análisis dos opciones tienen un peso de 10. Estas dos opciones son:

a) WI-FI Analytics:

La precisión no es exacta, ya que una condición esencial para que el conteo de tráfico pueda darse es contar la totalidad de personas. Lo que significa que para



un conteo total es necesario que todos los usuarios estén usando WiFi. En caso contrario, se omitirían varias personas, lo que afectaría a la toma de decisiones. Por otro lado, la posibilidad de que haya más de un dispositivo por persona también es una opción que perjudica el conteo total, ya que en este caso se contaría más personas de las que realmente hay. Para mitigar este problema se propone implementar el uso de la autenticación por parte del usuario para el acceso a la red de Wifi. Donde los usuarios puedan ingresar a la red WiFi desde varios dispositivos, pero con una sola cuenta. [61]

Aunque esta solución no es precisa, la mayor parte del personal universitario se mantiene conectado a la red Wifi, lo que permite que esta opción sea una herramienta muy potente y eficiente en términos de seguimiento de personas; aunque no cuente la totalidad, sí permite distinguir patrones de comportamiento muy interesantes a partir de una muestra.

El WiFi permite la identificación de cada dispositivo único a través de una dirección MAC. [61]

*WiFi Location*, es un estándar de geolocalización utilizando las redes inalámbricas, utiliza un enfoque de «tiempo de vuelo», es decir, el tiempo que tarda un determinado dato en llegar hasta el dispositivo del usuario. Se debe tener en cuenta que para que esto funcione, cada punto de acceso debe estar configurado con una ubicación exacta, incluyendo las coordenadas geoespaciales (latitud, longitud y altitud) y también el nombre del lugar. Gracias a FTM (*Fine Timing Measurement*) se puede calcular la distancia y la posición exacta desde un dispositivo móvil a un punto de acceso. Esto permite tener una ubicación exacta de los dispositivos móviles, incluso funciona para edificios con varios pisos. Con *WiFi Location* podremos utilizar los servicios de geolocalización en interiores, utilizando los puntos de acceso WiFi que hay repartidos por todo el campus. [62]

Para conseguir la geoposición exacta en una superficie horizontal es necesario como mínimo 3 AP (*Access Point*), y para hacerlo a nivel de 3D (un edificio de varios pisos) es necesario como mínimo 4 AP. Los puntos de acceso se comunicarán entre sí para compartir sus coordenadas, y permitir que el dispositivo pueda calcular la ubicación real.

Cuando los AP detectan un único dispositivo pueden reconocer las coordenadas exactas de los dispositivos ya que pueden calcular desde distintos puntos de referencia la distancia entre un celular/tablet/laptop y el AP.

Otro punto positivo de *WiFi Location*, es que se puede proporcionar geoposicionamiento sin necesidad de cambiar la infraestructura de red ni introducir ningún tipo de dispositivo, por lo que el coste no aumentará.

Un detalle muy importante de *WiFi Location*, es que depende de varias variables si se quiere una precisión exacta. Lo primero es el ancho de banda del canal, si estamos en una red WiFi muy colapsada y con mucho tráfico, los paquetes no viajarán todo lo rápido que pueden, e incluso podría haber interferencias y retransmisiones. Los AP que estén más libres, o que tengan mayor ancho de banda para los clientes, serán los que mejor información de posicionamiento proporcionen. [62]

Otro aspecto muy importante es el problema del *Multipath*, es decir, si la señal WiFi que se recibe es directa del AP o por el contrario se recibe por otro camino (rebotes de señal, por ejemplo). Esto es algo muy importante, aunque *WiFi Location* está preparado para los posibles caminos de las señales, y descarta aquellos que utilizan caminos muy largos para llegar a su destino. [62]

Actualmente, la red WiFi ya desplegada en la universidad, cuenta con un estimado del 50% de la capacidad de ancho de banda libre para poder traficar mayor cantidad de datos. La universidad cuenta con dos tipos de AP de Cisco, con los estándares 802.11n y 802.11ac, que cuentan con las siguientes características:

Parameter	802.11ac	802.11n
Published Year	2013	2009
Channel Width	20 , 40 , 80 MHz (160 Optional)	20 , 40 MHz
Frequency Band	5 GHz Only	2.5 GHz and 5 GHz
MIMO	Multiple user	Single User
Modulation	256 QAM	64 QAM
Maximum Antennas	8 * 8 MIMO	4 * 4 MIMO
Max Speed	7 Gbps	600 Mbps
Max Range	50 M	100 M
Spatial Streams	3-4	3
Power consumption	25+ W	13 W

Figura 13 Estándares de los Access Point de la universidad

Fuente: [63]

Se recomienda como primer paso homogeneizar los dispositivos, cambiando los más antiguos por los del estándar 802.11ac, estos AP cuentan con más ventajas que el modelo anterior, como es el ancho de banda y modulación, punto

importante, ya que, cuando este proyecto se lleve a cabo, la cantidad de dispositivos conectados a la red va a ser mucho mayor comparado con la cantidad de dispositivos que se conectan en la actualidad.

Como siguiente paso se recomienda implementar una autenticación por parte de los usuarios al conectarse a la red, de una forma similar a: [64], [65], [66]; donde al conectarse a la red se solicite datos del usuario como son la MAC, el correo electrónico o código del alumno y un *password*. Este paso se podría complementar utilizando el servicio Eduroam, que ha sido desarrollado para la comunidad académica y de investigación, que permite a los investigadores, académicos, estudiantes y personal de la institución participante obtener conectividad a Internet a través de su campus y cuando visiten otras instituciones participantes, con tan solo abrir su portátil.

Desde abril de 2012 el Comité de Gobernanza Mundial de Eduroam (GeGC) reconoce al Perú como Operador Roaming de Eduroam, permitiendo que el servicio se extienda a las Universidades, Instituciones y Centros de investigación de todo el país a través de eduroam-pe operado por INICTEL-UNI como nodo de la Red Académica Peruana (RAAP).[67]

Las principales ventajas que se podrían obtener con este servicio son: [68] Movilidad global, otorgando acceso en más de 20.000 lugares de todo el mundo.

- Cuenta única de acceso con tus datos de CUENTA UC (*login* y *password*).
- Facilidad de conectar en pocos pasos.
- Servicio multiplataforma: disponible para dispositivos móviles y notebooks.
- Multi dispositivo: con tu cuenta, puedes utilizar hasta 3 dispositivos simultáneamente.

En las siguientes figuras se muestra un ejemplo de los pasos que se deberían de seguir para el registro de usuarios a la red PUCP.

The image shows a screenshot of a web interface titled "WI-FI Registration Module". It contains three distinct registration forms arranged horizontally. Each form has a title, a label for "PRN No", an input field, and a blue button labeled "Req. OTP".

Form Title	PRN No	Action Button
Wi-Fi Registration	2013033800107535	Request OTP
Forget Password	[Empty]	Req. OTP
Change MAC ID / Device	[Empty]	Req. OTP

Figura 14 Modulo de registro de usuario

Fuente: [64]

Please login to the network using your username and password.

Username:

Password:

Log In

Figura 15 *Login* de usuarios

Fuente: [64]

Esta información será almacenada en la base de datos para futuras consultas.

b) Cámaras térmicas [61],[69]

Son eficientes en cuanto a precisión y bajo consumo de energía. Su comunicación es vía Ethernet. Se activan con el calor de cuerpos, en la mayoría de situaciones pueden alcanzar hasta un 95% de precisión.

Al tratarse de calor, la luz no afecta los conteos. No obstante, a diferencia de las cámaras de video, no pueden distinguir variables demográficas como edad o género, lo cual no se requiere para esta solución.

Por otra parte, en algunos puntos las cámaras térmicas pueden requerir calibraciones a la medida ya que el umbral de calor detectado entre los cuerpos y la superficie pueden afectar la precisión; es decir, en superficies calientes, puede haber falsos positivos o falsos negativos.

Se suelen instalar encima de la zona de acceso (techo) enfocando hacia abajo para obtener una vista sin obstáculos del área de conteo, y permite diferenciar varias personas en movimiento a una distancia del suelo de hasta 13 metros, proporcionando el dato de conteo de personas que acceden/salen de una zona con un campo de visión de 20°, 40° y 60°. Por lo cual se requeriría la instalación de las cámaras en la entrada de los espacios, como son las bibliotecas, aulas, edificios, entre otros.

Con la información recolectada, se puede tomar las acciones que correspondan en función del número de personas que se encuentren en el interior del espacio a controlar (limitación de acceso, activación de sistemas de ventilación, activación de luces, etc).

Esta solución se podría tomar en cuenta para un futuro, ya que la inversión necesaria para cubrir la universidad con cámaras térmicas es muy elevada,

siendo el costo promedio por cada cámara de \$3 700 [70]. Esta solución se podría implementar como una medida secundaria, la cual serviría para análisis de comportamiento de los usuarios más precisa.

### 3.5.2 Transporte en el Campus

En actualidad los estacionamientos de la universidad son escasos para la demanda que se tiene, lo cual genera consumo tanto de combustible y de tiempo al estar buscando un lugar disponible, esto también aumenta la huella de carbono ya existente. Para mitigar este problema se propone dos soluciones.

a) El uso de Sistema de Bicicletas compartidas:

Se eligió esta propuesta, ya que se encuentra en el plan maestro, para el transporte sostenible.

Los sistemas públicos de bicicletas (SPB) permiten a los individuos usar bicicletas según las necesiten sin los costos y responsabilidades de comprarlas, y constituyen una estrategia de transporte sostenible.

Las personas que quieren hacer uso del SPB se deben identificar, desbloquear la bicicleta, conducirla y dejarla correctamente estacionada, todo esto como un autoservicio. Por otro lado, los proveedores del servicio deben encargarse de comprar las bicicletas, darles mantenimiento, así como asumir responsabilidad por el almacenamiento y las zonas de parqueo [71].

Un informe del *Institute for Transportation and Development Policy* (ITDP) revela que el sistema de bicicletas compartidas ha reducido en un 10% los viajes en automóvil y un 13% de consumo de gasolina en Shenzhen, China [72].

En la investigación [73] realizada en la PUCP, revela que, la universidad cuenta con 218 anclajes para bicicletas distribuidos en 21 estaciones. Los anclajes con mayor demanda son los ubicados el Edificio McGregor, la Puerta de Ciencias y el Pabellón. Por otro lado, en promedio hay 150 bicicletas durante el día y 85 bicicletas en promedio los sábados. Datos que son importantes para el cálculo de la bicicletas e infraestructura necesaria para la solución propuesta.

De esta investigación, también se destaca que, una de las principales razones por las que los ciclistas de la universidad utilizan la bicicleta es porque les ahorra tiempo respecto a otros modos de transporte. Y, por otro lado, una de las razones por las que no utilizan esta opción para trasladarse a la universidad es por la poca sensación de seguridad.

Este estudio también destaca la falta de accesibilidad hacia las estaciones y que la ubicación de algunos de estos incentiva a que los ciclistas vayan por los

corredores internos, creando conflictos con los peatones. Hacer mejoras en la infraestructura será necesario si se quiere mejorar las condiciones para el uso de las bicicletas. Para esto se sugiere:

Mejorar la accesibilidad para los usuarios de la bicicleta, implementando rampas cerca a los anclajes y teniendo en cuenta los recorridos de los ciclistas dentro del campus al hacer cualquier modificación en las vías de tránsito.

Se debe hacer un reordenamiento de la ubicación de las estaciones y de las rutas que llevan a ellos. Los anclajes deben estar, en la medida de lo posible, en las afueras de la trama peatonal del campus a fin de evitar fricciones con los peatones, en lugares visibles y accesibles.

Los requerimientos de sistema que se van a tomar en cuenta para esta solución son: [74]

- Comodidad de la bicicleta, junto a un diseño robusto y con piezas que minimicen el mantenimiento y robo.
- La plena disponibilidad todos los días hábiles del año y en un horario determinado.
- Suficiente disponibilidad de bicicletas e información en tiempo real.
- Garantizar una plaza donde estacionarla. Y que sea en una ubicación idónea.

El sistema de SBP propuesto, se basa en la investigación [75], y a continuación se describe los principales costes que hay que tener presente:

- La bicicleta; se encontró un modelo para esta solución la cual posee un teclado piezoeléctrico para marcar los códigos de acceso a los usuarios debidamente registrados; una pantalla para guiar a los usuarios de manera clara e inteligible, que muestre, por ejemplo, la distancia real recorrida y el tiempo de uso; un emisor y receptor, que comunica con la caja de comunicación presente en la estación de bicicletas, también autónoma a nivel energético, que transmite las informaciones al servidor central mediante GPRS. [76]

Al retirar la bicicleta del anclaje, se propone que el usuario disponga de 30 minutos, para hacer su trayecto y anclar la bicicleta en su punto de llegada. En el momento en que el usuario ancla la bicicleta, el bloqueo será automático al llegar al punto de anclaje o pasando los 30 min. Se propone como primera etapa la adquisición de 300 bicicletas, las cuales serán distribuidas en el Campus.

- Anclaje, que cumple una función estratégica en la lectura de identificación de las bicicletas que son reintegradas y las que van a ser liberadas por medio de préstamo automático. Los anclajes representan una inversión económica

elevada por disponer de elementos anti-vandalismo, sistemas electromagnéticos, informáticos y de comunicaciones. Se estima que no se debería superar la cantidad de 5 - 10 anclajes por columna, pues podría incidir negativamente en la agilidad del préstamo, tanto a la hora de recoger la bici como de dejarla. Se propone la implementación de 30 columnas de 10 anclajes.

- Caja de comunicaciones solar, que integra localmente una base de datos de los usuarios, y que se comunica a través de radio Zigbee, en este caso se propone el uso de Sigfox, con la bicicleta y por GPRS con el servidor central.
- Software, de manejo de toda la información y datos que se demandan dentro del mismo. Este software presenta tres partes principales:
  - Sistema de identificación, validación, entrega y recibido (SIVER).
  - Sistema general de control y comunicación central (SGCC).
  - Sistema de información, afiliación y atención al usuario (SINAU).

b) Disponibilidad de estacionamiento vehicular:

Se propone el uso de soluciones sobre sistemas de detección de disponibilidad de estacionamientos, para facilitar la información a los usuarios en tiempo real acerca de su disponibilidad, de manera que colabore con un mejor uso de tiempo y de recursos.

Estos sistemas funcionan de forma que los conductores mediante sus dispositivos pueden acceder a esta información teniendo la facilidad de ver una ubicación libre, y con los sistemas más avanzados, incluso reservar una ubicación para evitar que dos vehículos lleguen a un lugar al mismo tiempo. Por otro lado, con los datos recolectados se puede realizar un análisis con el fin de obtener otra información, por ejemplo:

- En qué momento del día ingresa mayor cantidad de vehículos.
- Cuánto es la estancia media por vehículo.

Estas soluciones se pueden clasificar en base a 2 principales métodos: uso de sensores y procesamiento de imágenes.

En el caso de los sensores de estacionamiento, se puede usar una amplia variedad, entre ellos: infrarrojos, magnetómetros, sensores magnéticos, sensores ultrasónicos, sensores de peso en movimiento, RFID, entre otros. [77] Pero los sensores infrarrojos, por ejemplo, tienen la desventaja de ser propensos al polvo y la humedad, ello puede originar que con el tiempo las lecturas fallen sistemáticamente. Lo mismo ocurre con los sensores de intensidad luminosa, en ellos el polvo acumulado evita que la luz pueda ser detectada por el sensor, lo



que genera deficiencias en el monitoreo. Otros tipos de sensores tienen precios muy elevados, como los sensores piezoeléctricos y los sensores láser. [59]

La solución que más se acomoda al contexto de la universidad es la tesis relacionada con la red de sensores aplicando el protocolo Zigbee. [59]

La cual describe el diseño de un sistema de monitoreo de espacios disponibles de un aparcamiento vehicular en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), basado en redes inalámbricas de sensores. Esta investigación hace uso de las siguientes tecnologías para su desarrollo.

- **Sensores:** se combinó el uso de dos tipos de sensores. En primer lugar, el sensor ultrasónico o de ultrasonido, que son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros (4 como alcance máximo). El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas. [78]

En segundo lugar, el sensor magnético, que puede monitorear la variación de campo magnético que genera un vehículo mediano promedio. Se decidió ubicar estos sensores debajo del auto, lo cual se debería mantener, debido a que no se necesitaría una estructura adicional que lo sostenga, y debido a que el monitoreo de la distancia al vehículo es en la mayoría de los casos constante. Los sensores ultrasónicos también dieron resultados satisfactorios en las investigaciones. [77],[78].

- **Display:** La pantalla, estaría basada en display de 7 segmentos de 6.5 pulgadas (16.5 cm). Donde se pueda ver el número de estacionamientos disponibles. Estos displays se podrían colocar a la entrada de cada estacionamiento. [77], [78]

De los resultados obtenidos en los proyectos investigados, utilizando la tecnología descrita, se pudo obtener los siguientes resultados: [77], [78]

- Según los resultados de las pruebas realizadas en las investigación [78], se logró ver una reducción en cuanto al tiempo y consumo de gasolina en un 48.5 % lo que representa una mejora aceptable para implementar este sistema.
- El costo total del sistema de parqueo para 20 vehículos fue de \$ 1219.40.
- Se utilizó 1GB de almacenamiento de disco SSD y 8 GB de ancho de banda.

- Con respecto al mantenimiento se recomienda instalar un temporizador para apagar el sistema durante la noche (periodo en el que no hay vehículos en el lugar)

En el caso del procesamiento de imágenes se utiliza cámaras instaladas a cierta altura del estacionamiento y cada una de ellas captura imágenes sobre espacios asignados. La ventaja sobre los sensores es que se puede analizar un rango de plazas por cámara y puede identificar infracciones de tránsito cometidas en las mismas con una precisión de 99%. [80]

Se encontró una tesis de la universidad, que se basa en el procesamiento de imágenes usando Optical Character Recognition (OCR). Donde es necesario pintar las plazas de estacionamiento asignándoles número que los distinguan y que contrasten con el pavimento. Luego, se instalan cámaras en la parte superior de los estacionamientos a cierto ángulo de visión y cada una se le asigna un rango. Con las imágenes obtenidas, pasan por un mejoramiento de la imagen convirtiendo de RGB a escala de gris y ajustando el contraste. Por último, dicha imagen es procesada por un algoritmo de OCR en MATLAB, el cual devuelve un arreglo de números. De esta manera, cada vez que un vehículo se parquee, el número pintado no será visible y, por tanto, en la etapa de procesamiento no será considerado. [80]

De acuerdo con el análisis comparativo, el cual se encuentra en el Anexo II, se decidió utilizar el dispositivo Raspberry PI 4 B con 2GB RAM junto al módulo Raspberry Camera V2. [80]

Para el estacionamiento B del campus de la universidad, se propone el despliegue de 4 dispositivos/cámaras, una por cada poste, a una altura superior a los 3 metros de manera que brinden cobertura de las filas más alejadas, cada dispositivo monitorea un conjunto de 7 u 8 espacios. [80]

Para esta investigación, se propone implementar la solución de procesamiento de imágenes con Inteligencia Artificial (IA), ya que este tipo de aplicaciones permite reducir el número de nodos sensores lo cual se ve reflejado en la reducción de costos y también en la reducción de consumo energético, dicho esto este tipo de tecnologías es muy viable para este tipo de aplicaciones. [81]

### **3.5.3 Consumo de energía**

La medición tradicional implica visitas periódicas de lectores humanos a las instalaciones de los clientes para tomar lecturas de medidores. Este enfoque lleva

tiempo, es costoso, es propenso a errores, requiere una gran cantidad de trabajo. Además de la supervisión remota del consumo de energía, los sistemas de medición inteligentes pueden encender/apagar la fuente de alimentación de forma remota, detectar casos de robo de energía, detectar fallas y son capaces de monitorear la calidad de la energía. Los medidores inteligentes se diferencian de los medidores electrónicos debido a las funcionalidades adicionales. Además de las mediciones de electricidad y la lectura automática de medidores (AMR), permiten la comunicación bidireccional entre el medidor y la empresa de servicios públicos. A diferencia de los monitores de energía domésticos, los medidores inteligentes pueden recopilar datos para informes remotos. Dicha infraestructura de medición avanzada (AMI) difiere de la lectura automática de medidores (AMR) tradicional. Desde una perspectiva operativa, el uso de medidores inteligentes permite una mejor gestión y control sobre la red eléctrica. [82]

Actualmente tres edificios de la universidad cuentan con medidores eléctricos. Se recomienda la implementación de estos medidores para cada uno de los edificios de la universidad. Por otro lado, el grupo de IoT de la universidad está desarrollando un proyecto llamado Smart Grid-PUCP.

Este proyecto tendrá como punto de partida la medición y estudio del consumo de energía eléctrica a través del uso de sensores que brinden información en tiempo real con la cual se logre analizar el comportamiento de las cargas y encontrar así posibilidades de ahorro. Para cumplir con este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar y desplegar una red de sensores de energía eléctrica, que permitan el monitoreo continuo de las cargas de interés. Esta red debe ser capaz de crecer con la inclusión de más sensores, sin que esto degrade su desempeño.
- Desarrollar un esquema de comunicación para esta red de sensores que cumpla con los mismos requerimientos del objetivo anterior, incluyendo la posibilidad de no interferir con los sistemas de comunicaciones ya existentes y que además permita una conexión segura entre los sensores y los servidores que alojen los datos.
- Desarrollar una plataforma de software que administre y agregue los datos enviados por la red de sensores, esta plataforma debe tener la posibilidad de administrar individualmente los sensores y generar una comunicación bidireccional con los mismos.

