



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO**

**TEMA:**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA DISPONIBILIDAD DE  
ESTACIONAMIENTOS PARA EL PARQUEADERO DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

**AUTOR: WILMER PATRICIO BEDOYA PUMA**

**DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN**

**Ibarra-Ecuador**

**2018**

# Diseño de un Sistema de Monitoreo de la Disponibilidad de Estacionamientos para el Parqueadero de la Universidad Técnica del Norte

*Autores – Wilmer Patricio BEDOYA PUMA, Ing Jaime Roberto MICHILENA CALDERÓN, MSc.*

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

[wpbedoyap@utn.edu.ec](mailto:wpbedoyap@utn.edu.ec), [jrmichilena@utn.edu.ec](mailto:jrmichilena@utn.edu.ec)

**Resumen.** *El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema de monitoreo de la disponibilidad de los estacionamientos para determinar la cantidad de estacionamientos que se encuentran libres en cada parqueadero, está basado en una red de sensores inalámbrica (WSN) y el uso de una plataforma en la nube para almacenar y visualizar los datos recolectados por el sistema.*

*Para el diseño de este sistema se realizó una revisión bibliográfica de los principales aspectos que intervienen en las redes de sensores inalámbricas, en las plataformas de almacenamiento en la nube, además se realizó un levantamiento de información de la situación actual de los parqueaderos para establecer el tamaño y la capacidad que tienen, lo cual permitió establecer de manera clara los requerimientos del sistema para poder ser desarrollado adecuadamente.*

*El prototipo del sistema fue realizado en base a las consideraciones del diseño, con el objetivo de verificar que el diseño propuesto funcione adecuadamente, para lo cual se utilizó sensores infrarrojo, placas Arduino, módulos XBee para la comunicación inalámbrica de la red de sensores y además un Shield Ethernet para tener acceso a internet y poder enviar la información recolectada a la plataforma en la nube.*

*Se realizaron pruebas del sistema mediante la implementación de un prototipo que permitió verificar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo de los estacionamientos, que permite conocer la cantidad de estacionamientos que se encuentran disponibles para la comunidad universitaria, los datos obtenidos son subidos en tiempo real a una plataforma en Internet donde los usuarios pueden visualizar que parqueadero cuenta con plazas libres.*

## Palabras Claves

Sistema de monitoreo, Disponibilidad de estacionamientos, Parqueaderos, WSN.

**Abstract.** *This project consists in the design of a parking availability monitoring system to determine the number of parking spaces that are free in each parking lot, is based on*

*a wireless sensor network and the use of a cloud platform to store and visualize the data collected by the system.*

*For the design of this system, a bibliographic review of the main aspects that takes parts in the wireless sensor networks, the storage platforms of the cloud, was carried out. In addition, an information survey of the current situation about parking lots was made, to establish the size and the capacity they have, it allowed to organize clearly the requirements of the system to be able to be properly developed.*

*The prototype of the system was made based on the considerations of the design, in order to verify that the proposed design works correctly, for which infrared sensors, Arduino boards, XBee modules for wireless communication of the sensor network, were used. Ethernet Shield to access to the internet and send the information collected to the platform in the cloud.*

*System tests were carried out through the implementation of a prototype that allowed verifying the correct operation of the parking monitoring system, this lets to identify the number of parking spaces that are available to the university community; the data obtained are uploaded in real-time to an Internet platform where users can see which parking lot has free places.*

## Keywords

Monitoring system, Availability of parking, parking lot, WSN.

## 1. Introducción

El presente proyecto se refiere al diseño de un sistema de monitoreo de la disponibilidad de los estacionamientos para el aparcamiento vehicular, dentro de los parqueaderos de la Universidad Técnica del Norte, con el fin de que los conductores puedan conocer la cantidad de plazas disponibles que tiene cada parqueadero.

Al contar con un sistema que permita detectar la cantidad de estacionamientos libres en un parqueadero convencional, se logra resolver los problemas de

estacionamiento tradicional, ya que al conocer cuántos estacionamientos libres tiene cada parqueadero, los conductores pueden dirigirse directamente al parqueadero que tenga disponibilidad de estacionamientos y con esto se puede reducir la congestión del tráfico dentro de los parqueaderos, ya que los usuarios no tendrán que recorrer por todos los parqueaderos en busca de un estacionamiento libre.

El Parqueadero será optimizado al integrarlo con nuevas tecnologías como son las redes inalámbricas de sensores, que han llegado a ser cada vez más aceptadas y esta evolución de las comunicaciones inalámbricas conlleva cambios importantes en la creación de redes de datos, y se está logrando que las redes integradas permitan liberar de cables al usuario y al profesional de las comunicaciones, es por eso que en este sistema se utilizara una red de sensores inalámbrica.

## 2. Materiales y Métodos.

### 2.1 Sistema de monitoreo.

Realizar un monitoreo es una actividad de varias dimensiones y diferentes perspectivas, a través de puntos de sensores, puntos de atención y elementos donde se establecen prioridades y alertas para analizar las condiciones actuales frente a parámetros previamente establecidos, si son infringidos se crea un mensaje en forma de notificación y es enviado al administrador. [1]

#### Características.

- Alertas de manera rápida y sencilla en respuesta a eventos establecidos, estas alertas pueden ser enviadas mediante un email, SMS y vía telefónica.
- Análisis en tiempo real.
- Gráficas interactivas.
- Historial de monitoreo.

#### Ventajas.

Ayuda a conservar la credibilidad: un buen sistema de monitoreo siempre habla bien del funcionamiento de la organización.

Aumentar la eficiencia: el personal que se encarga de la administración del sistema y los usuarios pueden dedicarse a otras actividades ya que el sistema se encarga de avisar y alertar cuando sea necesario.

Un sistema de monitoreo posibilita el incremento del desempeño de la organización desde muchas perspectivas, ya que al perder el tiempo y afectar las operaciones de la organización no son opciones de efectividad. En pocas palabras un sistema de monitoreo es la solución para mejorar la calidad de los servicios e incrementar el orden.

### 2.2 Red de sensores inalámbrica (WSN).

Una red de sensores inalámbricos es una infraestructura que consta de múltiples estaciones llamadas nodos, cada nodo está compuesto de elementos de detección o medición (transductor), de procesamiento (microordenador) y de comunicación (transceptor), el cual se encargara de transmitir los datos de manera inalámbrica hacia el Gateway y posteriormente a la estación base que se encuentra conectada a un ordenador que puede comunicarse hacia el exterior a través de Internet o una red de área local (LAN), que le da al administrador la capacidad de monitorear, observar y reaccionar ante eventos y fenómenos en un entorno específico. [2]

Los parámetros comúnmente monitoreados son temperatura, humedad, presión, dirección y velocidad del viento, intensidad de la iluminación, intensidad de vibración, intensidad del sonido, voltaje de la línea de alimentación, concentraciones químicas, niveles de contaminantes y funciones vitales del cuerpo entre otras.

#### Características de una WSN.

Algunas de las características que tiene una WSN son las siguientes:

- No se requiere una infraestructura de red. Debido a que una red WSN no tiene necesidad alguna de contar con una infraestructura física para su funcionamiento, ya que cada nodo puede operar como transmisor, receptor o ruteador.
- Se debe considerar que el consumo de energía y de memoria de cada nodo es muy reducido, debido a que la mayoría de este tipo de redes funciona con baterías y deben tener una larga autonomía de funcionamiento. Por lo cual pueden operar sin mantenimiento durante varios meses o años.
- Posee una topología dinámica, debido a que es una red escalable, la topología puede variar ya que los nodos son auto-configurables, tolerancia a fallos y presentan una elevada fiabilidad.
- Utilizan tecnologías inalámbricas de corto alcance, el encaminamiento entre dos nodos no necesita visión directa con el nodo destino porque pueden comunicarse mediante multisalto.
- Son capaces de integrarse con diferentes tecnologías para medir datos en ramas como la agricultura, biología, medicina, etc. En si tienen una alta gama de aplicaciones.
- Las WSNs presentan una elevada fiabilidad, tolerancia a fallos y bajo costo.
- Cada nodo está destinado a ser cada vez lo más pequeño posible.

### Elementos de una WSN.

Las WSNs se componen principalmente de tres elementos, nodos, gateway y estación base.

**Nodo sensor.**- Es una de las partes principales de una WSN. El hardware de un nodo sensor incluye generalmente cuatro partes: batería, un sensor, un micro-controlador y un transceptor inalámbrico.

La batería se encarga de alimentar de energía a todos los elementos del nodo. Un sensor se encarga de recoger y transformar las señales, tales como luz, vibración y señales químicas, etc. en señales eléctricas y luego transferirlas al micro-controlador. El micro-controlador recibe los datos del sensor y procesa los datos en consecuencia. El Transceptor Inalámbrico (módulo de RF) transfiere los datos, de manera que se puede lograr la realización física de la comunicación.

**Gateway.**- Es el dispositivo destinado a la interconexión entre la red de sensores y la estación base.

**Estación base.**- Actúa como recolector de la información de todos los Gateway basado en un ordenador común o un sistema integrado, puede ser un ordenador que tiene la capacidad de comunicarse hacia el exterior a través de Internet o una red de área local (LAN).

### Topologías de una WSN.

Existen tres tipos de topologías en las que pueden ser configuradas una WSN, en estrella, árbol y malla.