- Diseñar y desarrollar herramientas de análisis, que permitan extraer información útil a partir de los datos obtenidos, esto a través de elementos como aprendizaje máquina y análisis estadístico.
- Desarrollar una interfaz de usuario capaz de comunicar correctamente los datos, información y contenidos que puedan ser considerados relevantes para la toma de decisiones y visualización del comportamiento de las cargas.

Este proyecto, a la fecha, se encuentra en su etapa inicial, y ha permitido gracias a la colaboración de la empresa EAT (Energy Automation Technologies), el que la universidad cuente, para propósitos de investigación, con las plataformas de hardware y software desarrolladas por la empresa, de manera que ambas instituciones se benefician con los resultados de los procesos que se están realizando, esto significa:

- La PUCP y el grupo de investigación desarrollan nuevas aplicaciones y funcionalidades a partir de las plataformas compartidas con la empresa EAT (Energy Automation Technologies).
- La PUCP y el grupo de investigación aprovechan los datos y su análisis tanto para la mejora de los procesos administrativos como para el desarrollo de la investigación relacionada.

En la actualidad gracias a la colaboración del Vicerrectorado Administrativo y la Dirección de Infraestructura ya se están monitoreando los edificios indicados en la siguiente tabla:

Tabla 12 Edificios monitoreados

Fuente: Grupo de IoT

#	Nombre del Punto	Fecha de instalación (M/D/A)
1	Tablero Normal Edificio de Ciencias Sociales	18/07/2019
2	Tablero Estabilizado Edificio de Ciencias Sociales	18/07/2019
3	Tablero General Aulario	3/08/2019
4	Tablero General Biblioteca Nueva	18/07/2019
5	Tablero General Gastronomía	24/07/2019
6	ICOBA	11/12/2019
7	Subestación 7	11/12/2019
8	Pabellón O (CAM)	11/12/2019

Este trabajo conjunto ha permitido hasta el momento definir las necesidades de la dirección de infraestructura en cuanto a los resultados de las mediciones y como estos deben ser presentados para un fácil aprovechamiento inicial, por lo que es necesario continuar incorporando más medidores hasta alcanzar la totalidad de la universidad. Analizando los datos recolectados de los medidores de energía se podrían tomar diferentes acciones y a su vez obtener información importante.

- Apagado de luces.
- Lugares con mayor uso energético.
- Cantidad de energía eléctrica utilizada por área y por fechas/horarios.
- Porcentaje de ahorro energético.

#### **3.5.4 Consumo de agua**

El 97.5% del agua del planeta no es apta para el consumo humano, para la agricultura, o para trabajo industrial en general, del 2.5% restante un 79% está en los casquetes polares, embalses subterráneos o de difícil acceso por el nivel de profundidad en el sé que encuentra, ya que en ocasiones está a más de 3 000m bajo el nivel del mar. Queda por tanto un 0.26% del volumen total de agua en el mundo que es fácilmente aprovechable para el uso humano, la que está en embalses, lagos, ríos y pozos accesibles.[83]

Tan solo una canilla que gotea desperdicia más de 75 litros de agua por día. [84]. Por lo que se recomienda el monitoreo y control del uso del agua, para lograr detectar pequeñas fugas, o detectar cuándo un grifo está funcionando más de lo normal, y así lograr tener un análisis del consumo del agua tanto diario o mensual, para la toma de decisiones, evitando gastos innecesarios.

Para esta solución es necesario un sensor de flujo de agua que se podría instalar en la tubería de suministro de agua de cada edificio, para calcular el volumen de líquido que pasa por esta tubería. Cada pase produce un pulso eléctrico. Al contar los pulsos en un período de tiempo determinado y factorizar el diámetro de la tubería, es posible calcular el volumen de agua que fluye a través del sensor. Cada sensor tiene un costo aproximado de \$12. [85]

Por otro lado, el consumo de agua no solo se genera en los edificios, también se utiliza este recurso para el cuidado y mantenimiento de las áreas verdes de la universidad. En este caso, para mejor gestión del agua, se recomienda el uso de sensores en dichas áreas, para análisis de su estado y determinar los periodos de riego necesarios. Se propone tomar como base la tesis [86], que consiste en realizar el monitoreo de riego

de las áreas verdes en la PUCP utilizando la tecnología SigFox. Y la tesis [87], que tiene como objetivo definir el diseño de una solución IoT utilizando la tecnología LoRaWAN para incrementar los indicadores de supervisión y control de los parámetros de producción de los cultivos agrícolas en el Perú..

Para ello se requiere la implementación de sensores de humedad que mida la humedad de suelo en base a la constante dieléctrica, por las ventajas que posee dicho método de monitoreo. Se decidió utilizar el sensor Vegetronix VH-400 y utilizar el microcontrolador Devkit Sigfox v2.0 debido a su amplio rango de voltaje de alimentación y por el convenio existente entre WND Perú y la Universidad. La comparativa para determinar el método de monitoreo y los dispositivos más adecuados se encuentran en el Anexo II. Estos dispositivos deben encontrarse protegidos para evitar el ingreso de agua. [86]

Se recomienda para la implementación una topología de red “malla”, que es una solución para aumentar el rango de comunicación y la relación de entrega de paquetes sin necesidad de instalar pasarelas adicionales.

También se propone utilizar una válvula solenoide, que es un dispositivo de actuación electromecánica que controla el flujo de líquidos o gases. Contiene una bobina con un núcleo ferromagnético en su centro denominado solenoide. Que se activará para habilitar el paso de agua por medio de las tuberías desplegadas en el campo. La estación realizará el riego automatizado al registrar un valor de humedad de suelo por debajo de un umbral establecido o al recibir una instrucción desde el aplicativo. [87]

Según el resultado del análisis comparativo de la investigación, se recomienda utilizar la válvula solenoide de la empresa US Solid modelo USS2-00069, y su costo es de \$64. [87]

La cantidad de sensores necesarios para hacer un buen control de humedad dependen del tipo de terreno, los sectores de riego existentes y la topografía del terreno. [88]

Si el área de estudio tiene un área topográfica heterogénea, y fuerte estacionalidad de las precipitaciones, entonces es probable que vaya a necesitar sensores ubicados en áreas que representan las principales fuentes de heterogeneidad. Si, por el contrario, el sitio de estudio es bastante homogéneo o que simplemente se está interesado en el patrón temporal de la humedad del suelo (por ejemplo, para la programación del riego), entonces es probable que se pueda necesitar un menor número de sensores de humedad del suelo. [89]



### 3.5.5 RFID en las bibliotecas

En el 2019 fueron prestados 94 666 ítems en físico de las bibliotecas. [24]

El número de préstamos de la colección de la Biblioteca Central corresponde al 58% del conjunto de bibliotecas del campus. [24]

La implementación de la tecnología RFID (identificación por radiofrecuencia) para las bibliotecas tiene varias ventajas entre ellas: [90]

- Préstamos múltiples, sin necesidad de tener que leer uno a uno los códigos de barras.
- Inventarios más rápidos y eficaces, realizados de manera instantánea.
- Control geoespacial, identificando la localización exacta de cada documento o libro, esté en su lugar o descolocado.
- Protección antihurto: gracias al uso de los pórticos, si algún material no está prestado, la máquina lo detecta y salta la alarma.
- Estadísticas de acceso de personal a la biblioteca, número de préstamos, reservas o consultas realizadas, etc.
- Sistema de autopréstamo, favoreciendo así la autonomía de los usuarios.
- Etiquetas personalizables con el logo de la biblioteca o con códigos de barras.

Todo sistema RFID está compuesto de los siguientes elementos o componentes, los cuales serán necesarios para la propuesta [91],[92]:

- Un tag (etiqueta) RFID, denominada también transpondedor (transmisor y receptor).
- Un lector RFID, que es el proporciona la energía necesaria a la etiqueta y lee los datos que ésta le envíe.
- Un servidor (host) el cual recibe los datos de uno o varios lectores y se los comunica al sistema de información (software).

Adicionalmente se puede implementar:

- El Activador Desactivador, que puede ser una solución rápida y eficiente para desactivar o activar las tiras EM (electromagnéticas) comúnmente utilizadas en las bibliotecas; o para escribir o leer en las etiquetas de RFID. Y también se encuentra la versión híbrida que puede combinar las dos tecnologías EM y RFID-HF al mismo tiempo, incluyendo los procesos de conversión.
- Estaciones autopréstamo, que se utilizan para realizar el proceso préstamo, devolución, renovación directamente por los usuarios de la biblioteca, activar o desactivar el bit de seguridad EAS o AFI de las etiquetas RFID, desactivar o



activar las tiras EM, registrar en el Sistema de Gestión de la Biblioteca el préstamo, devolución, renovación de los materiales.

- Buzón de devolución, es la manera más fácil para hacer devoluciones de materiales de la Biblioteca durante las horas normales de operación y aun después. Su tecnología única para devoluciones hace posible instalar la unidad dentro o fuera de la biblioteca, ofreciendo una gran facilidad de uso y optima protección contra vandalismo.
- Sistema de seguridad, colocadas a la entrada de las bibliotecas, previene la extracción deliberada o accidental de los materiales de la biblioteca mediante la detección de tiras Electromagnéticas (EM), etiquetas de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) o ambas (EM y RFID) en cualquier orientación.

Las etiquetas RFID UHF son recomendadas para este caso ya que la incorporación en los libros es muy fácil porque es material autoadhesivo, una vez que es pegado puede tranquilamente permanecer dentro del libro, las velocidades de lectura que permite son de 450 etiquetas por segundo lo cual será compatible con el lector que se esté usando en el sistema. El lector RFID UHF es un lector multiprotocolo empleados en la frecuencia 902 – 928 MHz o 865 - 868MHz que son frecuencias que se utiliza generalmente en este tipo de sistema.[91]

Actualmente la universidad ya cuenta con este sistema en dos bibliotecas, de un total de cinco bibliotecas dentro del campus. Por lo que se recomienda la implementación total de este sistema en las tres bibliotecas faltantes.

La siguiente figura muestra los servicios que se consideraron en la biblioteca.



Figura 16 Servicios propuestos de la biblioteca

Fuente [93]

Las aplicaciones que se han considerado en la Biblioteca son las siguientes: [93]

- Atención en mostrador: Hay colecciones que no se han considerado para que sean de estantería abierta.
- Etiquetado y codificado: Que se plantea que inicialmente se realice por la empresa que provee la solución y que además debe capacitar al personal de la biblioteca para que luego sean ellos los encargados.
- Sistemas antihurto: Dado que se ha escogido una solución mixta, se colocarán equipos de seguridad antihurto para las etiquetas EM (electromagnéticas) y las labores correspondientes a los procesos de circulación de libros se administrarán utilizando las etiquetas RFID.
- Inventarios: En estos casos se requieren de equipos portátiles para la verificación de las colecciones.
- Auto-préstamo: Equipo que permite el retiro de libros con el Documento de Identidad de la PUCP (aún en código de barras) y las etiquetas RFID de los libros, para lo cual se debe asegurar compatibilidad con el LMS (*library managment system*) y asegurar en caso se requieran licencias para los protocolos de comunicación en cada equipo, se incluyan en los costos totales.
- Auto-devolución: Incluyen un buzón para el dejado de los libros y el sistema de reconocimiento RFID para que se haga la descarga del LMS. En caso de no haber, se deberá preparar el mueble para que cumpla con esta condición que a la larga podría permitir tener un sistema de auto devolución de libros descentralizado. Estos buzones se encontrarán fuera del edificio.

## CAPÍTULO 4 PLAN DE DESARROLLO

En este capítulo se desarrolla dos propuestas de plan de implementación evaluando el consumo de datos anual, alcance, gestión de costo y gestión de tiempo de las soluciones descritas anteriormente, para finalmente elegir una de las alternativas según un proceso de evaluación costo-beneficio.

### 4.1 ALCANCE

#### a. Stakeholders

- Estudiantes
- Profesores
- Personal administrativo
- DTI
- Grupos de investigación

#### b. Recopilación de requisitos

- Dificultad al encontrar estacionamiento en el campus a ciertas horas.
- Demora al cruzar a pie el campus.
- Posibilidad de mal uso de los recursos (agua, electricidad).
- Necesidad de seguridad y trazabilidad del material bibliotecario.
- Demora en inventario del material bibliotecario.
- Actualización tecnológica.
- Falta de recolección de información del comportamiento y uso de los recursos de la universidad.

#### c. Definición del alcance:

Debe contar con un diseño arquitectónico robusto, el cual se lleve a cabo integrando las tecnologías necesarias para cumplir en este caso con los objetivos principales del plan maestro y conversaciones con expertos, por lo cual se propone llevar a cabo cinco soluciones que en conjunto podrán generar una gestión eficiente de recursos y economía, teniendo un impacto positivo para el ambiente, y para los usuarios u organización que empleen estas soluciones. Estas soluciones también permitirán generar información sobre el uso de los recursos (agua, luz), la ocupabilidad de los recintos del campus, la identificación de los usuarios conectados a la red WiFi, disponibilidad de los estacionamientos, optimizando el transporte dentro del campus en

conjunto con la implementación de bicicletas compartidas, y completar el proyecto ya iniciado en las bibliotecas, otorgando seguridad y trazabilidad con el uso de la tecnología RIFD, todo esto para permitir accesibilidad y transparencia de información para la automatización de las tareas y gestión eficiente de los recursos.

No se incluirá información sobre la implementación de otras soluciones, aparte de las propuestas, para no afectar en la gestión de costos ni en el cronograma.

**d. Elaboración del EDT (Estructura de descomposición de trabajo)**

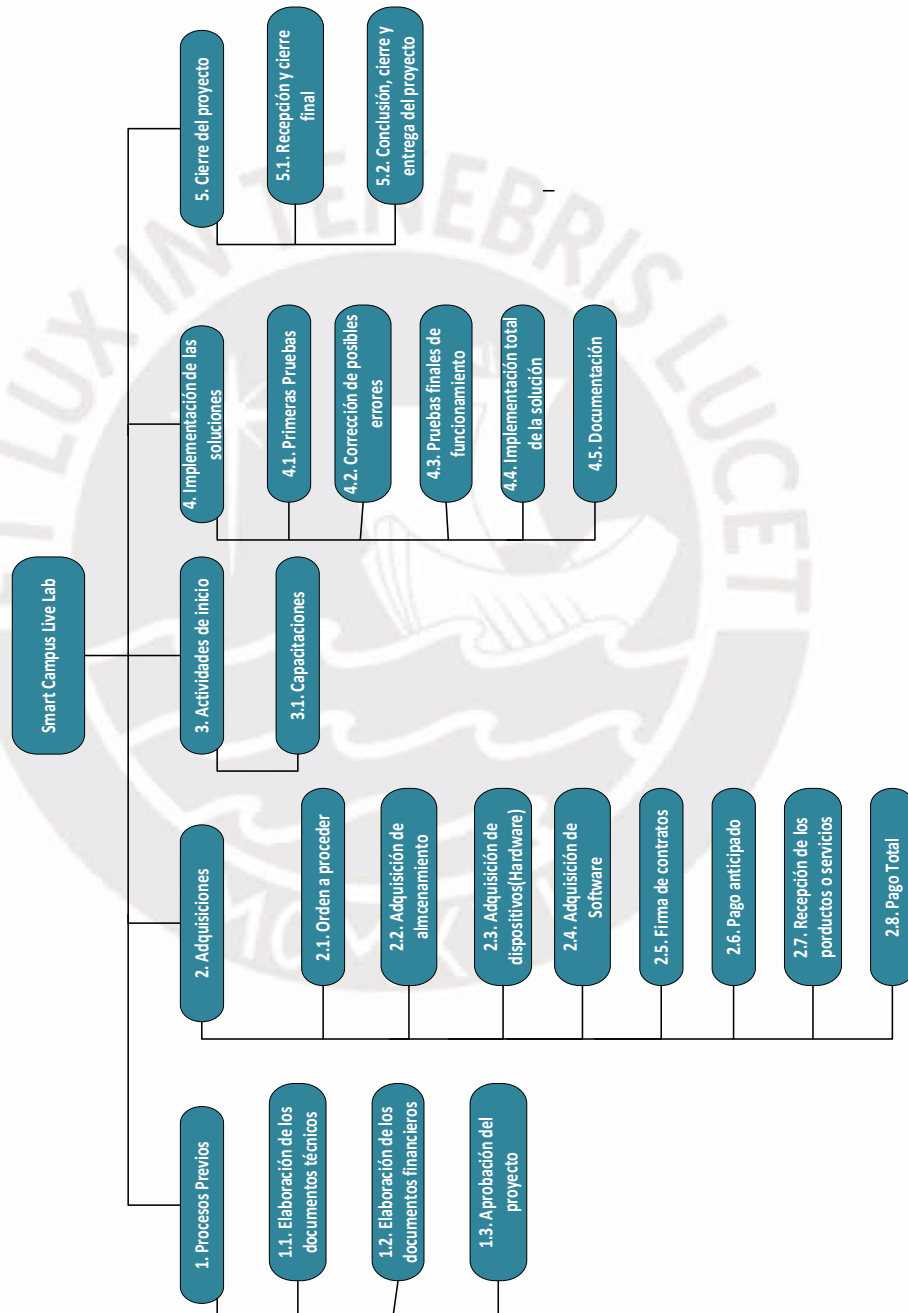


Figura 17 EDT

Fuente: Elaboración Propia

## e. Diccionario del EDT

Tabla 13 Diccionario EDT

Fuente: Elaboración Propia

Nombre del Proyecto		Versión
Smart Campus Live Lab		1
1. Procesos Previos	1.1. Elaboración de los documentos Técnicos	Identificación de requisitos específicos de HW y SW que serán necesarios para la implementación del proyecto.
	1.2. Elaboración de los documentos Financieros	Solicitar cotizaciones de HW/SW para seleccionar la mejor oferta en función de los criterios especificados, en la actividad 1.1.
	1.3. Aprobación del Proyecto	Aprobación por parte de la universidad para la puesta en marcha del proyecto.
2. Adquisiciones	2.1. Orden a proceder	Elaboración del documento para proceder a la adquisición de HW/SW necesario
	2.2. Adquisición de almacenamiento	Solicitud al proveedor para la adquisición de almacenamiento en la nube necesario.
	2.3. Adquisición de dispositivos (HW)	Solicitud al proveedor de compra del HW.
	2.4. Adquisición de Software	Solicitud al proveedor para la adquisición del SW.
	2.5. Firma de contratos	Realizar el acuerdo contractual que incluye los términos y condiciones importantes para la adquisición de los productos/servicios
	2.6. Pago anticipado	Porcentaje de pago por adelantado de la adquisición de los productos/servicios
	2.7. Recepción de los productos/servicios	Recepción del total de productos/servicios adquiridos.
	2.8. Pago Total	Pago del porcentaje restante. Será realizado después de la actividad 2.7.
3. Actividades de inicio	3.1. Capacitaciones	Serán realizadas a un grupo, que estará involucrado en el equipo de trabajo del proyecto.
4. Implementación de las soluciones	4.1. Primeras Pruebas	Realizadas para probar el funcionamiento de la solución implementada.
	4.2. Corrección de posibles errores	Se realizará si en la actividad punto 4.1. hubo algún error. Y se corregirá.
	4.3. Pruebas finales de funcionamiento	Últimas pruebas para la verificación del funcionamiento total y adecuado de la solución
	4.4. Implementación total de la solución	Al finalizar las pruebas, la solución deberá estar totalmente disponible para los Stakeholders involucrados.
	4.5. Documentación	Generar documento que contenga al detalle la elaboración del proyecto.
5. Cierre	5.1. Recepción y cierre final	Recepción del documento generado en la actividad 4.5. al jefe del proyecto.

	5.2. Conclusión, cierre y entrega del proyecto	Conclusiones finales realizadas por el jefe del proyecto y entrega de esta al área de la universidad correspondiente.
--	--	---

## 4.2 CRONOGRAMA

Se plantea dos propuestas para la implementación de las soluciones mencionadas en el capítulo 3:

- Propuesta 1 – Implementación en paralelo. Se propone iniciar la implementación de las soluciones en paralelo, para obtener resultados en un periodo de tiempo menor a la segunda propuesta. Además, los beneficios de estas soluciones (tanto para la universidad como para los estudiantes) también se verán reflejados en un plazo menor.
- Propuesta 2 – Implementación por partes. Como segunda propuesta se sugiere implementar las soluciones de manera secuencial, comenzando por las soluciones que ya se están implementando por el grupo de IoT en la universidad, para que el impacto económico sea menor al de la primera propuesta, e invertir los beneficios económicos que se generen, para la implementación de las siguientes soluciones. Por otro lado, también se podrá utilizar los conocimientos generados al implementar las soluciones para evitar repetir errores.

### 4.2.1 Consideraciones

Tabla 14 Consideraciones para el plan de desarrollo

Fuente: Elaboración Propia

<b>Metodologías y herramientas</b>	Project Diagrama de Gantt
<b>Nivel de precisión</b>	Se determinará empleando una estimación análoga. Como máximo $\pm 15\%$ de contingencia en días.
<b>Unidades de medida</b>	Será medida en <b>Días</b> a lo largo de todo el cronograma
<b>Reglas de control</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semana laboral(lunes-viernes)</li> <li>• Se propone reuniones para ver el avance del proyecto cada 15 días.</li> </ul>

<b>Inicio del proyecto</b>	Se toma como fecha base de inicio del proyecto la segunda semana del mes de marzo del año 2021, en conjunto con el comienzo de las actividades universitarias.
----------------------------	--

#### 4.2.2 Lista de actividades

Según las propuestas desarrolladas en el capítulo 3, se desarrolló la lista de actividades con su duración para cada una de las propuestas.

Actividades:

1. Elaboración de los documentos técnicos.
2. Elaboración de los documentos financieros.
3. Orden a proceder.
4. Adquisición de almacenamiento.
  - **WiFi Analytics.**
5. Creación de la base de datos.
6. Convenio con Eduroam.
7. Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware).
8. Adquisición de los sistemas necesarios (Software).
9. Firma de contratos.
10. Pago anticipado.
11. Recepción de los productos/servicios.
12. Pago total.
13. Capacitaciones.
14. Implementación de los equipos y sistemas.
15. Realizar primeras pruebas.
16. Corrección de posibles errores.
17. Pruebas finales.
18. Documentación.
  - **Estacionamiento.**
19. Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware).
20. Firma de contratos.
21. Pago anticipado.
22. Capacitaciones.
23. Implementación de los equipos y sistemas.
24. Creación de la base de datos.
25. Desarrollo de interfaz web.



26. Realizar primeras pruebas.
27. Corrección de posibles errores.
28. Pruebas finales.
29. Documentación.

- **Bicicletas Compartidas**

30. Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware).
31. Adquisición de los sistemas necesarios (Software).
32. Firma de contratos.
33. Pago anticipado.
34. Recepción de los productos/servicios.
35. Pago total.
36. Capacitaciones.
37. Creación de la base de datos.
38. Implementación de los equipos y sistemas.
39. Realizar primeras pruebas.
40. Corrección de posibles errores.
41. Pruebas finales.
42. Documentación.

- **Consumo de agua**

43. Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware).
44. Firma de contratos.
45. Pago anticipado.
46. Recepción de los productos/servicios.
47. Pago total.
48. Capacitaciones.
49. Desarrollo de los sistemas necesarios (Software).
50. Creación de la base de datos.
51. Implementación de los equipos y sistemas.
52. Realizar primeras pruebas.
53. Corrección de posibles errores.
54. Pruebas finales.
55. Documentación.

- **Consumo eléctrico**

56. Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware).
57. Firma de contratos.
58. Pago anticipado.
59. Recepción de los productos/servicios.

60. Pago total.
61. Capacitaciones.
62. Desarrollo de los sistemas necesarios (Software).
63. Creación de la base de datos.
64. Implementación de los equipos y sistemas.
65. Realizar primeras pruebas.
66. Corrección de posibles errores.
67. Pruebas finales.
68. Documentación.

- **RFID para bibliotecas**

69. Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware).
70. Firma de contratos.
71. Pago anticipado.
72. Recepción de los productos/servicios.
73. Pago total.
74. Capacitaciones.
75. Implementación de los equipos y sistemas.
76. Realizar primeras pruebas.
77. Corrección de posibles errores.
78. Pruebas finales.
79. Documentación.

#### **4.2.3 Lista de Hitos**

- Inicio del proyecto.
- Aprobación del proyecto.
- Aprobación económica.
- Base de datos creada.
- Dispositivos y sistemas instalados.
- Fin de pruebas de funcionamiento.
- Solución implementada.
- Cierre y entrega del proyecto.

#### **4.2.4 Cronograma**

Se desarrolló un cronograma para cada una de las propuestas, ya que tienen diferente duración.

Para las dos propuestas descritas, las primeras actividades serán las mismas, ya que son las necesarias para comenzar el desarrollo de las soluciones propuestas.

Se propone comenzar con el proyecto la segunda semana de marzo del próximo año, ya que es el periodo donde la universidad comienza todas sus actividades.

Tabla 15 P1 - Cronograma Primeras Actividades

Fuente: Elaboración Propia

<b>Id</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Predecesoras</b>
<b>1</b>	<b>Proyecto1</b>	<b>655 días</b>	<b>lun 8/03/21</b>	<b>vie 8/09/23</b>	
2	Inicio del Proyecto	0 días	lun 8/03/21	lun 8/03/21	
3	Elaboración de los documentos técnicos.	25 días	mar 9/03/21	lun 12/04/21	
4	Elaboración de los documentos financieros.	45 días	mar 13/04/21	lun 14/06/21	3
5	Aprobación del Proyecto.	0 días	mar 15/06/21	mar 15/06/21	4
6	Aprobación económica.	0 días	mar 15/06/21	mar 15/06/21	4
7	Orden a proceder.	1 día	mar 15/06/21	mar 15/06/21	5
8	Adquisición de almacenamiento.	5 días	mié 16/06/21	mar 22/06/21	7

Tabla 16 P2 – Cronograma Primeras Actividades

Fuente: Elaboración Propia

<b>Id</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Predecesoras</b>
<b>1</b>	<b>Proyecto2</b>	<b>2469 días</b>	<b>lun 8/03/21</b>	<b>jue 22/08/30</b>	
2	Inicio del Proyecto	0 días	lun 8/03/21	lun 8/03/21	
3	Elaboración de los documentos técnicos.	20 días	lun 8/03/21	vie 2/04/21	
4	Elaboración de los documentos financieros.	45 días	lun 5/04/21	vie 4/06/21	3
5	Aprobación del Proyecto.	0 días	lun 7/06/21	lun 7/06/21	4
6	Aprobación económica.	0 días	lun 7/06/21	lun 7/06/21	4
7	Orden a proceder.	1 día	lun 7/06/21	lun 7/06/21	5
8	Adquisición de almacenamiento.	5 días	mar 8/06/21	lun 14/06/21	7

**a) Propuesta 1**

Para esta propuesta, todas las soluciones tendrán la misma fecha de inicio.

La duración de esta propuesta es de 655 días.

Tabla 17 Cronograma P1 - Sol. Ocupabilidad de espacios

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>9</b>	<b>Wifi Analytics</b>	<b>308 días</b>	<b>mié 23/06/21</b>	<b>vie 26/08/22</b>	
10	Creación de la base de datos	21 días	mié 23/06/21	mié 21/07/21	8
11	Base de datos creada	0 días	jue 22/07/21	jue 22/07/21	10
12	Convenio con Eduroam	25 días	mié 23/06/21	mar 27/07/21	8
13	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	20 días	mié 28/07/21	mar 24/08/21	12
14	Adquisición de los sistemas necesarios (Software)	10 días	mié 28/07/21	mar 10/08/21	12
15	Firma de contratos	5 días	mié 25/08/21	mar 31/08/21	13
16	Pago anticipado	3 días	mié 1/09/21	vie 3/09/21	15
17	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 6/09/21	vie 15/10/21	16
18	Pago total	3 días	lun 18/10/21	mié 20/10/21	17
19	Capacitaciones	21 días	jue 21/10/21	jue 18/11/21	18
<b>20</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>90 días</b>	<b>vie 19/11/21</b>	<b>jue 24/03/22</b>	
21	Access Point	90 días	vie 19/11/21	jue 24/03/22	19
22	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	vie 25/03/22	vie 25/03/22	20
23	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 25/03/22	jue 5/05/22	22
24	Corrección de posibles errores	30 días	vie 6/05/22	jue 16/06/22	23
25	Pruebas finales	30 días	vie 17/06/22	jue 28/07/22	24
26	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 29/07/22	vie 29/07/22	25
27	Documentación	21 días	vie 29/07/22	vie 26/08/22	26

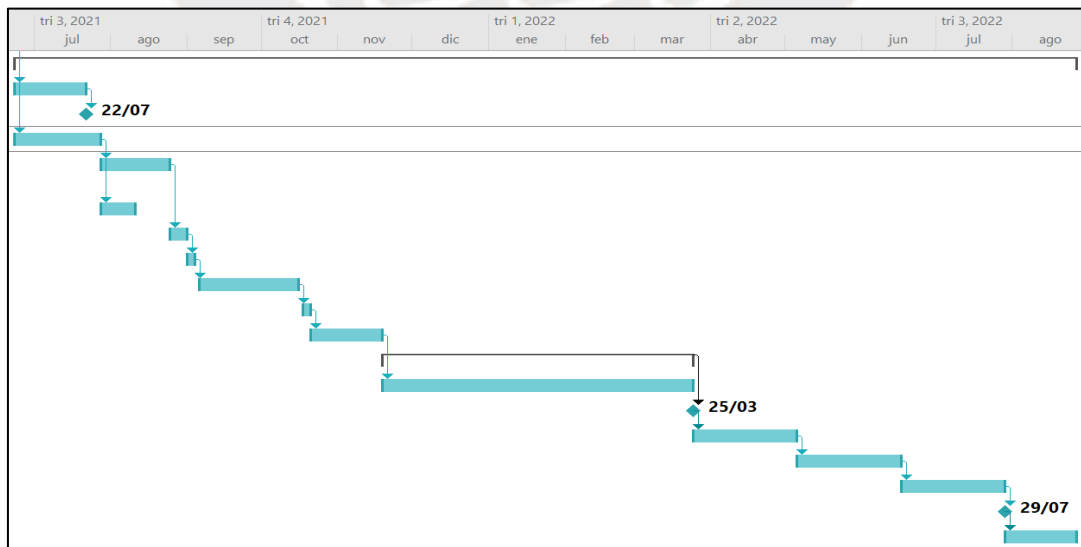


Figura 18 Cronograma P1 - Sol. Wifi Analytics

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Cronograma P1 - Sol. Estacionamientos

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>28</b>	<b>Estacionamiento</b>	<b>283 días</b>	<b>mié 23/06/21</b>	<b>vie 22/07/22</b>	
29	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	20 días	mié 23/06/21	mar 20/07/21	8
30	Firma de contratos	5 días	mié 21/07/21	mar 27/07/21	29
31	Pago anticipado	3 días	mié 28/07/21	vie 30/07/21	30
32	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 2/08/21	vie 10/09/21	31
33	Pago total	3 días	lun 13/09/21	mié 15/09/21	32
34	Capacitaciones	21 días	jue 16/09/21	jue 14/10/21	33
<b>35</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>90 días</b>	<b>vie 15/10/21</b>	<b>jue 17/02/22</b>	
36	Módulos Cámaras	90 días	vie 15/10/21	jue 17/02/22	34
37	Controlador de Borde de Sesión (SBC)	90 días	vie 15/10/21	jue 17/02/22	34
38	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	vie 18/02/22	vie 18/02/22	35
39	Creación de la base de datos	30 días	vie 15/10/21	jue 25/11/21	34
40	Base de datos creada	0 días	vie 26/11/21	vie 26/11/21	39
41	Desarrollo de interfaz Web	60 días	vie 15/10/21	jue 6/01/22	34
42	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 18/02/22	jue 31/03/22	35
43	Corrección de posibles errores	30 días	vie 1/04/22	jue 12/05/22	42
44	Pruebas finales	30 días	vie 13/05/22	jue 23/06/22	43
45	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 24/06/22	vie 24/06/22	44
46	Documentación	21 días	vie 24/06/22	vie 22/07/22	45

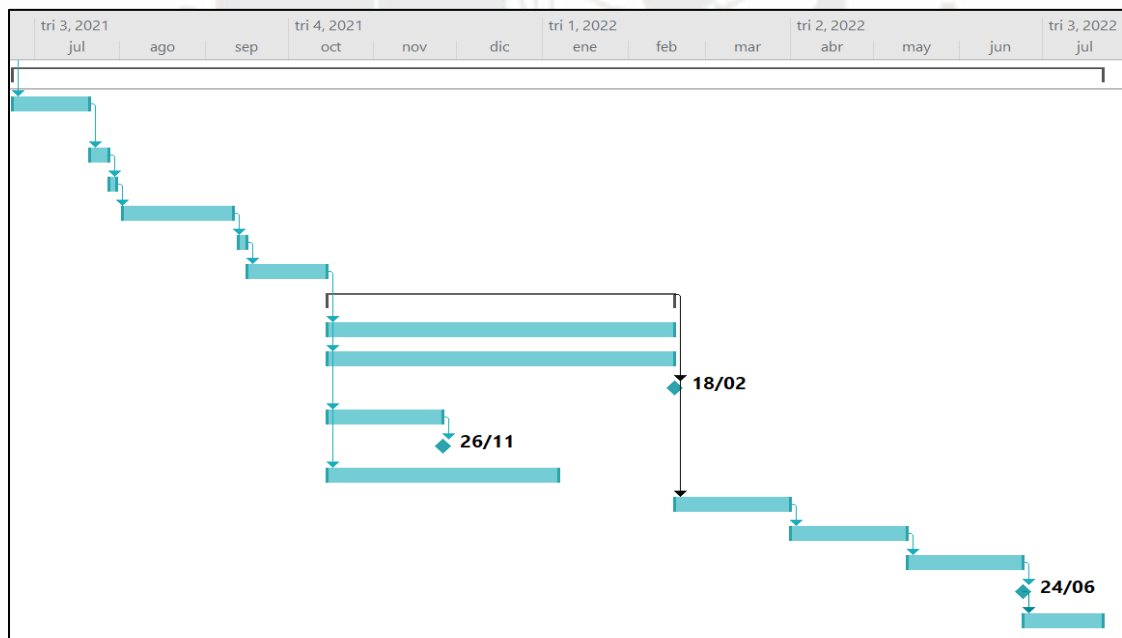


Figura 19 Cronograma P1 - Sol. Estacionamientos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19 Cronograma P1 - Sol. Bicicletas Compartidas

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>47</b>	<b>Bicicletas Compartidas</b>	<b>288 días</b>	<b>mié 23/06/21</b>	<b>vie 29/07/22</b>	
48	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	20 días	mié 23/06/21	mar 20/07/21	8
49	Adquisición de los sistemas necesarios (Software)	10 días	mié 23/06/21	mar 6/07/21	8
50	Firma de contratos	5 días	mié 21/07/21	mar 27/07/21	48
51	Pago anticipado	3 días	mié 28/07/21	vie 30/07/21	50
52	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 2/08/21	vie 10/09/21	51
53	Pago total	3 días	lun 13/09/21	mié 15/09/21	52
54	Capacitaciones	21 días	jue 16/09/21	jue 14/10/21	53
55	Creación de la base de datos	21 días	vie 15/10/21	vie 12/11/21	54
56	Base de datos creada	0 días	lun 15/11/21	lun 15/11/21	55
<b>57</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>95 días</b>	<b>vie 15/10/21</b>	<b>jue 24/02/22</b>	
58	Caja de Comunicación	80 días	vie 15/10/21	jue 3/02/22	54
59	Anclajes	80 días	vie 15/10/21	jue 3/02/22	54
60	Bicicletas	15 días	vie 4/02/22	jue 24/02/22	59
61	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	vie 25/02/22	vie 25/02/22	57
62	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 25/02/22	jue 7/04/22	61
63	Corrección de posibles errores	30 días	vie 8/04/22	jue 19/05/22	62
64	Pruebas finales	30 días	vie 20/05/22	jue 30/06/22	63
65	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 1/07/22	vie 1/07/22	64
66	Documentación	21 días	vie 1/07/22	vie 29/07/22	65

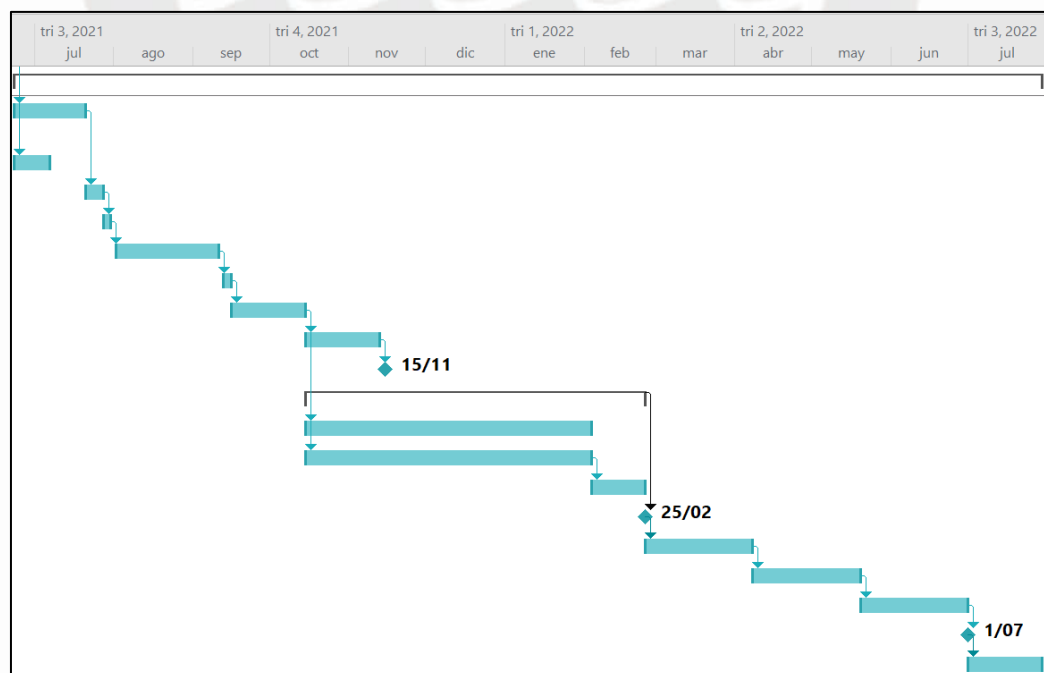


Figura 20 Cronograma P1 - Sol. Bicicletas Compartidas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 Cronograma P1 - Sol. Consumo de Agua

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>67</b>	<b>Consumo de agua</b>	<b>443 días</b>	<b>mié 23/06/21</b>	<b>vie 3/03/23</b>	
68	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	30 días	mié 23/06/21	mar 3/08/21	8
69	Firma de contratos	5 días	mié 4/08/21	mar 10/08/21	68
70	Pago anticipado	3 días	mié 11/08/21	vie 13/08/21	69
71	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 16/08/21	vie 24/09/21	70
72	Pago total	3 días	lun 27/09/21	mié 29/09/21	71
73	Capacitaciones	21 días	jue 30/09/21	jue 28/10/21	72
74	Desarrollo de los sistemas necesarios (Software)	120 días	vie 29/10/21	jue 14/04/22	73
75	Creación de la base de datos.	40 días	vie 29/10/21	jue 23/12/21	73
76	Base de datos creada	0 días	vie 24/12/21	vie 24/12/21	75
<b>77</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>240 días</b>	<b>vie 29/10/21</b>	<b>jue 29/09/22</b>	
78	Sensores	240 días	vie 29/10/21	jue 29/09/22	73
79	Válvula solenoide	120 días	vie 29/10/21	jue 14/04/22	73
80	Medidores de agua	120 días	vie 29/10/21	jue 14/04/22	73
81	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	vie 30/09/22	vie 30/09/22	77
82	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 30/09/22	jue 10/11/22	81
83	Corrección de posibles errores	30 días	vie 11/11/22	jue 22/12/22	82
84	Pruebas finales	30 días	vie 23/12/22	jue 2/02/23	83
85	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 3/02/23	vie 3/02/23	84
86	Documentación	21 días	vie 3/02/23	vie 3/03/23	85

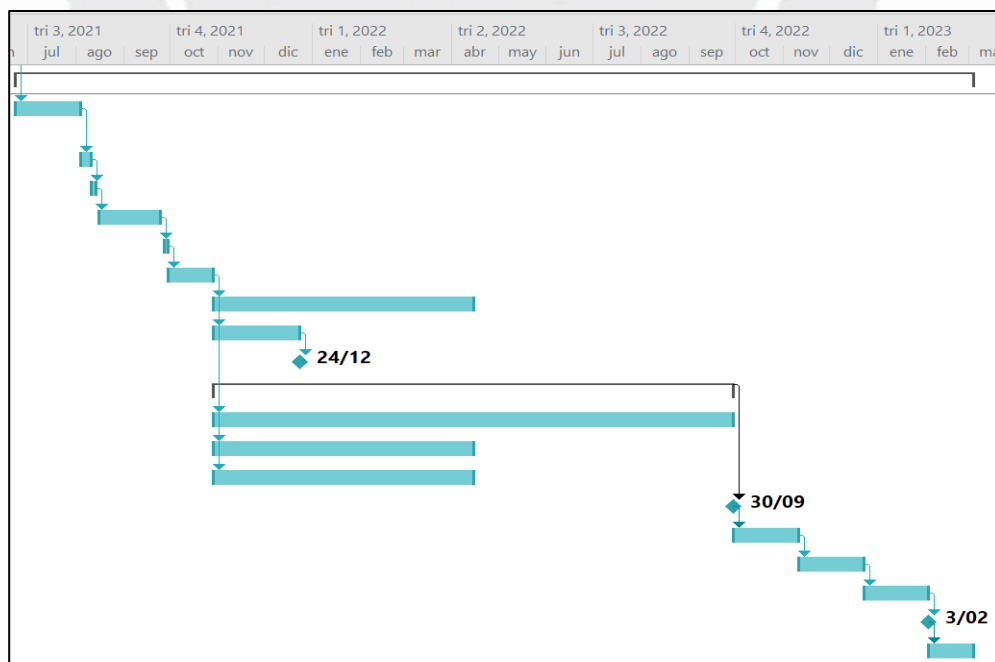


Figura 21 Cronograma P1 - Sol. Consumo de Agua

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 21 Cronograma P1 - Sol. Consumo Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>87</b>	<b>Consumo Eléctrico</b>	<b>323 días</b>	<b>mié 23/06/21</b>	<b>vie 16/09/22</b>	
88	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	30 días	mié 23/06/21	mar 3/08/21	8
89	Firma de contratos	5 días	mié 4/08/21	mar 10/08/21	88
90	Pago anticipado	3 días	mié 11/08/21	vie 13/08/21	89
91	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 16/08/21	vie 24/09/21	90
92	Pago total	3 días	lun 27/09/21	mié 29/09/21	91
93	Capacitaciones	21 días	jue 30/09/21	jue 28/10/21	92
94	Desarrollo de los sistemas necesarios (Software)	120 días	vie 29/10/21	jue 14/04/22	93
95	Creación de la base de datos	30 días	vie 29/10/21	jue 9/12/21	93
96	Base de datos creada	0 días	vie 10/12/21	vie 10/12/21	95
<b>97</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>120 días</b>	<b>vie 29/10/21</b>	<b>jue 14/04/22</b>	
98	Medidores Eléctricos	120 días	vie 29/10/21	jue 14/04/22	93
99	Dispositivos y sistemas instalados.	0 días	vie 15/04/22	vie 15/04/22	97
100	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 15/04/22	jue 26/05/22	99
101	Corrección de posibles errores	30 días	vie 27/05/22	jue 7/07/22	100
102	Pruebas finales	30 días	vie 8/07/22	jue 18/08/22	101
103	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 19/08/22	vie 19/08/22	102
104	Documentación	21 días	vie 19/08/22	vie 16/09/22	103