**En Estrella.**- En esta topología, el Gateway está rodeado por un grupo de sensores finales, donde cada nodo se conecta directamente al gateway. Esta topología es muy llamativa debido a su simplicidad, pero al mismo tiempo tiene algunas desventajas. En caso de que el gateway deje de funcionar, toda la red deja de funcionar porque todo el tráfico debe viajar a través del centro de la estrella. Por la misma razón, el gateway podría fácilmente ser un cuello de botella para el tráfico dentro de la red, especialmente para una red a gran escala que puede tener más de un centenar de nodos. [3]

**En Arbol.**- En esta topología, el Gateway inicializa la red y es la parte de mayor jerarquía del árbol. El gateway ahora puede tener enrutadores o dispositivos finales conectados a él y en cada enrutador puede haber más nodos secundarios conectados. Los nodos secundarios no pueden conectarse a un dispositivo final porque no tiene la capacidad de retransmitir mensajes. Esta topología permite diferentes niveles de nodos, con un coordinador que se conecta al nivel más alto. Para pasar mensajes a otros nodos de la misma red, el nodo de origen debe pasar el mensaje a su coordinador, que es el nodo más arriba por un nivel del nodo de origen, y el mensaje es retransmitido continuamente más arriba en el árbol hasta que alcanza el nodo de destino. Debido a que el mensaje puede tomar solamente una trayectoria, este tipo de topología no es la más confiable. Si un enrutador falla, entonces todos sus nodos pierden la comunicación con el resto de la red. [3]

**En Malla.**- Esta topología es la más flexible y confiable entre las topologías. La flexibilidad está presente porque un mensaje puede tomar múltiples rutas desde la fuente hasta el destino. Si un enrutador en particular falla, entonces el nodo tiene la capacidad de buscar un camino alternativo para enviar el mensaje. [3]

### IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 (ZigBee), tiene la tasa de datos más baja y la complejidad entre estos tres estándares y proporciona un consumo energético significativamente bajo. La tasa de datos muy baja de ZigBee significa que no es la mejor opción para implementar una conexión inalámbrica a Internet o un auricular inalámbrico de calidad donde se desee más de 1 Mbps. Sin embargo, si el objetivo de la comunicación inalámbrica es transmitir y recibir comandos simples para aplicaciones de monitoreo o control y/o recopilar información de sensores como sensores de temperatura, humedad, ZigBee proporciona buen potencial para hacerlo.

ZigBee es un estándar que define protocolos de comunicación para bajas velocidades de datos de redes inalámbricas de corto alcance. Los dispositivos inalámbricos basados en ZigBee operan en bandas de frecuencia de 868 MHz, 915 MHz y 2,4 GHz. La velocidad máxima de datos es de 250 Kbps. [4]

### Almacenamiento en la nube.

El almacenamiento en la nube es un modelo de computación en la nube en el que los datos se almacenan en servidores remotos a los que se accede desde Internet, o "nube". Es mantenido, operado y administrado por un proveedor de servicios de almacenamiento en la nube en servidores de almacenamiento que se basan en técnicas de virtualización.

El almacenamiento en la nube funciona a través de la virtualización del centro de datos, proporcionando a los usuarios finales y las aplicaciones una arquitectura de almacenamiento virtual escalable de acuerdo con los requisitos de la aplicación. En general, el almacenamiento en la nube opera a través de una API basada en web que se implementa de forma remota a través de su interacción con la infraestructura de almacenamiento en la nube interna de la aplicación cliente para operaciones de entrada / salida (E / S) y de lectura / escritura (R / W). [5]

Existen diferentes tipos de nubes, y cada una de ellas está orientada a las diversas necesidades de los usuarios, entre las cuales tenemos; nubes públicas, donde los servicios que brinda se alojan en servidores externos; nubes privadas, estas se encuentran a disposición de una sola empresa y no ofrecen servicios a terceros; nubes comunitarias, es la unión entre nubes privadas y son compartidas por varias organizaciones que trabajan en un mismo objetivo; nubes híbridas, son una combinación de las nubes públicas con las privadas de manera que comparten sus recursos entre ellas. [6]

De igual manera los servicios que ofrecen las diferentes nubes están divididas en; software como servicio (SaaS), consiste en el suministro de aplicaciones pero el usuario no necesita instalarla en su ordenador, ya que se hace uso de una interfaz web para acceder y se lo puede hacer desde cualquier dispositivo, pero el usuario no tiene control sobre la infraestructura; plataforma como servicio (PaaS), consiste en ofrecer a los usuarios un entorno de desarrollo donde los mismos usuarios puedan crear sus propias aplicaciones siempre y cuando estas sean soportadas por el proveedor; infraestructura como servicio (IaaS), es la disponibilidad de capacidad de almacenamiento y procesamiento, es donde se alojan físicamente toda la infraestructura física necesaria para ofrecer sus recursos a terceros.

### 2.3 Metodología.

La metodología científica, está definida como el procedimiento investigativo utilizado principalmente en la creación de conocimiento basado en las ciencias. Se denomina científico porque dicha investigación se apoya en lo empírico y en la medición, ajustándose a los principios específicos de las pruebas de razonamiento.

#### Tipo de investigación.

Existen varios tipos de investigación, y dependiendo de los fines que se persiguen, se debe elegir uno. En este caso se utilizará la investigación aplicada, la cual se refiere al estudio y la investigación científica que busca resolver problemas prácticos. La investigación aplicada es utilizada para encontrar soluciones a problemas del día a día, curar enfermedades y desarrollar tecnologías innovadoras.