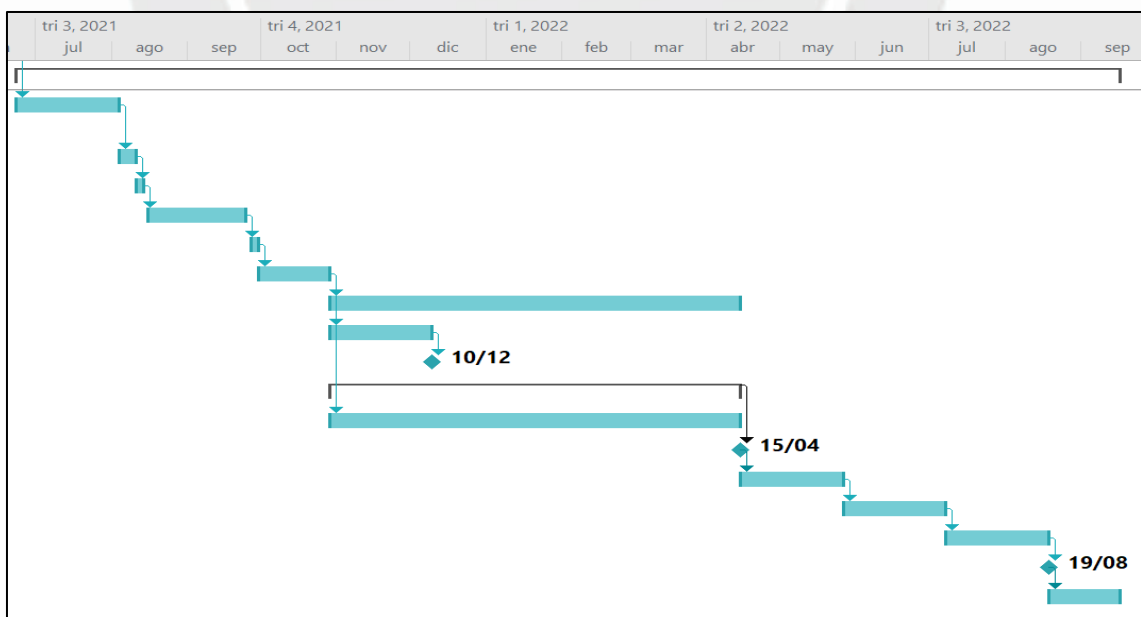


Figura 22 Cronograma P1 - Sol. Consumo Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22 Cronograma P1 - Sol. RFID en bibliotecas y cierre de proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>105</b>	<b>RFID para bibliotecas</b>	<b>293 días</b>	<b>mié 23/06/21</b>	<b>vie 5/08/22</b>	
106	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	30 días	mié 23/06/21	mar 3/08/21	8
107	Firma de contratos	5 días	mié 4/08/21	mar 10/08/21	106
108	Pago anticipado	3 días	mié 11/08/21	vie 13/08/21	107
109	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 16/08/21	vie 24/09/21	108
110	Pago total	3 días	lun 27/09/21	mié 29/09/21	109
111	Capacitaciones	21 días	jue 30/09/21	jue 28/10/21	110
<b>112</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>90 días</b>	<b>vie 29/10/21</b>	<b>jue 3/03/22</b>	
113	Seguridad en la entrada	30 días	vie 29/10/21	jue 9/12/21	111
114	Buzones y estaciones autopréstamo	30 días	vie 29/10/21	jue 9/12/21	111
115	Etiquetas EM en los materiales bibliográficos	90 días	vie 29/10/21	jue 3/03/22	111
116	RFID en los materiales bibliográficos	90 días	vie 29/10/21	jue 3/03/22	111
117	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	vie 4/03/22	vie 4/03/22	112
118	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 4/03/22	jue 14/04/22	117
119	Corrección de posibles errores	30 días	vie 15/04/22	jue 26/05/22	118
120	Pruebas finales	30 días	vie 27/05/22	jue 7/07/22	119
121	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 8/07/22	vie 8/07/22	120
122	Documentación	21 días	vie 8/07/22	vie 5/08/22	121
123	Cierre y entrega del proyecto	0 días	lun 11/09/23	lun 11/09/23	1

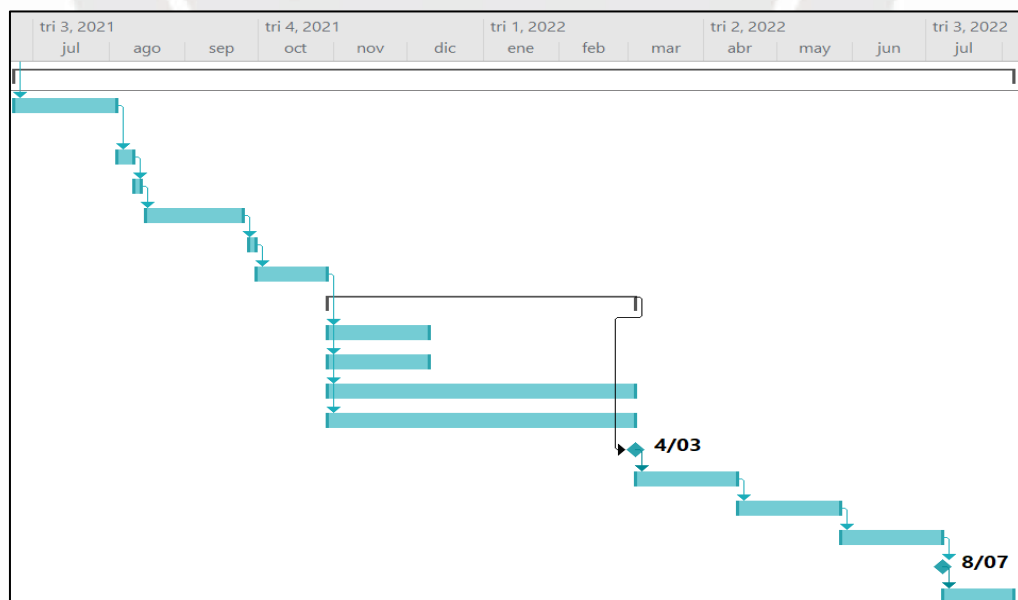


Figura 23 Cronograma P1 – Sol. RFID en bibliotecas y cierre de proyecto

Fuente: Elaboración Propia

**b) Propuesta 2**

En este caso, al finalizar alguna solución se va a tomar 15 día para empezar a implementar la siguiente.

La duración de esta propuesta es de 2469 días.

Tabla 23 Cronograma P2 - Sol. RFID en bibliotecas

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>9</b>	<b>RFID para bibliotecas</b>	<b>293 días</b>	<b>mar 15/06/21</b>	<b>jue 28/07/22</b>	
10	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	30 días	mar 15/06/21	lun 26/07/21	8
11	Firma de contratos	5 días	mar 27/07/21	lun 2/08/21	10
12	Pago anticipado	3 días	mar 3/08/21	jue 5/08/21	11
13	Recepción de los productos/servicios	30 días	vie 6/08/21	jue 16/09/21	12
14	Pago total	3 días	vie 17/09/21	mar 21/09/21	13
15	Capacitaciones	21 días	mié 22/09/21	mié 20/10/21	14
<b>16</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>90 días</b>	<b>jue 21/10/21</b>	<b>mié 23/02/22</b>	
17	Seguridad en la entrada	30 días	jue 21/10/21	mié 1/12/21	15
18	Buzones y estaciones autopréstamo	30 días	jue 21/10/21	mié 1/12/21	15
19	Etiquetas EM en los materiales bibliográficos	90 días	jue 21/10/21	mié 23/02/22	15
20	RFID en los materiales bibliográficos	90 días	jue 21/10/21	mié 23/02/22	15
21	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	jue 24/02/22	jue 24/02/22	16
22	Realizar primeras pruebas	30 días	jue 24/02/22	mié 6/04/22	21
23	Corrección de posibles errores	30 días	jue 7/04/22	mié 18/05/22	22
24	Pruebas finales	30 días	jue 19/05/22	mié 29/06/22	23
25	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	jue 30/06/22	jue 30/06/22	24
26	Documentación	21 días	jue 30/06/22	jue 28/07/22	25

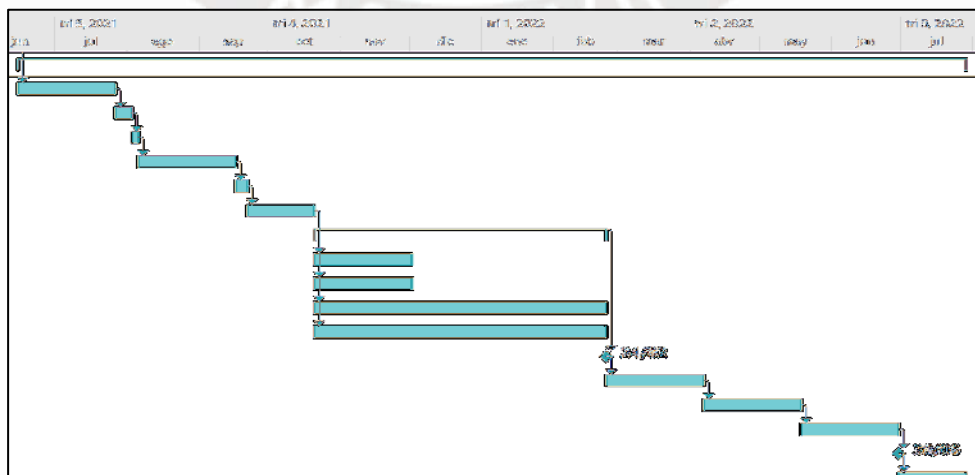


Figura 24 Cronograma P2 - Sol. RFID en bibliotecas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24 Cronograma P2 - Sol. Consumo Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>27</b>	<b>Consumo Eléctrico</b>	<b>323 días</b>	<b>vie 19/08/22</b>	<b>mar 14/11/23</b>	
28	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	30 días	vie 19/08/22	jue 29/09/22	9FC+15 días
29	Firma de contratos	5 días	vie 30/09/22	jue 6/10/22	28
30	Pago anticipado	3 días	vie 7/10/22	mar 11/10/22	29
31	Recepción de los productos/servicios	30 días	mié 12/10/22	mar 22/11/22	30
32	Pago total	3 días	mié 23/11/22	vie 25/11/22	31
33	Capacitaciones	21 días	lun 28/11/22	lun 26/12/22	32
34	Desarrollo de los sistemas necesarios (Software)	120 días	mar 27/12/22	lun 12/06/23	33
35	Creación de la base de datos	30 días	mar 27/12/22	lun 6/02/23	33
36	Base de datos creada	0 días	mar 13/06/23	mar 13/06/23	34
<b>37</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>120 días</b>	<b>mar 27/12/22</b>	<b>lun 12/06/23</b>	
38	Medidores Eléctricos	120 días	mar 27/12/22	lun 12/06/23	33
39	Dispositivos y sistemas instalado	0 días	mar 13/06/23	mar 13/06/23	37
40	Realizar primeras pruebas	30 días	mar 13/06/23	lun 24/07/23	39
41	Corrección de posibles errores	30 días	mar 25/07/23	lun 4/09/23	40
42	Pruebas finales	30 días	mar 5/09/23	lun 16/10/23	41
43	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	mar 17/10/23	mar 17/10/23	42
44	Documentación	21 días	mar 17/10/23	mar 14/11/23	43

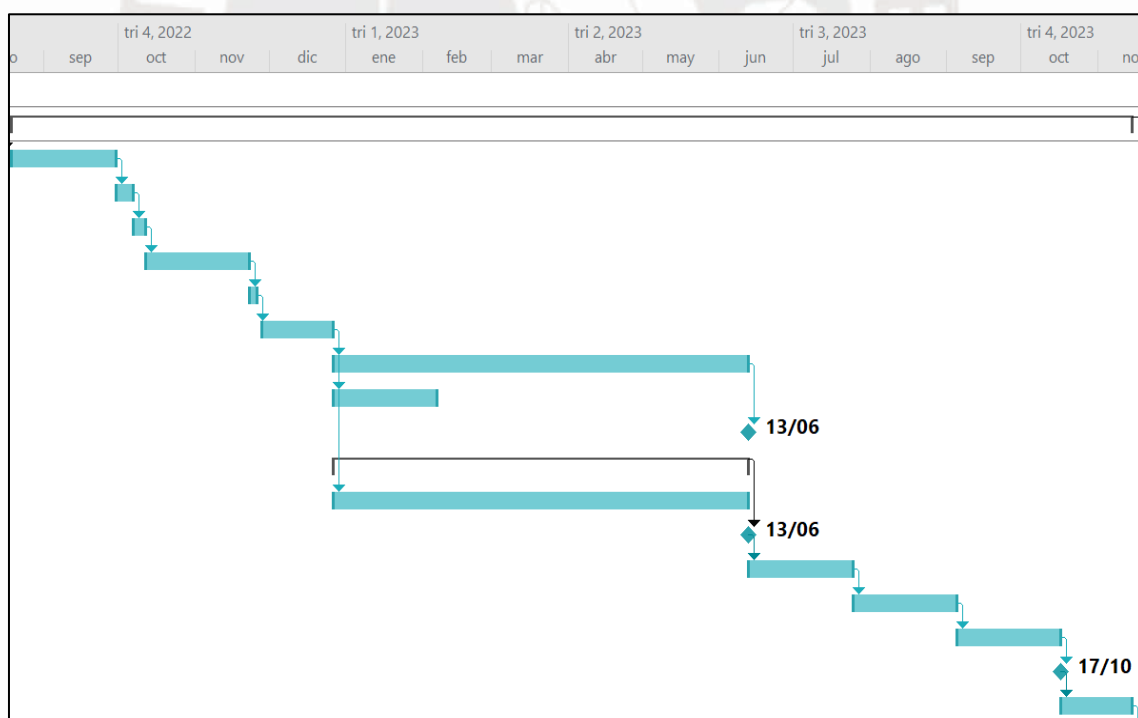


Figura 25 Cronograma P2 - Sol. Consumo Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25 Cronograma P2 – Sol. Ocupabilidad de espacios

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>45</b>	<b>Wifi Analytics</b>	<b>308 días</b>	<b>mié 15/11/23</b>	<b>vie 17/01/25</b>	
46	Creación de la base de datos	21 días	mié 6/12/23	mié 3/01/24	27FC+15 días
47	Base de datos creada	0 días	jue 4/01/24	jue 4/01/24	46
48	Convenio con Eduroam	25 días	mié 15/11/23	mar 19/12/23	44
49	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	20 días	mié 20/12/23	mar 16/01/24	48
50	Adquisición de los sistemas necesarios (Software)	10 días	mié 20/12/23	mar 2/01/24	48
51	Firma de contratos	5 días	mié 17/01/24	mar 23/01/24	49
52	Pago anticipado	3 días	mié 24/01/24	vie 26/01/24	51
53	Recepción de los productos/servicios	30 días	lun 29/01/24	vie 8/03/24	52
54	Pago total	3 días	lun 11/03/24	mié 13/03/24	53
55	Capacitaciones	21 días	jue 14/03/24	jue 11/04/24	54
<b>56</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>90 días</b>	<b>vie 12/04/24</b>	<b>jue 15/08/24</b>	
57	Access Point	90 días	vie 12/04/24	jue 15/08/24	55
58	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	vie 16/08/24	vie 16/08/24	56
59	Realizar primeras pruebas	30 días	vie 16/08/24	jue 26/09/24	58
60	Corrección de posibles errores	30 días	vie 27/09/24	jue 7/11/24	59
61	Pruebas finales	30 días	vie 8/11/24	jue 19/12/24	60
62	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	vie 20/12/24	vie 20/12/24	61
63	Documentación	21 días	vie 20/12/24	vie 17/01/25	62

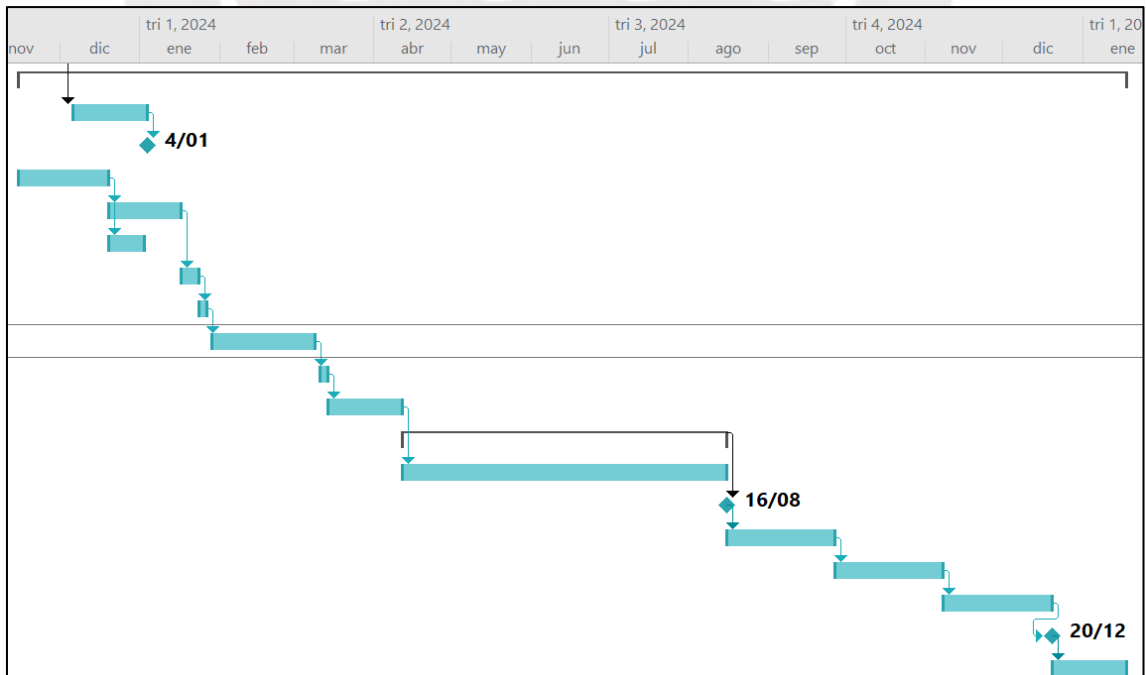


Figura 26 Cronograma P2 – Sol. Wifi Analytics

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26 Cronograma P2 – Sol. Consumo de Agua

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>64</b>	<b>Consumo de agua</b>	<b>443 días</b>	<b>lun 10/02/25</b>	<b>mié 21/10/26</b>	
65	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	30 días	lun 10/02/25	vie 21/03/25	45FC+15 días
66	Firma de contratos	5 días	lun 24/03/25	vie 28/03/25	65
67	Pago anticipado	3 días	lun 31/03/25	mié 2/04/25	66
68	Recepción de los productos/servicios	30 días	jue 3/04/25	mié 14/05/25	67
69	Pago total	3 días	jue 15/05/25	lun 19/05/25	68
70	Capacitaciones	21 días	mar 20/05/25	mar 17/06/25	69
71	Desarrollo de los sistemas necesarios (Software)	120 días	mié 18/06/25	mar 2/12/25	70
72	Creación de la base de datos	21 días	mié 18/06/25	mié 16/07/25	70
73	Base de datos creada	0 días	jue 17/07/25	jue 17/07/25	72
<b>74</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>240 días</b>	<b>mié 18/06/25</b>	<b>mar 19/05/26</b>	
75	Sensores	240 días	mié 18/06/25	mar 19/05/26	70
76	Válvula solenoide	120 días	mié 18/06/25	mar 2/12/25	70
77	Medidores de agua	120 días	mié 18/06/25	mar 2/12/25	70
78	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	mié 20/05/26	mié 20/05/26	74
79	Realizar primeras pruebas	30 días	mié 20/05/26	mar 30/06/26	78
80	Corrección de posibles errores	30 días	mié 1/07/26	mar 11/08/26	79
81	Pruebas finales	30 días	mié 12/08/26	mar 22/09/26	80
82	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	mié 23/09/26	mié 23/09/26	81
83	Documentación	21 días	mié 23/09/26	mié 21/10/26	82