#### Metodos de investigación.

Se entiende por método al conjunto de procesos que se debe emprender en la investigación con el fin de demostrar la verdad. Para esta investigación se utilizará el método empírico, ya que este método posibilita revelar las características fundamentales del tema de estudio

La investigación empírica permite al investigador hacer una serie de investigaciones referente a su problemática, retomando experiencia de otros autores, para de ahí a partir con su exploración, también conlleva efectuar el análisis preliminar de la información, así como verificar y comprobar las concepciones teóricas. El método empírico que se utilizara es la medición y dentro de este se aplicaran técnicas que posibiliten la recolección de información, entre las cuales se tiene: encuestas, entrevistas y cuestionarios.

#### Modelo en Cascada.

El modelo en cascada se lo conoce como un modelo de ciclo de vida lineal-secuencial. En este modelo, cada fase debe completarse completamente antes de que la siguiente fase pueda comenzar. Este tipo de modelo de desarrollo de software se utiliza básicamente para proyectos pequeños y no hay requisitos inciertos. Al final de cada fase, se lleva a

cabo una revisión para determinar si el proyecto está en el camino correcto y si desea continuar o descartar el proyecto. En este modelo, las pruebas comienzan sólo después de que el desarrollo se haya completado. [7]

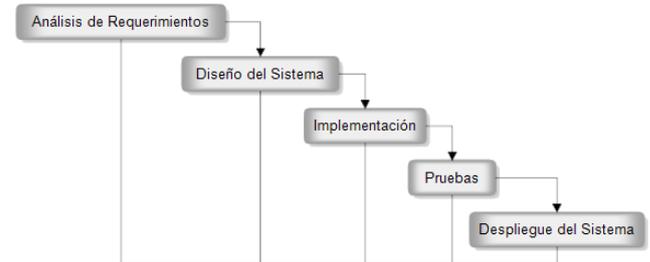


Figura 1. Diagrama general del modelo en cascada.

Fuente: [7]

#### Ventajas del Modelo en Cascada.

- Este modelo es simple y fácil de entender y usar.
- Es fácil de manejar debido a la rigidez del modelo, cada fase tiene productos específicos y un proceso de revisión.
- En este modelo las fases son procesadas y completadas una a la vez. Las fases no se superponen.
- El modelo en cascada trabaja bien para los proyectos más pequeños donde los requisitos son muy bien entendidos.

#### Desventajas del Modelo en Cascada.

- Una vez que una aplicación está en la etapa de prueba, es muy difícil volver atrás y cambiar algo que no estaba bien pensado en la etapa de desarrollo.
- Grandes cantidades de riesgo e incertidumbre.
- No es un buen modelo para proyectos complejos y orientados a objetos.
- Modelo deficiente para proyectos largos y en curso.
- No es adecuado para los proyectos en los que los requisitos están en un riesgo de moderado a alto de cambiar.

#### Cuando utilizar el Modelo en Cascada.

- Este modelo se utiliza sólo cuando los requisitos son muy conocidos, claros y fijos.
- La definición del producto es estable.
- Se entiende la tecnología.
- No hay requisitos ambiguos y el proyecto es corto.

### 3. Diseño del Sistema.

#### 3.1 Situación actual.

El análisis de la situación actual es una base fundamental de todo proyecto ya que permite conocer el estado del problema y las condiciones en que se encuentra actualmente, lo cual ayuda a establecer los requerimientos necesarios a ser considerados en el diseño del proyecto.

##### Identificación de la población.

La población o también llamado universo, es el conjunto de todos los miembros que tienen una característica común, esta población puede ser finita o infinita. Se considera población infinita cuando no se conoce el número de elementos que la integran y población finita cuando está delimitada y se conoce el número sujetos que la integran.

En este caso se tiene una población finita ya que los estudiantes, docentes, personal administrativo y de apoyo que deseen ingresar con sus vehículos a las instalaciones de la UTN deben portar su dispositivo electrónico para poder acceder, el mismo que debe ser adquirido previamente en el departamento de recaudación, debido a que actualmente los ingresos vehiculares cuentan con un sistema de control de accesos para evitar el ingreso de personas ajenas a la institución. El número de dispositivos electrónicos entregados a la comunidad universitaria es de 700, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

Tipo de Usuario	Numero de Dispositivos Electrónicos	Porcentaje
Administrativo	200	28.57%
Docente	330	47.14%
Estudiante	170	24.28%
<b>TOTAL</b>	<b>700</b>	<b>100%</b>

Tabla1. Distribución de los dispositivos electronicos.

Fuente: Departamento de seguridad de la UTN.

##### Parqueaderos de la UTN.

La UTN actualmente cuenta con nueve parqueaderos para automóviles y dos parqueaderos para motocicletas, los cuales por el momento no tienen definido un nombre por parte de la Unidad de seguridad y Salud ocupacional y ambiente (USSOA) de la UTN, por tal motivo para este caso de estudio se los identifico de la siguiente manera: Parqueadero seguido de la letra A en caso de automóviles y la letra M para motos y el número del parqueadero (Parqueadero A1, Parqueadero M1), esto permitió referirse a un parqueadero en específico, adicionalmente para identificar la ubicación de cada parqueadero más fácilmente, se los asoció con el nombre de la edificación que se encuentra más cercana.



Figura 2. Parqueaderos del campus de la UTN.