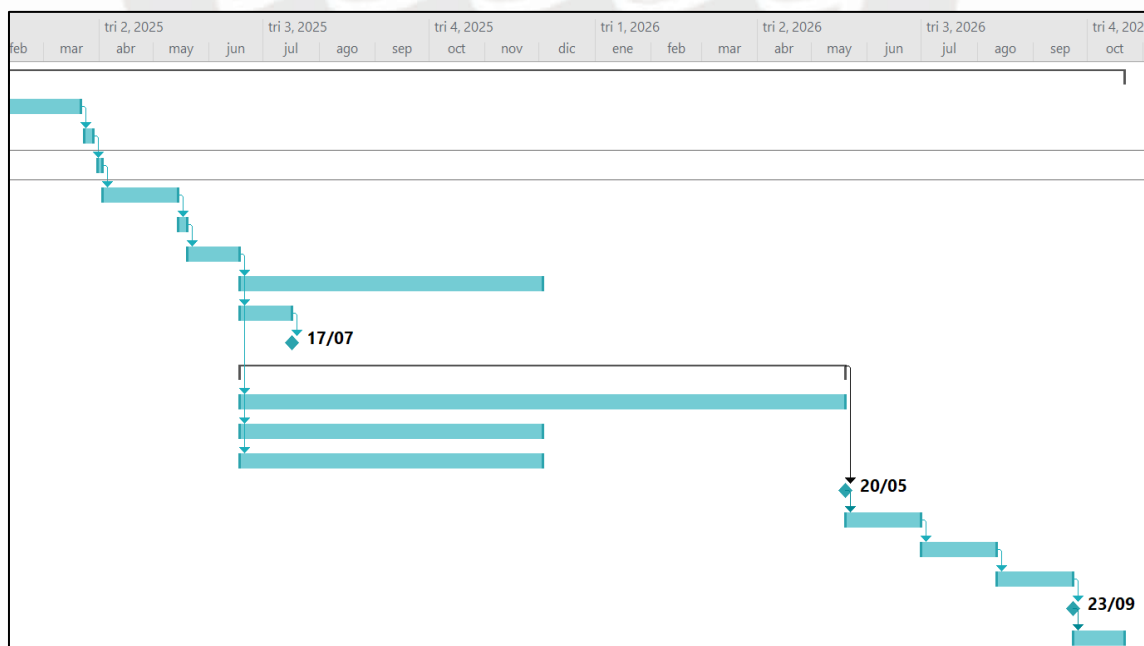


Figura 27 Cronograma P2 – Sol. Consumo de Agua

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27 Cronograma P2 – Sol. Estacionamiento

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>84</b>	<b>Estacionamiento</b>	<b>283 días</b>	<b>jue 12/11/26</b>	<b>lun 13/12/27</b>	
85	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	20 días	jue 12/11/26	mié 9/12/26	64FC+15 días
86	Firma de contratos	5 días	jue 10/12/26	mié 16/12/26	85
87	Pago anticipado	3 días	jue 17/12/26	lun 21/12/26	86
88	Recepción de los productos/servicios	30 días	mar 22/12/26	lun 1/02/27	87
89	Pago total	3 días	mar 2/02/27	jue 4/02/27	88
90	Capacitaciones	21 días	vie 5/02/27	vie 5/03/27	89
<b>91</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas.</b>	<b>90 días</b>	<b>lun 8/03/27</b>	<b>vie 9/07/27</b>	
92	Módulos Cámaras	90 días	lun 8/03/27	vie 9/07/27	90
93	Controlador de Borde de Sesión (SBC)	90 días	lun 8/03/27	vie 9/07/27	90
94	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	lun 12/07/27	lun 12/07/27	91
95	Creación de la base de datos	30 días	lun 8/03/27	vie 16/04/27	90
96	Base de datos creada	0 días	lun 19/04/27	lun 19/04/27	95
97	Desarrollo de interfaz Web	60 días	lun 8/03/27	vie 28/05/27	90
98	Realizar primeras pruebas	30 días	lun 12/07/27	vie 20/08/27	91
99	Corrección de posibles errores	30 días	lun 23/08/27	vie 1/10/27	98
100	Pruebas finales	30 días	lun 4/10/27	vie 12/11/27	99
101	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	lun 15/11/27	lun 15/11/27	100
102	Documentación	21 días	lun 15/11/27	lun 13/12/27	101

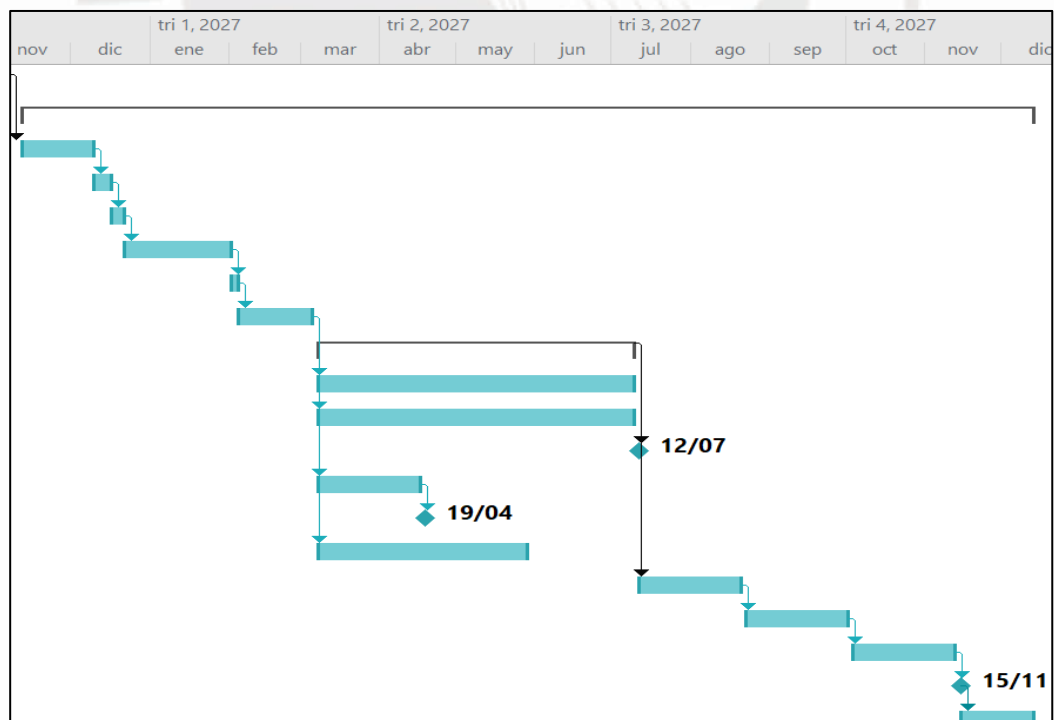


Figura 28 Cronograma P2 – Sol. Estacionamiento

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 28 Cronograma P2 – Sol. Bicicletas Compartidas y cierre del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>103</b>	<b>Bicicletas Compartidas</b>	<b>288 días</b>	<b>mar 14/12/27</b>	<b>jue 18/01/29</b>	
104	Adquisición de los dispositivos necesarios (Hardware)	20 días	mar 14/12/27	lun 10/01/28	102
105	Adquisición de los sistemas necesarios (Software)	10 días	mar 14/12/27	lun 27/12/27	102
106	Firma de contratos	5 días	mar 11/01/28	lun 17/01/28	104
107	Pago anticipado	3 días	mar 18/01/28	jue 20/01/28	106
108	Recepción de los productos/servicios	30 días	vie 21/01/28	jue 2/03/28	107
109	Pago total	3 días	vie 3/03/28	mar 7/03/28	108
110	Capacitaciones	21 días	mié 8/03/28	mié 5/04/28	109
111	Creación de la base de datos	21 días	jue 6/04/28	jue 4/05/28	110
112	Base de datos creada	0 días	vie 5/05/28	vie 5/05/28	111
<b>113</b>	<b>Implementación de los equipos y sistemas</b>	<b>95 días</b>	<b>jue 6/04/28</b>	<b>mié 16/08/28</b>	
114	Caja de Comunicación	80 días	jue 6/04/28	mié 26/07/28	110
115	Anclajes	80 días	jue 6/04/28	mié 26/07/28	110
116	Bicicletas	15 días	jue 27/07/28	mié 16/08/28	115
117	Dispositivos y sistemas instalados	0 días	jue 17/08/28	jue 17/08/28	113
118	Realizar primeras pruebas	30 días	jue 17/08/28	mié 27/09/28	117
119	Corrección de posibles errores	30 días	jue 28/09/28	mié 8/11/28	118
120	Pruebas finales	30 días	jue 9/11/28	mié 20/12/28	119
121	Fin de pruebas de funcionamiento	0 días	jue 21/12/28	jue 21/12/28	120
122	Documentación	21 días	jue 21/12/28	jue 18/01/29	121
123	Cierre y entrega del proyecto	0 días	vie 23/08/30	vie 23/08/30	1

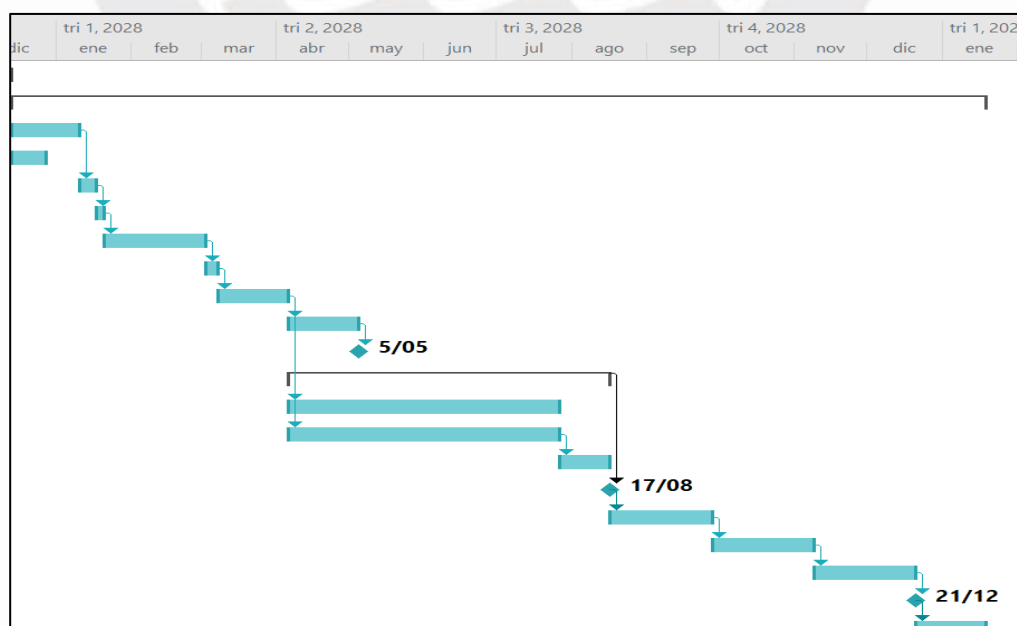


Figura 29 Cronograma P2 – Sol. Bicicletas Compartidas y cierre del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 COSTOS

Para los costos se va a considerar una reserva del 10% del total, y se va a calcular los costos por cada solución.

#### 4.3.1 Costos de dispositivos

La cantidad de dispositivos se calculó de acuerdo a los datos que se tiene de la universidad en el Capítulo 2. Determinar la cantidad de dispositivos ayuda a estimar los costos de cada solución, para más detalle de los costos de cada dispositivo se puede observar en el Anexo III.

Tabla 29 Costo Hardware

Fuente: Elaboración Propia

Costos de dispositivos (Hardware)				
Solución	Dispositivos	#Dispositivos	Costo x unidad (\$)	Costo total x dispositivo (\$)
Ocupabilidad de espacios	Access Point Cisco modelo 1815 con antenas internas, tecnología 802.11ac W2 y arreglo de antenas 2x2:2SS.	500	300.00	150 000.00
Estacionamiento en el Campus	Dummy External Security Camera-HAY-772CITY	217	50.00	10 850.00
	Raspberry Pi módulo de cámara V2.8 megapíxeles, 1080p	217	26.99	5 856.83
	Raspberry Pi 4B.2GB RAM + case con cooler + disipadores + micro HDMI + fuente Alimentación 5v 3A + memoria 32GB	217	130.88	28 400.96
Sistema de Bicicletas	Bicicletas	300	300.00	90 000.00
	Columnas (10 anclajes)	30	850.00	25 500.00
	Caja Solar	30	3 500.00	105 000.00
Consumo eléctrico	Medidor inteligente de energía	90	120.00	10 800.00
Consumo de agua	Sensor de flujo de agua (Amazon)	90	12.00	1 080.00
	Tarjeta de desarrollo Devkit Sigfox v2.0	90	50.00	4 500.00
	Sensores Vegetronix VH400	90	25.00	2 250.00
	Válvula Solenoide	45	38.00	1 710.00
RFID Bibliotecas	Sistema de seguridad Híbrido (EM y RFID)	6	19 359.12	116 154.72
	Estaciones autopréstamo	3	24 789.60	74 368.80
	Buzón de devolución	3	44 866.80	134 600.40
	Tags RFID (rollo 1 000 piezas)	10	300.00	3 000.00
	Tags EM (rollo de 1 000 piezas)	10	16.95	169.50
	Lectores RFID	6	7 576.80	45 460.80
			Total (\$)	809 702.01
			Reserva (\$)	80 970.20
			Total+Reserva	890 661.52

### 4.3.2 Costo Cloud

Para el cálculo el costo estimado por cada solución se recopiló información de soluciones similares, y se tomó en cuenta:

- El intercambio de datos de las soluciones se estima de acuerdo a la cantidad de horas que se encuentra abierta la universidad (7:00-23:00), siendo un total de 16:00 horas.
- La cantidad aproximada de horas y el número usuarios que estarían conectados o haciendo uso de cada solución.
- La cantidad de dispositivos y la cantidad de mensajes que publican en una hora, de acuerdo a la solución este número va a variar.
- El tamaño de mensaje que envía cada dispositivo.
- Tamaño de archivos estáticos, como las imágenes, las hojas de estilo, y otros elementos.

Tabla 30 Consumo de datos

Fuente: Elaboración Propia

Consumo de Datos		
Solución	Descripción	Cantidad
Ocupabilidad de espacios	Usuarios por día	8 000
	Horas conectado a la plataforma AWS IoT	1
	Cantidad de AP	1 189
	Horas sol. Activo por día	16
	Cantidad de mensajes que publica por hora	6
	Tamaño de mensaje que envía (KB)	2
	Información Estática en MB	90
Estacionamiento en el Campus	Usuarios por día	2 000
	Horas conectado a la plataforma AWS IoT	1
	Cantidad de AP	270
	Horas sol. Activo por día	16
	Cantidad de mensajes que publica por hora	25
	Tamaño de mensaje que envía (KB)	1
	Información Estática en MB	27
Sistema de Bicicletas	Usuarios por día	500
	Horas conectado a la plataforma AWS IoT	1
	Cantidad de dispositivos	300
	Horas sol. Activo por día	16
	Cantidad de mensajes que publica por hora (SBP)	2

	Tamaño de mensaje que envía (KB)	1
	Información Estática en MB	30
Consumo Eléctrico	Usuarios por día	5
	Horas conectado a la plataforma AWS IoT	2
	Cantidad de AP	90
	Horas sol. Activo por día	24
	Cantidad de mensajes que publica por hora	4
	Tamaño de mensaje que envía (KB)	1
	Información Estática en MB	10
Consumo de Agua	Usuarios por día	5
	Horas conectado a la plataforma AWS IoT	2
	Cantidad de sensor	270
	Horas sol. Activo por día	24
	Cantidad de mensajes que publica por hora	6
	Tamaño de mensaje que envía (KB)	1
	Información Estática en MB	30
RFID en bibliotecas	Usuarios por día	1000
	Horas conectado a la plataforma AWS IoT	0.5
	Cantidad de Tags	10000
	Horas sol. Activo por día	16
	Cantidad de mensajes que publica por hora	1
	Tamaño de mensaje que envía (KB)	1
	Información Estática en MB	100

Con la información de la tabla anterior, y los precios de los principales servicios en la nube que se tienen en el Capítulo 3 y se pueden ver con más detalle en la página de Amazon [94], se calculó el costo aproximado mensual del servicio *cloud* por cada solución propuesta.

Tabla 31 Costo cloud - Ocupabilidad de Espacios

Fuente: Elaboración Propia

Ocupabilidad de Espacios					
Módulo	Descripción	Cantidad al mes	Precio Unitario	Cantidad disp./ Usuarios	Precio USD
DynamoDB	Almacenamiento de los datos (Información de dispositivos) MB	10.4	0	1 189	0.000
	Solicitud de escritura	1 2000	0.00000125	1 189	17.835
	Solicitud de lectura (consultas a las tablas)	900	0.00000025	8 000	1.800
IoT	Total de minutos conectados a IoT por mes, por cada dispositivo	28 800	0.00000008	1 189	2.739
	Cantidad de veces que se ejecuta una regla en AWS IoT	12 000	0.00000015	1 189	2.140
	Cantidad de veces que se ejecuta una acción en AWS IoT	12 000	0.00000015	1 189	2.140
	Total de minutos conectados a AWS IoT por mes, por cada usuario	1 800	0.00000008	8 000	1.152
Cognito	Cantidad de usuarios activos (MAU) los, 50000 primeros son libres de cargos, para identidades federadas no hay cargos.	0	0	0	0.000
Lambda	La capa gratuita de Lambda incluye 1M de solicitudes por mes y 400 000 GB/segundo de procesamiento por mes.	0	0	0	0.000
Route 53	0.50 USD por zona alojada al mes para las primeras 25 zonas alojadas	1	0.5	0	0.500
CloudFront	Datos Transferidos desde el navegador (GB)	0.009	0.11	2 500	2.475
S3	Almacenamiento de datos estáticos (GB)	0.009	0.023	0	0.000
	Transferencia hacia Cloudfront (GB)	0.009	0	0	0.000
				Total (\$)	30.782
				Reserva (\$)	3.078
				Total + Reserva	33.860

Tabla 32 Costo cloud – Estacionamiento en el Campus

Fuente: Elaboración Propia

Estacionamiento en Campus					
Módulo	Descripción	Cantidad al mes	Precio Unitario	Cantidad disp./ Usuarios	Precio USD
DynamoDB	Almacenamiento de los datos (Información de dispositivos) MB	10.4	0	270	0.000
	Solicitud de escritura	12 000	0.00000125	217	3.255
	Solicitud de lectura (consultas a las tablas)	900	0.00000025	2 000	0.450
IoT	Total de minutos conectados a IoT por mes, por cada dispositivo	28 800	0.00000008	270	0.622
	Cantidad de veces que se ejecuta una regla en AWS IoT	12 000	0.00000015	270	0.486
	Cantidad de veces que se ejecuta una acción en AWS IoT	12 000	0.00000015	270	0.486
	Total de minutos conectados a AWS IoT por mes, por cada usuario	1 800	0.00000008	2 000	0.288
Cognito	Cantidad de usuarios activos (MAU) los, 50000 primeros son libres de cargos, para identidades federadas no hay cargos.	0	0	0	0.000
Lambda	La capa gratuita de Lambda incluye 1M de solicitudes por mes y 400 000 GB/segundo de procesamiento por mes.	0	0	0	0.000
Route 53	Zona alojada del domino	1	0.5	0	0.500
CloudFront	Datos transferidos desde el navegador (GB)	0.0027	0.11	2 000	0.594
S3	Almacenamiento de datos estáticos (GB)	0.006	0.023	0	0.000
	Transferencia hacia Cloudfront (GB)	0.006	0	0	0.000
				Total (\$)	6.681
				Reserva (\$)	0.668
				Total + Reserva	7.349

Tabla 33 Costo cloud – Sistema de Bicicletas

Fuente: Elaboración Propia

Transporte en Campus					
Módulo	Descripción	Cantidad al mes	Precio Unitario	Cantidad disp./ Usuarios	Precio USD
DynamoDB	Almacenamiento de los datos (Información de dispositivos) MB	10.4	0	300	0.000
	Solicitud de escritura (SBP)	960	0.00000125	300	0.360
	Solicitud de lectura (consultas a las tablas)	900	0.00000025	500	0.113
IoT	Total de minutos conectados a IoT por mes, por cada dispositivo	28800	0.00000008	300	0.691
	Cantidad de veces que se ejecuta una regla en AWS IoT	12000	0.00000015	300	0.540
	Cantidad de veces que se ejecuta una acción en AWS IoT	12000	0.00000015	300	0.540
	Total de minutos conectados a AWS IoT por mes, por cada usuario	1800	0.00000008	500	0.072
Cognito	Cantidad de usuarios activos (MAU) los, 50000 primeros son libres de cargos, para identidades federadas no hay cargos.	0	0	0	0.000
Lambda	La capa gratuita de Lambda incluye 1M de solicitudes por mes y 400 000 GB/segundo de procesamiento por mes.	0	0	0	0.000
Route 53	Zona alojada del domino	1	0.5	0	0.500
CloudFront	Datos transferidos desde el navegador (GB)	0.003	0.11	500	0.165
S3	Almacenamiento de datos estáticos (GB)	0.003	0.023	0	0.000
	Transferencia hacia Cloudfront (GB)	0.003	0	0	0.000
Total (\$)					2.981
Reserva (\$)					0.298
Total + Reserva					3.279



Tabla 34 Costo cloud – Consumo Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

<b>Consumo Eléctrico</b>					
<b>Módulo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad al mes</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad disp./ Usuarios</b>	<b>Precio USD</b>
DynamoDB	Almacenamiento de los datos (Información de dispositivos) MB	10.4	0	90	0.000
	Solicitud de escritura	1 092	0.00000125	90	0.123
	Solicitud de lectura (consultas a las tablas)	1 800	0.00000025	5	0.002
IoT	Total de minutos conectados a IoT por mes, por cada dispositivo	43 200	0.00000008	90	0.311
	Cantidad de veces que se ejecuta una regla en AWS IoT	1 440	0.00000015	90	0.019
	Cantidad de veces que se ejecuta una acción en AWS IoT	1 440	0.00000015	90	0.019
	Total de minutos conectados a AWS IoT por mes, por cada usuario	3 600	0.00000008	5	0.001
Cognito	Cantidad de usuarios activos (MAU) los, 50000 primeros son libres de cargos, para identidades federadas no hay cargos.	0	0	0	0.000
Lambda	La capa gratuita de Lambda incluye 1M de solicitudes por mes y 400 000 GB/segundo de procesamiento por mes.	0	0	0	0.000
Route 53	Zona alojada del domino	1	0.5	0	0.500
CloudFront	Datos transferidos desde el navegador (GB)	0.001	0.11	2500	0.275
S3	Almacenamiento de datos estáticos (GB)	0.001	0.023	0	0.000
	Transferencia hacia Cloudfront (GB)	0.001	0		0.000
Total (\$)					1.251
Reserva (\$)					0.125
Total + Reserva					1.377

Tabla 35 Costo cloud – Consumo de agua

Fuente: Elaboración Propia

Consumo de agua					
Módulo	Descripción	Cantidad al mes	Precio Unitario	Cantidad disp./ Usuarios	Precio USD
DynamoDB	Almacenamiento de los datos (Información de dispositivos) MB	10.4	0	270	0.000
	Solicitud de escritura	1 092	0.00000125	270	0.369
	Solicitud de lectura (consultas a las tablas)	1 800	0.00000025	5	0.002
IoT	Total de minutos conectados a IoT por mes, por cada dispositivo	28 800	0.00000008	270	0.622
	Cantidad de veces que se ejecuta una regla en AWS IoT	4 320	0.00000015	270	0.175
	Cantidad de veces que se ejecuta una acción en AWS IoT	4 320	0.00000015	270	0.175
	Total de minutos conectados a AWS IoT por mes, por cada usuario	3 600	0.00000008	5	0.001
Cognito	Cantidad de usuarios activos (MAU) los, 50000 primeros son libres de cargos, para identidades federadas no hay cargos.	0	0	0	0.000
Lambda	La capa gratuita de Lambda incluye 1M de solicitudes por mes y 400 000 GB/segundo de procesamiento por mes.	0	0	0	0.000
Route 53	Zona alojada del domino	1	0.5	0	0.500
CloudFront	Datos transferidos desde el navegador (GB)	0.003	0.11	2500	0.825
S3	Almacenamiento de datos estáticos (GB)	0.003	0.023	0	0.000
	Transferencia hacia Cloudfront (GB)	0.003	0	0	0.000
Total (\$)					2.669
Reserva (\$)					0.267
Total + Reserva					2.936

Tabla 36 Costo cloud – RFID en bibliotecas

Fuente: Elaboración Propia

RFID en bibliotecas					
Módulo	Descripción	Cantidad al mes	Precio Unitario (\$)	Cantidad disp./ Usuarios	Precio (\$)
DynamoDB	Almacenamiento de los datos (Información de dispositivos) MB	1	0	10 000	0.000
	Solicitud de escritura (estacionamiento)	5	0.00000125	10 000	0.063
	Solicitud de lectura (consultas a las tablas)	120	0.00000025	1 000	0.030
IoT	Total de minutos conectados a IoT por mes, por cada dispositivo	28 800	0.00000008	20	0.046
	Cantidad de veces que se ejecuta una regla en AWS IoT	5	0.00000015	10 000	0.008
	Cantidad de veces que se ejecuta una acción en AWS IoT	5	0.00000015	10 000	0.008
	Total de minutos conectados a AWS IoT por mes, por cada usuario	900	0.00000008	1 000	0.072
Cognito	Cantidad de usuarios activos (MAU) los, 50000 primeros son libres de cargos, para identidades federadas no hay cargos.	0	0	0	0.000
Lambda	La capa gratuita de Lambda incluye 1M de solicitudes por mes y 400 000 GB/segundo de procesamiento por mes.	0	0	0	0.000
Route 53	Zona alojada del domino	1	0.5	0	0.500
CloudFront	Datos transferidos desde el navegador (GB)	0.01	0.11	2500	2.750
S3	Almacenamiento de datos estáticos (GB)	0.01	0.023	0	0.000
	Transferencia hacia Cloudfront (GB)	0.01	0	0	0.000
Total (\$)					3.476
Reserva (\$)					0.348
Total + Reserva					3.823

### 4.3.3 Costo Implementación

Para determinar el aproximado del costo para la implementación de las soluciones, se va a tomar en cuenta la cantidad de personas que trabajarán en instalación y configuración de cada solución, pudiendo poseer diferentes niveles de conocimiento y experiencia, se calculó según los ingresos por persona en el país un aproximado de

\$700 dólares mensual. Las capacitaciones se darán a personal universitario una vez al año, ya que son costosas, pero es importante para mejorar el conocimiento y habilidades del personal. Se propone capacitar a un grupo de 4 personas por solución. El costo aproximado de las capacitaciones es de \$ 1 041 por persona [95]. También se va a tener en cuenta el mantenimiento de los dispositivos que será de forma trimestral, dentro de este cálculo se incluirá cualquier avería que pueda efectuarse. Y por último se agregará el costo por algún tipo de transporte de materiales o movilidad de los trabajadores que se necesite.

Tabla 37 Costo de mano de obra

Fuente: Elaboración Propia

Implementación				
Solución	Actividad	Cantidad	Costo (\$)	Costo Mensual (\$)
Ocupabilidad	Capacitaciones (una vez al año)	4	1 041	347
	Mantenimiento y corrección de posibles averías (Trimestral)	2	700	466.67
	Instalaciones y configuraciones	15	700	10 500.00
	Transporte o Movilidad	10	12	120.00
Estacionamiento	Capacitaciones (una vez al año)	4	1 041	347
	Mantenimiento y corrección de posibles averías (Trimestral)	2	700	466.67
	Instalación y configuración de dispositivos	15	700	10 500.00
	Transporte o Movilidad	10	12	120.00
Sistema de bicicletas	Capacitaciones (una vez al año)	4	1 041	347
	Mantenimiento y corrección de posibles averías (Trimestral)	2	700	466.67
	Instalación y configuración de dispositivos	15	700	10 500.00
	Transporte o Movilidad	10	12	120.00
Consumo eléctrico	Capacitaciones (una vez al año)	4	1 041	347
	Mantenimiento y corrección de posibles averías (Trimestral)	2	700	466.67
	Instalación y configuración de dispositivos	15	700	10 500.00
	Transporte o Movilidad	10	12	120.00
Consumo de agua	Capacitaciones (una vez al año)	4	1 041	347
	Mantenimiento y corrección de posibles averías (Trimestral)	4	700	933.33
	Instalación y configuración de dispositivos	30	700	21 000.00
	Transporte o Movilidad	10	12	120.00
	Capacitaciones (una vez al año)	4	1 041	347

RFID para bibliotecas	Mantenimiento y corrección de posibles averías (Trimestral)	2	700	466.67
	Instalación y configuración de dispositivos	15	700	10 500.00
	Transporte o Movilidad	10	12	120.00
Total (\$)				79 101.67
Reserva (\$)				7 910.17
Total+Reserva				87 011.83

#### 4.4 Retorno Social de Inversión

Para el presente proyecto se utiliza el Retorno Social de la Inversión (SROI), que es una forma sistemática de incorporar valores sociales, ambientales, económicos y de otro tipo en los procesos de toma de decisiones. Al ayudar a revelar el valor económico de los resultados sociales y ambientales, crea una perspectiva holística sobre si un proyecto de desarrollo o una empresa es beneficiosa y rentable. [96]

Donde se siguieron los siguientes pasos:

##### 4.4.1 Evidenciar los outcomes y darles un valor

- Outcome: resultados sociales, medioambientales y económicos que resultan de una actividad.
- Los indicadores son formas de saber que ha ocurrido un cambio. En el SROI son aplicados a los outcomes ya que estas son las medidas de cambio en las que estamos interesados.
- Proxy: Valor aproximado en donde es imposible obtener una medida exacta

Tabla 38 Evidenciar los outcomes y darles un valor

Fuente: Elaboración Propia

Solución	Outcome	Recolección de datos	Indicador
Ocupabilidad de espacios	Mejora de la gestión de los recintos de la universidad	Reportes del sistema, y encuestas	Se cumple con el máx. o min. establecido de personas dentro del recinto
	Mejora de conectividad	Reportes del sistema, y encuestas	Se observa mejora en la velocidad en descarga o carga de datos por Wifi
			Se utiliza el convenio con Eduroam para conectarse desde cualquier institución asociada
	Geolocalización <i>Indoor</i>	Reportes del sistema	Geolocalización exitosa de usuarios conectados a la red Wifi
Conocer el comportamiento de uso de la red	Reportes del sistema	Compara el tráfico por fechas y por ubicaciones	
Estacionamiento	Mejora de acceso a los estacionamientos	Encuestas	Si se encuentra estacionamiento de forma rápida gracias a solución implementada
	Comportamiento vehicular en la universidad	Reportes del sistema	Compara el tráfico vehicular por fechas y por ubicaciones
	Disminución de la huella de carbono	Encuestas / Reportes del sistema	Si se encuentra estacionamiento de forma rápida gracias a solución implementada
Bicicletas Compartidas	Mejora desplazamiento dentro del Campus	Encuestas	Uso de la solución en lugar de caminar
	Disminución de la huella de carbono	Encuestas	Uso de la solución en lugar de vehículos
	Mejora de salud ante incremento de ejercicio	Encuestas	Frecuencia de uso de la solución
Consumo de Agua	Gestión eficiente de agua	Reportes del sistema	Compara uso de agua por fecha y ubicación
			Información actualizada en tiempo real del consumo de agua
Detección de posibles fugas			
Mejora en las áreas verdes	Observación	Nuevos Brotes, color adecuado de las plantas	
Consumo Eléctrico	Gestión eficiente de electricidad	Reportes del sistema	Compara uso eléctrico por fecha y ubicación
			Información actualizada en tiempo real del consumo energético
RFID para bibliotecas	Seguridad del material bibliográfico	Reportes del sistema, y encuestas	Trazabilidad del material bibliográfico
			N° de libros en mal estado o extraviados



Tabla 39 Establecer valor de los Outcomes

Fuente: Elaboración Propia

Solución	Posibles Proxies	Supuestos	Valor Monetario
Ocupabilidad de espacios	Costo de electricidad por uso del recinto por debajo del min. (Aire acondicionado, Luz)	5% ahorro energético	S/. 0.35 por kW/h
	Costo salud por uso del recinto por encima del máx.	Evitar posibles contagios en un 5%	S/.50 por atención medica
	Costo de sistemas avanzados de geolocalización	Dispositivo GPS por persona	S/.150 por dispositivo
	Costo de MB móviles	4 horas en un 20% del personal universitario	S/. 3 por 200MB
	Aprovechamiento de los espacios libres para mejora de educación continua.	Aulas con mayor capacidad para diplomaturas	S/. 9000 por persona. La universidad recibe un superávit de 20%
Estacionamiento	Ahorro de tiempo	10 min	\$1.04 por litro de gasolina
	Ahorro de combustible	10-20 km/h x 10 min	
	Costo de recolección de información manual	Ahorro 15% mano de obra	\$700 mensual por persona
	Costo Emisiones CO2	7.9 kgCO2/galón	\$ 25.83 por Tn de CO2
Bicicletas Compartidas	Ahorro de tiempo al cruzar el campus	10 min	\$1.04 por litro de gasolina
	Ahorro combustible	10-20 km/h x 10 min	
	Reducción de los viajes en automóvil	10%	\$ 25.83 por Tn de CO2
	Costo Emisiones CO2	7.9 kgCO2/galón	
	Costo posible problema de salud	Atención médica 2% del personal universitario	
Consumo de Agua	Ahorro de riego manual	Ahorro 15% mano de obra	\$500 mensual por persona
	Costo de plantas nuevas	10% de áreas verdes	S/.8 por m <sup>2</sup>
	Ahorro de agua	15%	S/.2.36 a 2.83 por m <sup>3</sup>
Consumo Eléctrico	Ahorro energético	20%	S/. 0.35 por kW/h
	Costo Emisiones CO2	181 gCO2/kWh	\$ 25.83 por Tn de CO2
	Medición real del consumo eléctrico	5%	S/. 0.35 por kW/h
RFID para bibliotecas	Costo de material bibliográfico	Evitar posibles pérdidas en un 10%	S/. 100 por libro
	Costo de trazabilidad manual	Inventario de 4 días a 2 horas	\$700 mensual por persona



#### 4.4.2 Calcular el SROI

Para la monetización de los beneficios se utilizó información del consumo de recursos en la universidad descritos en el Capítulo 2.

A pesar del ahorro energético que en un supuesto se puede dar, la implementación de varios dispositivos que consumen energía disminuirá el posible ahorro, por lo que a futuro se recomienda el uso de iluminación LED y hacer mayor use de la energía solar. Otro punto a tomar en cuenta es el decrecimiento, es calculado reduciendo un porcentaje fijo del nivel restante del outcome al final de cada año. [97]

Se propone un decrecimiento de 25% por año, ya que los beneficios se ven reflejados significativamente en el primer año después de la implementación de la solución.

Como primer paso se va a evaluar el flujo de caja por solución, para evaluar el retorno de inversión social de cada una de ellas, como se puede observar en las siguientes tablas, casi todas las soluciones contarían con un retorno de inversión en un periodo de tiempo menor a 5 años, exceptuando la solución de SBP, donde el periodo de retorno de inversión es de 7 años y en el caso de RFID en bibliotecas, ya que, el costo los dispositivos de estas soluciones es elevado y en el ROI de RFID solo se está tomando en cuenta los beneficios en cuanto a posibles pérdidas de material bibliográfico y la disminución del tiempo de trazabilidad por parte del trabajador encargado:

Tabla 40 Flujo de caja - Ocupabilidad de Espacios

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025
Ocupabilidad de espacios	Dispositivos	-150 000.00				
	Cloud	-406.32	-426.64	-447.97	-470.37	-493.88
	Implementación	-137 204.00	-11 433.67	-9 768.00	-9 768.00	-9 767.00
	Ahorro social			373 201.93	279 901.45	209 926.09
Flujo de Caja		-287 610.32	-299 470.63	63 515.34	333 178.42	532 843.63

Tabla 41 Flujo de caja - Estacionamiento

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025
Estacionamiento	Dispositivos	-45 107.79				
	Cloud	-88.19	-92.60	-97.23	-102.09	-107.20
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9 764.00	-9 763.00
	Ahorro social			217 462.50	163 096.88	122 322.66
Flujo de Caja		-182 399.98	-319 696.58	-112 095.31	41 135.47	153 587.93

Tabla 42 Flujo de caja Bicicletas Compartidas

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sistema de Bicicletas	Dispositivos	-220 500.00						
	Cloud	-39.35	-41.31	-43.38	-45.55	-47.83	-50.22	-52.73
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9 764.00	-9 763.00	-9 762.00	-9 761.00
	Ahorro social			187 462.50	140 596.88	105 447.66	79 085.74	59 314.31
Flujo de Caja		-357 743.35	-494 988.66	-317 333.54	-186 546.21	-90 909.38	-21 635.86	27 864.72

Tabla 43 Consumo Eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025
Consumo Eléctrico	Dispositivos	-10 800.00				
	Cloud	-16.52	-17.35	-18.21	-19.12	-20.08
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9764.00	-9 763.00
	Ahorro social			216 265.00	162 198.75	121 649.06
Flujo de Caja		-148 020.52	-285 241.87	-78 759.08	73 656.55	185 522.53

Tabla 44 Flujo de caja Consumo de Agua

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025
Consumo de Agua	Dispositivos	-9 540.00				
	Cloud	-35.23	-37.00	-38.85	-40.79	-42.83
	Implementación	-268 804.00	-268 804.00	-15 364.00	-15 364.00	-15 363.00
	Ahorro social			364 794.00	273 595.50	205 196.63
Flujo de Caja		-278 379.23	-547 220.23	-197 829.08	60 361.63	250 152.43

Tabla 45 Flujo de caja RFID en bibliotecas

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025
RFID para biblioteca	Dispositivos	-373 754.22				
	Cloud	-45.88	-48.17	-50.58	-53.11	-55.77
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9 764.00	-9 763.00
	Ahorro social			20 000.00	15 000.00	11 250.00
Flujo de Caja		-511 004.10	-648 256.28	-638 070.86	-632 887.97	-631 456.74

Luego de tener el flujo por cada solución, se evalúa el flujo de caja por cada una de las propuestas anteriormente mencionadas, para poder llegar a una conclusión y determinar si son viables:

Tabla 46 Flujo de Caja Propuesta 1

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025
Ocupabilidad de espacios	Dispositivos	-150 000.00				
	Cloud	-406.32	-426.64	-447.97	-470.37	-493.88
	Implementación	-137 204.00	-11 433.67	-9 768.00	-9 768.00	-9 767.00
	Ahorro social			373 201.93	279 901.45	209 926.09
Estacionamiento	Dispositivos	-45 107.79				
	Cloud	-88.19	-92.60	-97.23	-102.09	-107.20
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9 764.00	-9 763.00
	Ahorro social			217 462.50	163 096.88	122 322.66
Sistema de Bicicletas	Dispositivos	-220 500.00				
	Cloud	-39.35	-41.31	-43.38	-45.55	-47.83
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9764.00	-9 764.00	-9 763.00
	Ahorro social			187 462.50	140 596.88	105 447.66
Consumo Eléctrico	Dispositivos	-10 800.00				
	Cloud	-16.52	-17.35	-18.21	-19.12	-20.08
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9 764.00	-9 763.00
	Ahorro social			216 265.00	162 198.75	121 649.06
Consumo de Agua	Dispositivos	-9 540.00				
	Cloud	-35.23	-37.00	-38.85	-40.79	-42.83
	Implementación	-268 804.00	-268 804.00	-15 364.00	-15 364.00	-15 363.00
	Ahorro social			364 794.00	273 595.50	205 196.63
RFID para biblioteca	Dispositivos	-373 754.22				
	Cloud	-45.88	-48.17	-50.58	-53.11	-55.77
	Implementación	-137 204.00	-137 204.00	-9 764.00	-9 764.00	-9 763.00
	Ahorro social			200 00.00	15 000.00	11250.00
Ingresos		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1 379 185.93</b>	<b>1 034 389.45</b>	<b>775 792.09</b>
Egresos		<b>-1 765 157.50</b>	<b>-829 716.74</b>	<b>-64 884.22</b>	<b>-64 919.03</b>	<b>-6 4949.58</b>
Flujo Anual		<b>-1 765 157.50</b>	<b>-829 716.74</b>	<b>1 314 301.71</b>	<b>969 470.42</b>	<b>710 842.50</b>
Flujo Acumulado		<b>-1 765 157.50</b>	<b>-2 594 874.24</b>	<b>-1 280 572.53</b>	<b>-311 102.11</b>	<b>399 740.40</b>

Tabla 47 Flujo de Caja Propuesta 2

Fuente: Elaboración Propia

Solución		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
RFID para biblioteca	Dispositivos	-373754.22									
	Cloud	-45.88	-48.17	-50.58	-53.11	-55.77	-58.56	-61.48	-64.56	-67.79	-71.18
	Implementación	-137204.00	-137204.00	-9764.00	-9764.00	-9763.00	-9762.00	-9761.00	-9760.00	-9759.00	-9758.00
	Ahorro social			20000.00	15000.00	11250.00	8437.50	6328.13	4746.09	3559.57	2669.68
Consumo Eléctrico	Dispositivos		-10800.00								
	Cloud		-16.52	-17.35	-18.21	-19.12	-20.08	-21.08	-22.14	-23.24	-24.41
	Implementación		-137204.00	-137204.00	-9764.00	-9764.00	-9763.00	-9762.00	-9761.00	-9760.00	-9760.00
	Ahorro social				216265.00	162198.75	121649.06	91236.80	68427.60	51320.70	38490.52
Ocupabilidad de espacios	Dispositivos				-150000.00						
	Cloud				-406.32	-426.64	-447.97	-470.37	-493.88	-518.58	-544.51
	Implementación				-137204.00	-11433.67	-9768.00	-9768.00	-9767.00	-9766.00	-9765.00
	Ahorro social						373201.93	279901.45	209926.09	157444.57	118083.42
Consumo de Agua	Dispositivos					-9540.00					
	Cloud					-35.23	-37.00	-38.85	-40.79	-42.83	-44.97
	Implementación					-268804.00	-268804.00	-15364.00	-15364.00	-15363.00	-15362.00
	Ahorro social							364794.00	273595.50	205196.63	153897.47
Estacionamiento	Dispositivos						-45107.79				
	Cloud						-88.19	-92.60	-97.23	-102.09	-107.20
	Implementación						-137204.00	-137204.00	-9764.00	-9764.00	-9763.00
	Ahorro social								217462.50	163096.88	122322.66
Sistema de Bicicletas	Dispositivos								-220500.00		
	Cloud								-39.35	-41.31	-43.38
	Implementación								-137204.00	-137204.00	-9764.00
	Ahorro social										187462.50
Ingresos	0.00	0.00	20000.00	231265.00	173448.75	503288.50	742260.37	774157.78	580618.33	622926.25	
Egresos	-511004.10	-285272.69	-147035.93	-307209.65	-309841.43	-481060.58	-182543.38	-412877.95	-192411.84	-65007.64	
Flujo Anual	-511004.10	-285272.69	-127035.93	-75944.65	-136392.68	22227.91	559716.99	361279.83	388206.49	557918.61	
Flujo Acumulado	-511004.10	-796276.79	-923312.72	-999257.37	-1135650.05	-1113422.14	-553705.15	-192425.32	195781.17	753699.79	

#### 4.5 ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Tabla 48 Elección de la propuesta

Fuente: Elaboración Propia

<b>Características</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>
Inversión Inicial	\$1 765 157.50	\$511 004.10
Tiempo de implementación	2 años y medio	9 años y medio
Periodo de retorno total	4 años	8 años

Las dos propuestas descritas serían viables para la universidad. La primera propuesta generaría ingresos en un periodo más corto pero la inversión inicial sería mayor que la segunda propuesta. Asimismo, el tiempo de implementación es menor por lo que se llegaría a tener todas las soluciones disponibles a finales del año 2023 (en caso se cumpla fielmente el cronograma). En relación con la segunda propuesta, la inversión inicial es significativamente menor y se planea que con el retorno social de inversión que se genere se lleven a cabo las siguientes soluciones, teniendo un impacto económico menor al de la primera propuesta. Por otro lado, el tiempo de implementación es mayor (9 años y medio); no obstante, la implementación de la primera solución propuesta se podría tomar como base para evitar futuros errores, y de este modo, mejorar el proceso de implementación de las siguientes soluciones.