Fuente: Adaptado de UTN

A continuación se muestra la cantidad de estacionamientos de cada parqueadero y la capacidad total de plazas de aparcamiento que tiene el campus de la Universidad Técnica del Norte.

Parqueaderos de Automóviles	Nombre dado al Parqueadero	Cantidad de Estacionamientos
Parqueadero A1	Parqueadero de la FECYT	66
Parqueadero A2	Parqueadero de la FACAE	25
Parqueadero A3	Parqueadero del Comedor Universitario	51
Parqueadero A4	Parqueadero de Postgrado	37
Parqueadero A5	Parqueadero del Gimnasio	15
Parqueadero A6	Parqueadero de Educación Física	42
Parqueadero A7	Parqueadero de las Canchas	91
Parqueadero A8	Parqueadero de Autoridades	14
Parqueadero A9	Parqueadero de la FICA y FICAYA	95
<b>TOTAL</b>		<b>436</b>

Tabla2. Capacidad de los parqueaderos de automóviles de la UTN.

Fuente: Propia.

##### Estacionamientos reservados.

Existen varias plazas de estacionamiento reservadas, las mismas que son de uso exclusivo para autoridades, personas en situación de discapacidad y vehículos de la UTN.

Parqueadero	Estacionamientos	Reservados	De uso libre
Parqueadero de Autoridades	14	14	0
Parqueadero de la FICA y FICAYA	95	35	60
<b>TOTAL</b>	<b>436</b>	<b>49</b>	<b>387</b>

**Tabla3.** Cantidad de estacionamientos reservados.

Fuente: Propia.

### 3.2 Introducción al desarrollo del sistema.

En esta sección se describe aspectos relevantes del sistema, los cuales permitieron tener claro cuál es el propósito, descripción y funciones del sistema, lo cual ayudó a realizar el diseño de este sistema de una manera adecuada.

#### Propósito del sistema.

El propósito de este sistema es proporcionar a los usuarios información acerca de la cantidad de estacionamientos libres que existen en cada uno de los diferentes parqueaderos de la UTN, de esta manera los usuarios al conocer que parqueadero cuenta con estacionamientos disponibles se dirigirán directamente a ese parqueadero disminuyendo así el tiempo que les toma estacionar su vehículo.

#### Descripción del sistema.

El sistema busca emplear una red inalámbrica de sensores destinada a la detección del estado de los estacionamientos (libre u ocupado), con lo cual se puede determinar el número de estacionamientos libres en los parqueaderos, todos los datos recolectados serán enviados a una plataforma de almacenamiento, los mismos que podrán ser observados en la interfaz de visualización de dicha plataforma.

#### Funciones del sistema.

Las principales funciones de este sistema son:

- Detectar la presencia del vehículo en el estacionamiento y cambiar de estado en el que se encuentre el estacionamiento apenas se detecte la presencia o ausencia del mismo con el objetivo de contabilizar la cantidad de estacionamientos libres que tiene cada parqueadero.
- Los datos recolectados serán enviados a una plataforma de almacenamiento en la nube para poder llevar un registro.
- La información podrá ser visualizada a través de la interfaz de la plataforma de almacenamiento, inicialmente estos datos solo podrán ser visualizados por el administrador del sistema.

### 3.3 Requerimientos del sistema.

En este proyecto los requerimientos del sistema se los estableció basándose en el estándar ISO / IEC / IEEE 29148: 2011, debido a que es un estándar que brinda directrices para la aplicación de los requisitos y procesos relacionados con los requisitos que se van a implementar. La ingeniería de requisitos es una función de gran importancia que sirve para establecer y mantener los requisitos que debe cumplir el sistema, software o servicio. Así como también se ocupa de obtener, analizar, desarrollar, determinar métodos de verificación, validación, comunicación, documentación y gestión de los requisitos.

El análisis de requerimientos del sistema se lo realizó teniendo en cuenta las consideraciones del estándar antes mencionado, por tal motivo los requerimientos que se analizaron son de stakeholders, funcionales y de arquitectura.

### 3.4 Elección de hardware y software.

Habiendo ejecutado el análisis de requerimientos se realizó la selección del hardware y software que forman parte del sistema, los cuales se presenta a continuación.

Tipo	Elemento	Elección	Descripción
Hardware	Placa de Procesamiento	Arduino Uno	Para los nodos sensor
Hardware	Placa de procesamiento	Arduino Mega 2560	Para los nodos centrales
Hardware	Transceptor inalámbrico	XBee S2C	Para los nodos sensores y centrales
Hardware	Sensor	Sensor Sharp 2Y0A21	Para los nodos sensores
Hardware	Acople	Elaboración del Shield	Para los nodos sensores
Hardware	Conexión a Internet	Shield Ethernet	Para los nodos centrales
Hardware	Acople	Shield XBee	Para los nodos sensores y centrales
Hardware	Fuente de energía	Adaptador AC/DC	Para los nodos sensores y centrales
Hardware	Case de protección	Caja de protección del nodo sensor	Para los nodos sensores y centrales
Hardware	Pantalla informativa	Pantalla led Publicity PC-MINI	Para la presentación de la información.