A pesar de que la primera propuesta tiene un periodo de implementación menor, el periodo de retorno de la inversión se ve reflejado 2 años después de la implementación total de las soluciones, mientras que en la segunda propuesta los beneficios son mayores a los gastos dos años antes de del fin de la implementación total de las soluciones. Por lo cual se considera que la segunda propuesta es la más viable, ya que se toma en cuenta que, debido a la crisis actual, se ha paralizado, en gran medida, la actividad económica del país, y nuestra Universidad no es ajena a este contexto.

Se estimó que los ingresos de la universidad han sufrido una pérdida del presupuesto inicial del 30%, derivado, por ejemplo, de lo siguiente: en el posgrado, los ingresos se han contraído en aproximadamente un 24%; en consultorías, educación continua y otros rubros la disminución es del 40%. [98]

## CONCLUSIONES

Se logró explorar el estado actual de la universidad y se llegó a recolectar la información necesaria para la elaboración del documento, descritos con más detalle en el Capítulo 2. Entre los datos más importantes para determinar la cantidad de dispositivos, almacenamiento necesario, y el cálculo de retorno de inversión son:

- N° de edificios: 86.
- Áreas verdes(m<sup>2</sup>): 168 007.
- Aulas: 636.
- Estacionamientos: 1 734.
- En el 2016 el consumo de agua (m<sup>3</sup>): 164 894.
- En el 2016 el consumo de energía (kWh): 9 230 112.
- Estudiantes de pregrado: 23 488.
- Estudiantes de posgrado: 6 418 de posgrado.
- Un grupo de staff administrativo y académico: 6 050 personas.
- Los puntos de conexión inalámbrica a internet en el campus Pando son 1 189.

Por el lado tecnológico, se llega a la conclusión de que la universidad cuenta con la infraestructura necesaria para soportar la implementación de las soluciones propuestas sin realizar muchos cambios a la arquitectura actual y en los protocolos utilizados. También cuenta con cuatro enlaces de fibra óptica destinados para aplicaciones futuras, una red Wifi, y una red Sigfox, ambas con la capacidad de soportar nuevos dispositivos conectados.

Para el desarrollo de la tesis, se recolectó la información del plan maestro, estratégico y conversación con especialistas, con la finalidad de contribuir con el mejoramiento de los servicios, y recolección de datos en tiempo real que ayudarán a la toma de decisiones para optimizar el uso de los recursos, tanto para la universidad, como para los estudiantes. Para ello se propusieron cinco soluciones, descritas con mayor detalle en el Capítulo 3:

- Ocupabilidad en los espacios de la universidad, la cual analiza el momento y la cantidad de personas que se encuentren en un espacio determinado (aulas, biblioteca, enfermería, entre otros). Para que con el análisis de esta información se puedan tomar decisiones y se utilice de manera óptima cada recinto. Se

plantea utilizar *Wifi Analytics*, ya que la universidad cuenta con una cantidad adecuada de AP y una red Wifi que cubre todo el campus.

- Transporte dentro del campus, se determinó que una cantidad adecuada de bicicletas es de 300 y 30 anclajes distribuidos en puntos estratégicos de la universidad y el uso de la red Sigfox para la propuesta del sistema de bicicletas compartidas.

Para la detección de disponibilidad de estacionamientos, es más conveniente implementar la solución de procesamiento de imágenes con Inteligencia Artificial (IA) al uso de sensores, ya que este tipo de aplicaciones permite reducir el número de nodos sensores lo cual se ve reflejado en la reducción de costos y también en la reducción de consumo energético.

- Consumo energético eficiente, es un proyecto que ya está siendo trabajado por el grupo de IoT de la universidad, el cual hace uso de medidores eléctricos. Son 3 de los 86 edificios que ya cuentan con medidores eléctricos.
- Consumo de agua eficiente, para esta solución es necesario un sensor de flujo de agua que se podría instalar en la tubería de suministro de agua de cada edificio, para calcular el caudal que pasa por esta tubería. Por otro lado, para las áreas verdes, se requiere la implementación de sensores de humedad en conjunto con válvulas solenoides, para que de acuerdo con la humedad del suelo se active la válvula para habilitar el paso de agua por medio de las tuberías desplegadas en el campus.
- RFID para bibliotecas, esta solución ya ha sido implementada en dos bibliotecas de las cinco que se encuentran dentro del campus, y es motivo por el cual, dentro de las propuestas de implementación por partes, se recomienda comenzar por esta solución.

En el Capítulo 4, se desarrollaron dos propuestas de implementación: la implementación en paralelo y la implementación por partes, para poder realizar una comparativa. Se determinó que, ambas propuestas son viables, pero por temas de costos, se sugiere llevar a cabo la propuesta dos, ya que, su inversión inicial de \$511 004.10 por parte de la universidad, es menor al de la propuesta uno, esta propuesta cuenta con un periodo de implementación de 9 años y medio.

Para finalizar, ya que las soluciones propuestas están enfocadas a optimizar los recursos, facilitar actividades y recolectar información, sin costo para los usuarios, para el cálculo del retorno de inversión de este proyecto se utilizó RSOI.



## RECOMENDACIONES

Debido al alto impacto positivo que pueden llegar a dar el uso de estas tecnologías y el costo significativo que requiere implementar cada una de ellas, sería recomendable crear una unidad dentro de la universidad que se dedique al desarrollo de tecnologías y proyectos a fin de constituir un *Smart Campus*.

Para la gestión eficiente de energía, se recomienda combinar las soluciones propuestas con el uso de luces LED y energía solar.

Finalmente, tomar en cuenta la importancia de la recopilación y análisis de la información recolectada de la universidad y actualización de la misma, ya que, va variando con el paso del tiempo, y puede ser fuente importante para reaccionar y diseñar estrategias frente a la actual crisis o futuros cambios de normas o protocolos.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. A. Barros et al., "An IoT Multi-Protocol Strategy for the Interoperability of Distinct Communication Protocols applied to Web of Things", *University of São Paulo*, Brazil, 2019.
- [2] J. Domingue et al., "Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation", *The Future Internet*, vol. 6656, pp. 431-446, 2011.
- [3] G. Hofmann, "Smart cities – how intelligent cities around the world work", 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.alumniportal-deutschland.org/en/global-goals/sdg-11-cities/smart-cities/>. [Accedido: jul. 06, 2020]
- [4] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, y M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities", *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, feb. 2014.
- [5] "Plan Maestro PUCP 2014 – 2030", 2014.
- [6] "Porqué es esencial una línea base para gestionar un proyecto", *Enredando Proyectos*, sep. 19, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://enredandoproyectos.com/porque-es-esencial-una-linea-base-para-gestionar-un-proyecto/>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [7] B. Aston, "9 Ejemplos de Metodología de un Proyecto, Simplificados", *The Digital Project Manager*, abr. 23, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://thedigitalprojectmanager.com/es/metodologias-gestion-proyectos-simplificadas/>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [8] "IESE Cities in Motion Index 2019 | Cities in Motion", may. 10, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://blog.iese.edu/cities-challenges-and-management/2019/05/10/iese-cities-in-motion-index-2019/>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [9] "USIL, the first Peruvian university to install a smart video surveillance system", *Universidad San Ignacio de Loyola*, sep. 07, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.usil.edu.pe/en/news/usil-first-peruvian-university-install-smart-video-surveillance-system>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [10] "Open Innovation UPC | Unete a la Comunidad de Innovación de UPC", *Open Innovation UPC*. [En línea]. Disponible en: <https://innovation.upc.edu.pe/>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [11] E. Angles, "Perú: PUCP Senseable Campus Lab desarrolla propuestas para un Smart Campus – Observatorio de Noticias de la Red Universidad-Empresa ALCUE", *RedUE*, ago. 19, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://observatoriodenoticias.redue-alcue.org/peru-pucp-senseable-campus-lab-desarrolla-propuestas-para-un-smart-campus/>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [12] "Smart City Peru". [En línea]. Disponible en: <http://www.smartcityperu.org/1/beagons?lang=es>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [13] "Smart City Peru". [En línea]. Disponible en: <http://www.smartcityperu.org/1/glips?lang=es>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [14] "Smart City: Ciudades inteligentes para un futuro sostenible", *El Español*. [En línea]. Disponible en: <https://www.elespanol.com/branded/smart-city-ciudades-inteligentes/>. [Accedido: ene. 06, 2020]
- [15] G. Wilson, "Top 10 smart cities in Europe", *Business Chief EMEA*. [En línea]. Disponible en: <https://europe.businesschief.com/top10/2606/Top-10-smart-cities-in-Europe> [Accedido: jul. 16, 2020]
- [16] H. Ghayvat et al., "WSN- and IOT-Based Smart Homes and Their Extension to Smart Buildings", *Sensors*, vol. 15, no. 5, pp. 10350-10379, May 2015.
- [17] S. Fortes et al., "The Campus as a Smart City: University of Málaga Environmental, Learning, and Research Approaches", *Sensors*, vol. 19, no. 6, 2019.

- [18] M. Sari et al., "Study of Smart Campus Development Using Internet of Things Technology", *International Conference on Electronical Engineering, Computer Science and Infromatics*, Indonesia, 2016.
- [19] F. Wang, "Research on the Application of Smart Campus Construction under the Background of Big Data", *CNSCE*, 2017.
- [20] A. Alghamdi and S. Shetty, "Survey Toward a Smart Campus Using the Internet of Things," *2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, Vienna, 2016, pp. 235-239.
- [21] A. Parra-Valencia et al., "IOT: Una aproximación desde ciudad Inteligente a universidad inteligente", *Revista Ingenio*, vol. 13, no. 1, pp. 9-20, 2017.
- [22] A. Cobos, "Diseño e implementación de una arquitectura IoT basada en tecnologías Open Source", Universidad de Sevilla, Sevilla, 2016.
- [23] "Memoria de la gestión del rectorado", *Pontificia Universidad Católica del Perú*, Lima, 2019.
- [24] "Datos académicos", *Pontificia Universidad Católica del Perú*. [En línea]. Disponible en: <https://www.pucp.edu.pe/la-universidad/nuestra-universidad/pucp-cifras/datos-academicos/>. [Accedido: ene. 12, 2020]
- [25] "Organigrama PUCP", *Portal Administrativo Pontificia Universidad Católica del Perú*. [En línea]. Disponible en: <https://administrativo.pucp.edu.pe/administracion/organigrama-pucp/> [Accedido: ene. 12, 2020]
- [26] "Sobre los grupos de investigación", *Portal de investigación Pontificia Universidad Católica del Perú*. [En línea]. Disponible en: <http://investigacion.pucp.edu.pe/grupos-de-investigacion/>. [Accedido: ene. 12, 2020]
- [27] "PUCP | Dirección de Informática", [En línea]. Disponible en: <http://dti.pucp.edu.pe/arquitecturaRed.htm>. [Accedido: feb. 19, 2020]
- [28] "Estructura informática", *Portal Administrativo Pontificia Universidad Católica del Perú*. [En línea]. Disponible en: <https://administrativo.pucp.edu.pe/cifras-de-administracion/estructura-informatica/> [Accedido: ene. 12, 2020]
- [29] "PUCP | DIRECCION DE INFORMATICA". [En línea]. Disponible en: <http://dti.pucp.edu.pe/arquitecturaRed.htm>. [Accedido: ene. 19, 2020]
- [30] "Consumo de recursos", *Clima de cambios*. [En línea]. Disponible en: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/la-pucp-frente-al-cambio-climatico/medidas-dentro-del-campus/consumo-de-recursos/>. [Accedido: ene. 12, 2020]
- [31] "Certificación LEED", *Clima de cambios*. [En línea]. Disponible en: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/la-pucp-frente-al-cambio-climatico/medidas-dentro-del-campus/certificacion-leed/>. [Accedido: ene. 12, 2020]
- [32] "Mapa campus PUCP", *Pontificia Universidad Católica del Perú*. [En línea]. Disponible en: <https://www.pucp.edu.pe/mapa-campus/>. [Accedido: may. 12, 2020]
- [33] "Conoce las áreas verdes de nuestro campus en la Ecorruta PUCP", *Pontificia Universidad Católica del Perú*, jun. 05, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/conoce-las-areas-verdes-de-nuestro-campus-en-la-ecorruta-pucp/>. [Accedido: ago. 12, 2020]
- [34] C. López et al., "Sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Una aplicación en el área de Gestión Universitaria", *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco*, 2014. [En línea]. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/42010/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/42010/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Accedido: jun. 27, 2020]
- [35] "AWS IoT Core", *Amazon Web Services*, [En línea]. Disponible en: Inc. <https://aws.amazon.com/es/iot-core/>. [Accedido: jun. 12, 2020]

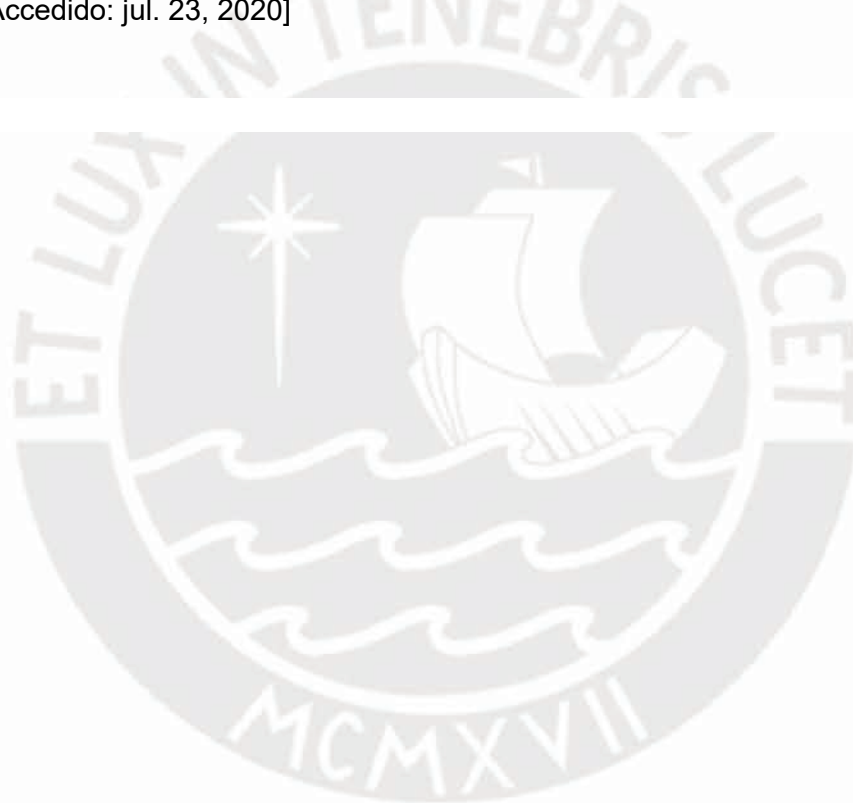
- [36] "AWS Lambda", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/lambda/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [37] "Amazon S3", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/s3/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [38] "Amazon CloudFront", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/cloudfront/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [39] "Amazon CloudWatch", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/cloudwatch/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [40] "Amazon DynamoDB", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/dynamodb/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [41] "Amazon Route 53", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/route53/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [42] "Amazon Cognito", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/cognito/>. [Accedido: jun. 12, 2020]
- [43] S. Cope, "Guide to IoT Networking and Messaging Protocols", 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.steves-internet-guide.com/iot-messaging-protocols/>. [Accedido: jun. 22, 2020]
- [44] F. Prieto, "Protocolo HTTP". [En línea]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11372/fichero/Memoria%252F05+-+Protocolo+HTTP.pdf>. [Accedido: jun. 29, 2020]
- [45] "Protocolos IoT Capa Aplicación", *Aprendiendo Arduino*, nov. 17, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/17/protocolos-iot-capa-aplicacion/>. [Accedido: jun. 29, 2020]
- [46] "MQTT". [En línea]. Disponible en: <http://mqtt.org/>. [Accedido jun. 27, 2020]
- [47] "Qué es MQTT", *Warex*, abr. 29, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://warex.com.co/que-es-mqtt/>. [Accedido: jun. 29, 2020]
- [48] M. Yuan, "Conozca MQTT", *IBM Developer*, oct. 04, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://developer.ibm.com/es/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. [Accedido: jun. 22, 2020]
- [49] C. Maturana, "RFID: El código de barras inteligente para bibliotecas", *UTEM*, oct., 2006.
- [50] "Standard Interchange Protocol (SIP)", *NISO*, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.niso.org/standards-committees/sip>. [Accedido: jun. 22, 2020]
- [51] "Capa de transporte", *Informática redes de computadoras*. [En línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/informaticaredesdecomputadoras/unidad-2-capas-superiores-del-modelo-osi-y-tcp-ip/2-2-capas-de-transporte>. [Accedido: jun. 29, 2020]
- [52] "IPv4 vs IPv6 - Why is IPv6 so important?", *Galido*. [En línea]. Disponible en: <https://galido.net/blog/ipv4-vs-ipv6/>. [Accedido: jun. 29, 2020]
- [53] D. Garces, "Si quieres seguir creciendo tienes que migrar a IPv6", *Blog Cisco Cansac*. [En línea]. Disponible en: <https://gblogs.cisco.com/cansac/si-quieres-seguir-creciendo-tienes-que-migrar-a-ipv6/>. [Accedido: jun. 29, 2020]
- [54] "NB-IoT vs LoRa vs SigFox | AlfalOT", *Automatización del Internet de las Cosas, SL*. [En línea]. Disponible en: <http://192.168.1.3:8069/blog/ultimas-noticias-2/post/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox-10> [Accedido: jul. 13, 2020]
- [55] "Sigfox - Aprendiendo Arduino", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/sigfox/>. [Accedido: jul. 13, 2020]
- [56] "Backend Sigfox – Aprendiendo Arduino", mar. 07, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/backend-sigfox/>. [Accedido: jul. 13, 2020]
- [57] "Etiquetas RFID: Qué son y qué aplicaciones tienen", *DipoleRFID*, ago. 01, 2019. [En línea]. <https://www.dipolerfid.es/blog/categor-a-1/etiquetas-rfid-y-aplicaciones>. [Accedido: jul. 23, 2020]



- [58] P. Pardal, "Redes de Área Extensa para aplicaciones de IoT modelado de comunicaciones Sigfox", *Universidad Politécnica de Valencia*, jul. 14, 2017.
- [59] P. R. Ramírez, "Diseño de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la disponibilidad de espacios en un estacionamiento vehicular de una Universidad", *Pontificia Universidad Católica del Perú*, set. 2018.
- [60] "Matriz de Decisiones para la toma de decisiones", *Un plan de negocios*, feb. 17, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://unplandenegocios.com/matriz-decisiones-la-toma-decisiones/>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [61] "Tipos de contadores de personas para tiendas y centros comerciales: cómo elegir la tecnología", *Porter | Business Intelligence software*, ago. 21, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://portermetrics.com/blog/tipos-contadores-personas/>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [62] S. Luz, "Wi-Fi Location: Qué es, cómo funciona y para qué sirve este estándar de geoposicionamiento en interiores con Wi-Fi", mar. 11, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.redeszone.net/2017/03/11/wi-fi-location-funciona-sirve-este-estandar-geoposicionamiento-interiores-wi-fi/>. [Accedido jun. 27, 2020]
- [63] "802.11ac vs 802.11n | IP With Ease". [En línea]. Disponible en: <https://ipwithease.com/802-11ac-vs-802-11n/>. [Accedido: jul. 23, 2020]
- [64] "WiFi Registration Process - Student". [En línea]. Disponible en: <https://msubaroda.ac.in/asset/storage/wifi/WiFi%20Registration%20Process%20%20Student.pdf>. [Accedido: jul. 23, 2020]
- [65] "Procedimiento de registro de usuarios invitados". [En línea]. Disponible en: [https://wifi.csic.es/doc/proc\\_invitados.pdf](https://wifi.csic.es/doc/proc_invitados.pdf). [Accedido: jul. 23, 2020]
- [66] "Instrucciones de registro para acceso a internet mediante WIFI", *Red GonbidatuakBFA*. [En línea]. Disponible en: [http://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO4/Temas/biblioteca/servicios/Instrucciones%20Registro%20Wifi%20red%20GonbidatuakBFA%20\(castellano\).pdf?hash=f7a2576953169dc650439241eacd93c9&idioma=CA](http://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO4/Temas/biblioteca/servicios/Instrucciones%20Registro%20Wifi%20red%20GonbidatuakBFA%20(castellano).pdf?hash=f7a2576953169dc650439241eacd93c9&idioma=CA). [Accedido: jul. 23, 2020]
- [67] "Eduroam", Eduroam. [En línea]. Disponible en: <http://www.eduroam.pe>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [68] "Red Eduroam", Eduroam. [En línea]. Disponible en: <https://informatica.uc.cl/red-inalambrica/eduroam>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [69] "Contador de personas serie IRC 3000". [En línea]. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumentos-de-medida/contador-personas-irc-3000.htm>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [70] "Cámara termográfica detección de temperatura Hikvision", *Mercado Libre*. [En línea]. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-440091964-camara-termografica-deteccion-de-temperatura-hikvision-\\_JM#position=36&type=item&tracking\\_id=2d16b518-196e-4e10-af11-4e0e42497c42](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-440091964-camara-termografica-deteccion-de-temperatura-hikvision-_JM#position=36&type=item&tracking_id=2d16b518-196e-4e10-af11-4e0e42497c42). [Accedido: jun. 27, 2020]
- [71] F. Rojas et al., "Análisis Descriptivo de los Sistemas Públicos de Bicicletas en la Ciudad de Lima", *ESAN*, 2019.
- [72] "Bicicletas compartidas: una alternativa al caos del transporte en Lima", *COSAS.PE*, ene. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://cosas.pe/casas/151045/bicicletas-compartidas-una-alternativa-al-caos-del-transporte-en-lima/>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [73] R.G. Alarcón, "Caracterización y análisis del uso de bicicletas en la PUCP y lineamientos para su fomento", *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 2018.
- [74] M. Alonso, "Los sistemas de Bicicletas Públicas Urbanas", *Universidad Autónoma de Barcelona*, Feb. 2009.
- [75] E. Manchego, "Propuesta de Sistema de bicicleta pública en Arequipa Perú", *Universidad Politécnica De Valencia*, set. 2016.