Software	Software de programación	IDE Arduino	Para los nodos sensores y centrales
Software	Plataforma PaaS	Ubidots	Almacenamiento y visualización de la información.

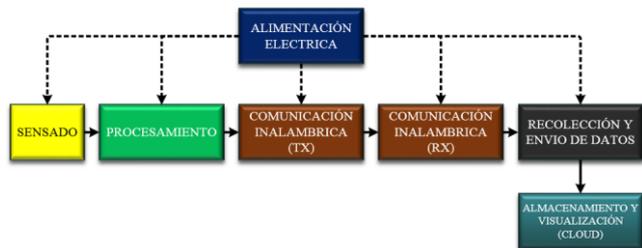
**Tabla4.** Hardware y software seleccionados.  
Fuente: Propia.

### 3.5 Diseño del sistema.

El área de estudio para el diseño de este sistema son los parqueaderos del campus universitario El Olivo, por lo cual se tomó en consideración toda la información y aspectos recabados anteriormente para establecer de una manera adecuada las siguientes fases de desarrollo del sistema: el diagrama de bloques del proyecto, la arquitectura del sistema, el diseño de la WSN, el diagrama de flujo, el almacenamiento y visualización de la información en la nube.

#### Diagrama de bloques.

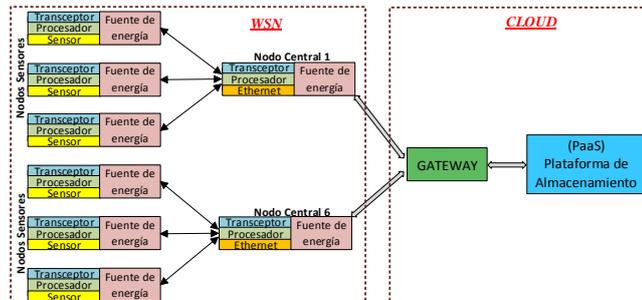
Para tener claro cuáles son las principales fases de diseño del sistema se procedió a realizar el diagrama de bloques.



**Figura3.** Diagrama de bloques del sistema.  
Fuente: Propia.

#### Arquitectura del sistema.

La arquitectura del sistema está formada por dos partes principales que son: la WSN y la plataforma PaaS, donde la WSN está constituida por una serie de sensores y un único nodo central en cada parqueadero, y la plataforma PaaS se encarga de almacenar los datos proporcionados por todos los nodos centrales y mostrarlos mediante su propia interfaz web.



**Figura4.** Arquitectura del sistema.  
Fuente: Propia.

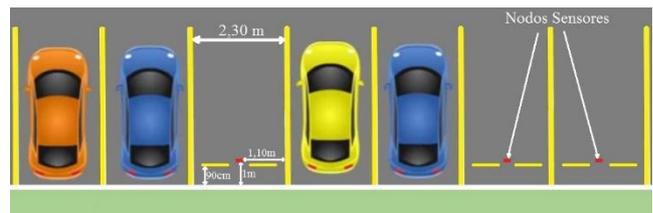
### 3.6 Diseño de la WSN.

#### Topología de la WSN.

La topología utilizada en este proyectos es tipo estrella, ya que al utilizar esta configuración es posible poner a los nodos sensores en modo sleep cuando no tengan ninguna actividad, lo cual permite tener un gran ahorro de energía, cosa que no se puede hacer en una configuración tipo árbol o malla, además el alcance de los XBee S2C en exteriores es de 1200m en teoría, lo cual es suficiente para poder tener una comunicación directa entre los nodos sensores y el nodo central sin necesidad de tener nodos router.

#### Ubicación de los nodos sensores.

Teniendo en cuenta que se trata de un ambiente externo, se considera que el sensor debe ser colocado sobre el suelo (entre los topes de estacionamiento) ya que de esta manera el sensor será cubierto completamente por el automóvil, lo cual facilita la detección de este último por parte del sensor y además no es necesario implementar ningún tipo de infraestructura adicional para la colocación de los mismos. Por tales motivos se ha establecido que el sensor sea colocado tal como se muestra en a continuación.



**Figura5.** Ubicación de los nodos sensores.  
Fuente: Propia.

#### Ubicación de los nodos centrales.

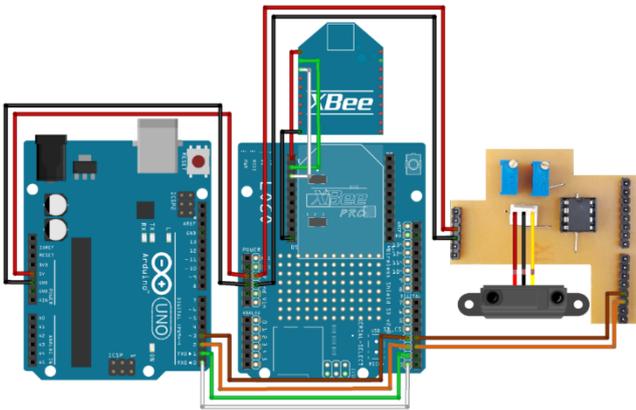
Los parámetros más importantes a tomar en cuenta para la ubicación de los nodos centrales, es que estos nodos requieren tener acceso cableado a internet, conexión eléctrica y deben estar cerca a sus nodos sensores, por lo cual se consideró ubicarlos en los edificios que se encuentran más cercanos a los parqueaderos y en los cuales se encuentran colocados AP externos, ya que es un buen lugar para tener acceso a la red y a la energía eléctrica aprovechando la infraestructura que ya se encuentra instalada.



**Figura6.** Ubicación de los nodos centrales.  
Fuente: Adaptado de UTN.

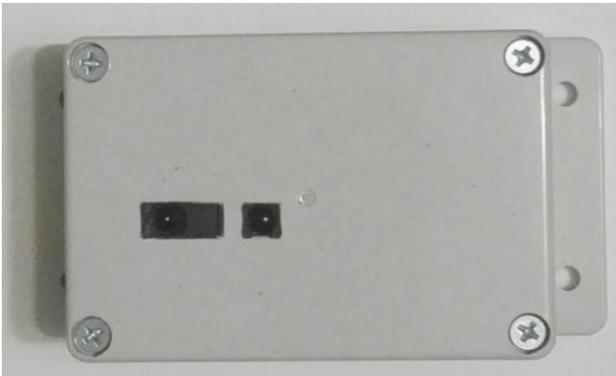
### Nodo Sensor

Las partes por las cuales está conformado cada uno de los nodos sensores son: un sensor infrarrojo Sharp 2Y0A21 incluyendo una adaptación de Shield el cual fue diseñado, una placa de procesamiento Arduino Uno, un transceptor inalámbrico XBee S2C, un Shield XBee y una fuente de energía eléctrica.



**Figura7.** Diagrama de conexión del nodo sensor.  
**Fuente:** Propia.

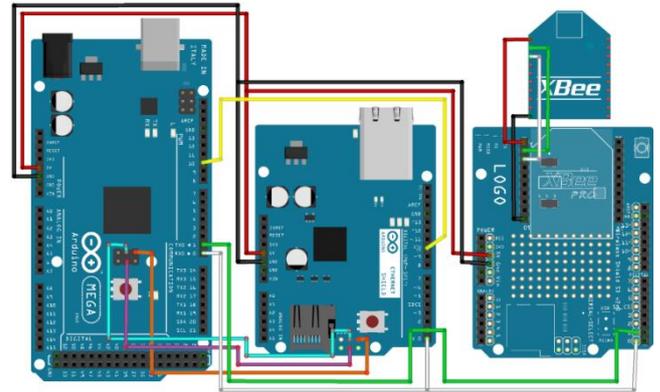
Teniendo en cuenta que los nodos sensores van a estar instalados al aire libre, estos dispositivos necesitan estar protegidos de factores externos, es por ello que se utilizó una caja de protección de 10x6.8x5 centímetros para colocar el nodo dentro de ella.



**Figura8.** Nodo sensor terminado.  
**Fuente:** Propia.

### Nodo Central

Cada uno de los nodos centrales están conformados por: una placa de procesamiento Arduino mega2560, un shield Ethernet, un shield XBee, un XBee S2C y una fuente de energía eléctrica.



**Figura9.** Diagrama de conexión del nodo central.  
**Fuente:** Propia.

De igual manera que los nodos sensores, los componentes del nodo central también deben estar protegidos de alguna manera ante el polvo, agua o la manipulación de los dispositivos del nodo por parte de terceros, es por ello que en este caso se utilizó una caja de derivación de 18x14x8 centímetros para colocar el nodo.



**Figura10.** Nodo central terminado.  
**Fuente:** Propia.

## 3.7 Diagramas de flujo.

Los diagramas de flujo que se presentan a continuación son una representación gráfica de los procesos que realiza cada parte del sistema.

**Diagrama de flujo del nodo sensor.**

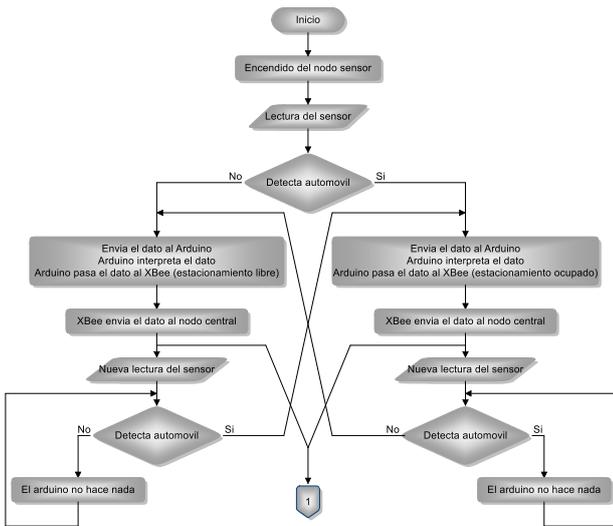


Figura11. Diagrama de flujo del nodo sensor.  
Fuente: Propia.