- [76] "Smooove Flex", *SMOOVE*. [En línea]. Disponible en: <https://www.smooove.es/nuestras-soluciones#smooove-kiosks>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [77] L. N. Rosales, "Diseño e implementación de un parqueo inteligente utilizando Arduino Yun basado en internet de las cosas", *Universidad Politécnica Salesiana*, 2016.
- [78] "Sensor ultrasónico", *Wikipedia*. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensor\\_ultras%C3%B3nico&oldid=122912853](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensor_ultras%C3%B3nico&oldid=122912853). [Accedido: jul. 23, 2020]
- [79] R. Ramos et al., "Propuesta de un sistema de estacionamiento Inteligente con sensores IoT", *RISTI*, feb. 15, 2019.
- [80] S. Cabrera y E. Quispe, "Diseño de un sistema de computación de borde para el monitoreo de disponibilidad de estacionamientos de un campus universitario basado en IA", *Pontificia Universidad Católica del Perú*, jul. 2020.
- [81] C. Erazo y S. Narváez, "Prototipo de detección de aparcamientos libres mediante visión artificial en un parqueadero de la Universidad Técnica del Norte", *Universidad Técnica del Norte-Ibarra*.
- [82] E. Ezeodili et al., "Design and construction of a smart electric metering system for smart grid applications: Nigeria as a case study", *International Journal of Scientific and Engineering Research*, jul. 2018.
- [83] "Actas3.7", *Instituto Antioqueño de investigación*. [En línea]. Disponible en: <http://fundacioniai.org/actas/Actas3/Actas3.7.pdf>. [Accedido: jul. 13, 2020]
- [84] "Consumo de agua", *Fundación Aquae*. [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/consumo-de-agua/>. [Accedido: jul. 13, 2020]
- [85] C. Charlton, "Using AWS IoT to Create a Smart Home Water-Monitoring Solution | The Internet of Things on AWS – Official Blog", *AWS*, may. 20, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/blogs/iot/using-aws-iot-to-create-a-smart-home-water-monitoring-solution/>. [Accedido: jul. 13, 2020]
- [86] L. Merino, "Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo de riego utilizando tecnología Sigfox", *Pontificia Universidad Católica del Perú*, Lima, dic. 2019.
- [87] S. Aguilar, "Diseño de una solución basada en el internet de las cosas (IOT) empleando LoRaWAN para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú", *Universidad Tecnológica del Perú*, Lima, 2020.
- [88] "Preguntas Frecuentes", *Plantae*. [En línea]. Disponible en: <https://plantae.garden/faq/>. [Accedido: ago. 13, 2020]
- [89] Lab-Ferrer, "¿Cuántos sensores de humedad de suelo necesito?", *Blog de Lisimetro*, set. 27, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://blog.lisimetro.com/2016/09/27/cuantos-sensores-humedad-suelo-necesito/>. [Accedido: ago. 13, 2020]
- [90] "Bibliotecas más eficientes con RFID", *Novadoc*. [En línea]. Disponible en: [https://novadoc.net/images/documentos/rfid\\_bibliotecas\\_A4.pdf](https://novadoc.net/images/documentos/rfid_bibliotecas_A4.pdf). [Accedido: ago. 13, 2020]
- [91] D. Aroca, "Estudio de un control de inventario basado en tecnología RFID para la biblioteca de la universidad de Guayaquil", *Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil*, 2018.
- [92] "Soluciones de biblioteca RFID", *Dialoc ID Library*. [En línea]. Disponible en: <https://www.dialocidlibrary.com/es/rfid-soluciones-bibliotecas/>. [Accedido: jun. 27, 2020]
- [93] A. Velarde, "Especificaciones técnicas para propuesta de la biblioteca 2.1"
- [94] "AWS pricing calculator documentation", *Amazon Web Services*. [En línea]. Disponible en: <https://docs.aws.amazon.com/pricing-calculator/index.html>. [Accedido: ago. 28, 2020]

- [95] M. Ubits, "Presupuesto de capacitación ¿Sabes cómo maximizarlo en tu compañía?", *UBits*, abr. 15, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://ubits.mx/blog/negocios/sabes-como-maximizar-el-presupuesto-de-capacitacion-en-tu-compania/>. [Accedido: jul. 28, 2020]
- [96] "Retorno Social de la Inversión", *BetterEvaluation*, sep. 02, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://www.betterevaluation.org/es/approach/retorno-social-de-la-inversi%C3%B3n>. [Accedido: jul. 28, 2020]
- [97] "Guía para el Retorno Social de la Inversión (SROI)", 2014. [En línea]. Disponible en: [http://observatoritercersector.org/canviepoca/wp-content/uploads/2014/02/OTS\\_Guide-SROI-spanhish.pdf](http://observatoritercersector.org/canviepoca/wp-content/uploads/2014/02/OTS_Guide-SROI-spanhish.pdf). [Accedido: jul. 23, 2020]
- [98] "Carta del rector: Realismo y compromiso", 2020.
- [99] M. Herrera, "Descripción de redes inteligentes (Smart Grids) y su aplicación en los sistemas de distribución eléctrica", *Escuela Politécnica Nacional*, Quito, ene. 2013.
- [100] "Sistemas Antihurto". [En línea]. Disponible en: <https://www.antihurto.online/categoria-producto/etiquetas-antihurto-adhesivas/>, [Accedido: jul. 23, 2020]





## ANEXO I

### ACTIVIDADES PROPUESTAS DE LA UNIVERSIDAD

Según la memoria de gestión de la Universidad y conversación con el Mag. Angelo Velarde, se recolectó información de proyectos de transformación digital que se vienen trabajando en la Universidad y que podrían aprovechar tecnologías IoT:

- En cuando a los servidores web PUCP, se viene trabajando en la mejora en alojamiento, mantenimiento y soporte de los servidores web de la PUCP, con la ayuda de back-ups mensuales de las páginas, activación del certificado de seguridad para sitios web e identificación de vulnerabilidades en las aplicaciones antiguas.
- La vinculación de toda la información de PUCP en cifras, parte de esta información se podrá obtener de las soluciones descritas y de los portales web relacionados a transparencia.
- En base a la tecnología estudiada para las soluciones propuestas en esta investigación, se puede implementar la necesaria para la gestión de almacenes y de los activos importados,
- Las actividades de monitoreo de agentes físicos como son el ruido ocupacional, stress térmico, calor, iluminación, entre otros. También se podría automatizar.
- Automatizar la recolección y medición de indicadores ambientales.
- Mejorar constantemente la vigilancia física y seguridad tecnológica.
- Contar con un mapa de peligros y riesgos de toda la universidad, para proteger a la institución de cualquier contingencia o posible inspección

## ANEXO II

### COMPARATIVA DE DISPOSITIVOS PARA LA SOLUCIÓN DE DISPONIBILIDAD DE ESTACIONAMIENTOS VEHICULAR

Tabla 49 Cuadro comparativo dispositivos SBC

Fuente: [80]

GPU	CONECTIVIDAD	INTERFAZ CÁMARA	POTENCIA DE ENTRADA	DIMENSIONES	PRECIO DE LA PLACA
Video Core IV @250- 400MHz	LAN: Gigabit ethernet WLAN: 2.4GHz and 5.0GHz IEEE 802.11.b/g/h/ac Wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE	SI	5V/2.5A DC	82 x 56 x 19.5mm	35 USD
Video Core VI @500Mhz	LAN: Gigabit ethernet WLAN: 2.4GHz and 5.0GHz IEEE 802.11ac Wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE	SI	5.1V/3.0A DC	88 x 58 x 19.5mm	Entre 35 a 55 USD
128-core NVIDIA Maxwel	LAN: 10/100/1000 BASE-T Ethernet WLAN: Requiere tarjeta adicional para wifi (intel 8265AC)	Hasta 4 cámaras	10W	69.6 x 45 mm	149 USD + 21U (Intel 8265AC)
256-core NVIDIA Pascal	LAN: 10/100/1000 BASE-T Ethernet WLAN: Requiere tarjeta adicional para wifi (intel 8265AC)	Hasta 6 cámaras	20W	87 x 50mm	299 USD + 21 USD (Intel 8265AC)
Integrated GC7000 lite Graphics	LAN: Gigabit Ethernet WLAN: Wi-fi 2x2 MIMO (802.11b/g/h/ac 2.4/5GHz), Bluetooth 4.2	Si	5V DC (USB Tipo C)	88 x 60 x 24 mm	130 USD

MEMORIA	PROCESADOR	MODELO
1GB LPDDR2 SDRAM	Broadcom BCM2837B0 Quad-core A53 (ARMv8) 64-bit @ 1.4GHz	RASPBERRY PI 3B+
1GB, 2GB O 4GB LPDDR4- 3200 SDRAM	Broadcom BCM2711, Quad Core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz	RASPBERRY PI 4 B
4GB 64-bit LPDDR4 25.6GB/s	Quad Core ARM Cortex – A57 MPCore processor	JETSON NANO
4GB 128-BIT LPDDR4 51.2 GB/s	Dual-core Denver 1.5 64-bit CPU + Quad-core Arm cortex – 57 MPCore processor	JETSON TX 4GB
1 GB o 2GB LPDDR4	NXP i.MX 8M SoC (quad cortex – A53 cortex – M4F)	DEV BOARD

Tabla 50 Cuadro comparativo módulos cámara

Fuente: [80]

MODELO	RESOLUCIÓN	INTERFAZ	DIMENSIONES	COSTO
Raspberry Camera module v2	8 megapíxeles	CSI	25 x 23 x 9 mm	27 USD
Leopard Imaging LI-IMX219-MIPI- FF-NANO-H136	8 megapíxeles	CSI	25 x 24 x 15 mm	29 USD
Modulo Google Coral	5 megapíxeles	CSI	25 x 25 x 6.98 mm	20 USD

## COMPARATIVA DE DISPOSITIVOS PARA LA SOLUCIÓN DE CONSUMO DE AGUA

Tabla 51 Cuadro comparativo de los sensores de humedad

Fuente: [86]

Modelo	Fabricante	Voltaje de Alimentación	Consumo de Corriente	Dimensiones	Costo
SMMS-0679	DEWIN	12V a 24V	4 a 20 mA	204mm x 142mm x 52mm	USD 65.73
SMEC-300	WaterScout	3V	6 a 10 mA	57 mm x 19 mm	USD 239
VH400	Vegetronix	3.5V a 20VDC	< 13 mA	7.09mm x 133.5mm x 12.7mm	USD 39.95
Gravity	DFRobot	3.3V a 5V	32 mA	60 mm x 20 mm x 5 mm	USD 5.46

Tabla 52 Cuadro comparativo de los microcontroladores

Fuente: [86]

Modelo	Voltaje de entrada	Dimensiones	IDE	Conectividad con Sigfox	Costo
Devkit Sigfox v2.0	5V y 7 – 12V	70.15mm x 70.21mm	Arduino IDE y Atmel Studio	SI	USD 50
Raspberry Pi	5V	85.6mm x 56.5mm	Arduino IDE	SI (+ Raspberry Pi Sigfox)	USD 39 (+ USD 18)
Arduino MKRFOX1200	3.3 – 5V	67.64mm x 25mm	Arduino IDE	SI	USD 39.90

Tabla 53 Análisis técnico comparativo de válvulas solenoides

Fuente: [87]

Características	Modelos		
	Ato-valve-2W	US Solid USS2-00069	BC-robotics OTH-004
Tipo de válvula	2 vías, 2 posiciones, normalmente cerrado	2 vías, 2 posiciones, normalmente cerrado	1 vía, 1 posición, normalmente cerrado
Voltaje de operación	12V DC	12V DC	12V DC
Consumo de amperaje	1.6 A	1.6 A	<b>0.32 A</b>
Garantía	No indica	<b>1 año de garantía</b>	No indica
Material de fabricación	Cobre	<b>Acero inoxidable</b>	Plástico
Temperatura de operación	-5 a +85 °C	<b>-10 a +120 °C</b>	+1 a +75 °C
Diámetro de tubería	½"	½"	½"
Precio referencial	\$51	\$38	<b>\$10</b>

## ANEXO III

### COSTOS ACCESS POINT CISCO




RUC: 20515314424  
CORPORACION DARUCHI S.A.C.

#### COTIZACION N° V01-00019374-2020

RUC CLIENTE:	20127141224	FECHA EMISION :	11/11/2020
RAZON SOCIAL:	SERV. GENERALES GUIDO AVILA GUEVARA S A		
DIRECCION:	AV. JOSE LEAL NRO. 442 (ALT. CDRA 18-19 AV. AREQUIPA) LIMA - LIMA - LINCE	TELEFONO :	
ATENCION:	Andrea Gamarra	ANEXO :	
E-MAIL:		MOVILES :	/
REFERENCIA:	LECTOR Y ACCES POINT		

La presente es para hacerles llegar nuestro cordial saludo y a la vez remitirle nuestra propuesta Técnica-Económica según la referencia:

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1		Lector de Código de Barras Portátil Zebra DS2278 - Inalámbrico - 1D, 2D - Imager - Bluetooth	UND	4.00	\$190.00	\$760.00
						
2	AIR-AP1815I-A-K9	Access Point Cisco modelo 1815 con antenas internas, tecnología 802.11ac W2 y arreglo de antenas 2x2:2SS. <small>INCLUYE: SNTC-8X3XNBD Cisco Aironet 1815I Series (not for US)</small>	UND	1.00	\$300.00	\$300.00
3	AIR-AP2802I-A-K9	Access Point Cisco modelo 2802 con antenas internas, tecnología 802.11ac W2, arreglo de antenas 4x4:3SS y dos puertos GbE. <small>INCLUYE: SNTC-8X3XNBD Cisco Aironet 1815I Series (not for US)</small>	UND	1.00	\$740.00	\$740.00
					<b>TOTAL US\$</b>	<b>\$1,800.00</b>

<p><b>CONDICIONES COMERCIALES:</b></p> <p>PRECIOS EN: <b>DOLARES AMERICANOS. NO INCLUYE I.G.V.</b></p> <p>PLAZO ENTREGA: <b>24-72 HORAS</b></p> <p>FORMA DE PAGO: <b>TRANSFERENCIA BANCARIA // EVALUACION DE CREDITO</b></p> <p>GARANTIA: <b>12 MESES</b></p> <p>VALIDEZ OFERTA: <b>05 DIAS</b></p> <p>En caso de aceptar la presente cotización, favor girar la orden de compra y/o servicio a nombre de CORPORACION DARUCHI S.A.C.</p> <p>RUC : 20515314424 BCP - CTA. CTE. M.N. 193-1590162-0-41 / M.E. 193-1581790-1-85</p>	<p>Atentamente,</p> <p>VENTAS1: DAYANA RAMOS HUAMAN Teléfono: 2000555Anexo: 101 Móviles : 909045554 // 975519300 Email: ventas1@daruchi.com Msg :</p>
---	---

CALLE ATAHUALPA 553 - MIRAFLORES - LIMA - LIMA  
51-2000555 Movistar WhatsApp 975519300  
Email: ventas@daruchi.com - Skype: ventas\_daruchi@

Figura 30 Cotización Access Point

Fuente: LIBTECS

## COSTOS DISPOSITIVOS SBP

Tabla 54 Precios aproximados de componentes de las estaciones de un SBP según gama, en euros

Fuente: [75]

COMPONENTES	GAMA BASICA	GAMA MEDIA	GAMA ALTA
ANCLAJE	650	850	1 350
BICICLETA	350	600	900
TERMINAL	3 100	7 000	11 600

Tabla 55 Precios aproximados de estaciones de un SBP según tamaños y gamas, en euros

Fuente: [75]

	GAMA BASICA	GAMA MEDIA	GAMA ALTA
10 anclajes, 8 bicicletas y 1 terminal	14 200	22 700	36 650
15 anclajes, 12 bicicletas y 1 terminal	16800	29800	42 500
20 anclajes, 16 bicicletas y 1 terminal	25300	33 350	52 700

*En estos precios está incluido el software necesario para el financiamiento de un SPB.*





## COSTOS PARA LA SOLUCIÓN DE DISPONIBILIDAD DE ESTACIONAMIENTOS VEHICULAR

Tabla 56 Costos implementación

Fuente: [80]

SUBTIPO	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO (\$)
<b>Sector Edge</b>		
EQUIPO	Raspberry Pi 4B.2GB RAM + case con cooler + disipadores + micro HDMI + fuente Alimentación 5v 3A + memoria 32GB	130.88
MÓDULO	Raspberry Pi módulo de cámara V2.8 megapíxeles, 1080p	26.99
MATERIAL	Dummy External Security Camera-HAY-772CITY	50.00
<b>Sector Cloud</b>		
INFRAESTRUCUTURA	Servicio de componentes AWS IoT. Cognito, DynamoDB, Lambda, SES. Route 53, CloudFront. S3 con duración 1 mes	4.95
<b>Sector eléctrico</b>		
MATERAIL	Adaptador de fuente de alimentación de 10W, 2A, CA 110V-220V a CC 5V	4.00
MATERIAL	Cable LH 2.5 mm Azul x 100 m	37.97
MATERIAL	Cable LH 2.5 mm Rojo x 100 m	37.97
MATERIAL	Cable LH 2.5 mm Verde/Amarillo x 100m	37.97
MATERIAL	Toma Doble Universal Blanco	2.90
MATERIAL	Caja Universal Toma eléctrica	1.50
<b>Implementación</b>		
SERVICIO	Mano de obra - Instalación y conexión dispositivos SBC en poste de alumbrado por día.	40.00
SERVICIO	Mano de obra - Configuración dispositivos SBC por día	105.00
MATERIAL	Uso de EPP's por día (casco, chaleco, arnés, lentes de seguridad, guantes, escaleras)	30.00
SERVICIO	Transporte de materiales a obra	12.00
SERVICIO	Movilidad personal	5.00



## COSTOS PARA LA SOLUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA

Tabla 57 Costos solución consumo de energía

Fuente: [99]

Rubro	Costo unitario (\$)
Medidor inteligente	120
Instalación medidores	25
Sistema de gestión	12

## COSTOS PARA LA SOLUCIÓN DE CONSUMO DE AGUA

Tabla 58 Tabla de costos solución consumo de agua

Fuente: [86]

Tipo	Elemento	Fabricante	Modelo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
Bien	Sensor	Vegetronix	VH400	10	39.99	399.90
Bien	Tarjeta de desarrollo	NXTIoT	Devkit Sigfox v2.0	10	50	500.00
Bien	Baterías	Remax	5000mAh	10	10.40	104
Bien	Táper	Basa	Good Y Good	10	2.97	29.7
Bien	Cables Jumper	Genérico	F-F	30	0.025	0.75
Servicio	Suscripción anual de Servicio	Sigfox	-	1	8.5	8.5
<b>TOTAL (USD)</b>						<b>1,042.85</b>

## COSTOS PARA LA SOLUCIÓN DE RFID EN BIBLIOTECAS

Tabla 59 Tabla de costos dispositivos RFID

Fuente: Cotización LIBTECS

Código	Modelo	Costo (USD)
92600103	Activador Desactivador Sapphire Híbrido (EM y RFID)	4 884.00
92600102	Activador Desactivador Sapphire RFID	4 250.40
90600103	Autopréstamo Sapphire Híbrido (EM y RFID) con lector de credencial de código de barras	24 789.60
90600102	Autopréstamo Sapphire RFID con lector de credencial de código de barras	22 413.60
90700004	Bandeja 1 para Buzón de devolución Sapphire 24/7 RFID	4 501.20
90700011	Buzón de devolución Sapphire 24/7 RFID	44 866.80
85304019	Etiqueta RFID iCode SLI-X 2 PP 80*50mm (1 000 piezas por rollo)	300.00
80104422	Sistema de Seguridad Diamond Premium Híbrido (EM y RFID) de 1 pasillo con contador de personas	19 359.12
80103222	Sistema de Seguridad Diamond Premium RFID de 1 pasillo con contador de personas	13 474.56
92900001	Topaz PDA	7 576.80
SSL-M4	Biblioteca 24h LIBTECS 400	149 184.00



Figura 31 Etiquetas EM

Fuente: [100]