**Diagrama de flujo del nodo central.**

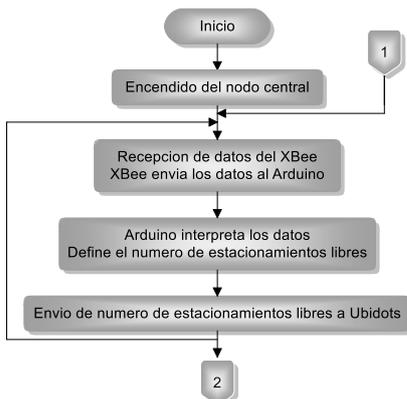


Figura12. Diagrama de flujo del nodo central.  
Fuente: Propia.

**Diagrama de flujo de la plataforma Ubidots.**

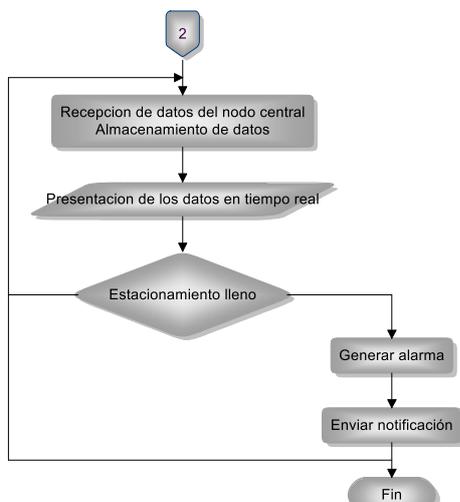


Figura13. Diagrama de flujo de la plataforma Ubidots.  
Fuente: Propia.

**3.8 Almacenamiento y visualización de la información en la nube.**

El monitoreo de la disponibilidad de los estacionamientos se lo realizó a través de la plataforma Ubidots, para lo cual se debe ingresar a su página web oficial <https://ubidots.com/> y realizar algunas configuraciones iniciales.

**Almacenamiento de datos.**

Para poder observar los datos almacenados es necesario ingresar a la ventana de Dispositivos, acceder al dispositivo y posteriormente a la variable, cada variable lleva un registro de los datos almacenados y se los puede ver de acuerdo a nuestra elección, pueden ser de la última hora, día, semana, mes o elegir cualquier fecha.

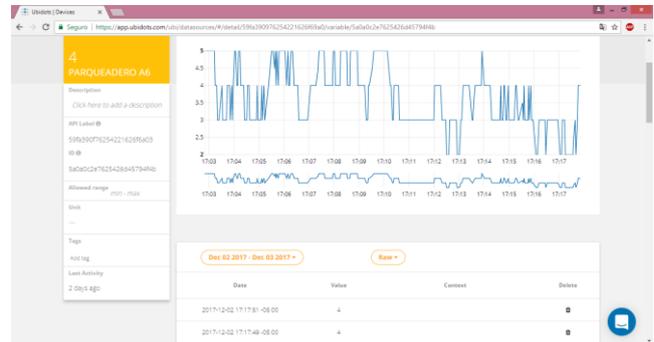


Figura14. Almacenamiento de datos en Ubidots.  
Fuente: [8]

**Visualización de la Información.**

Los datos pueden ser visualizados de una manera adecuada en la interfaz web de Ubidots, para lo cual solo basta con tener un dispositivo con navegador web y que tenga acceso a internet para abrir la interfaz antes mencionada.



Figura13. Interfaz de monitoreo en Ubidots.  
Fuente: [8]

## 4. Pruebas de Funcionamiento.

En esta etapa se procede a realizar las pruebas del prototipo, las mismas que permitirán validar el funcionamiento del sistema. Las pruebas fueron realizadas tanto en el día como en la noche para verificar si la presencia o ausencia de luz causa algún efecto negativo en el proceso de sensado del sistema.

### Pruebas del nodo sensor

El primer paso fue verificar si los nodos sensores detectan o no la presencia de los vehículos, para esto fue necesario acceder al nodo por medio de la comunicación serial, con lo cual se pudo observar en el monitor serial el dato que envía cada nodo sensor, el nodo sensor se encuentra realizando lecturas constantemente, pero únicamente realiza el envío del dato cuando detecta un cambio de estado de libre a ocupado o viceversa, el dato que se envía es A0 cuando detecta que el estacionamiento está libre y A1 cuando está ocupado.

### Pruebas del nodo central

Posteriormente se comprobó la conectividad y la recepción de datos del nodo central mediante la red zigbee, para ello fue necesario acceder al nodo central mediante comunicación serial, en este caso se comprueba que el nodo se encuentra conectado y que el valor que se muestra en el monitor serial, sea igual al número de estacionamientos libres, si los nodos sensores si detectaron el vehículo pero no coincide con el dato del nodo central entonces existe un error en la transmisión inalámbrica, pero si el nodo sensor no detecta el automóvil entonces no cambiara de estado y por lo tanto no realizara ninguna transmisión al nodo central.

### Pruebas de la plataforma Ubidots

Y por último se verifico que los datos del nodo central sean enviados hacia la plataforma en la nube. Para ello se comprobó que Ubidots reconozca al nodo central como conectado y que el valor del nodo central sea el mismo que se muestra en Ubidots.

### Resultados de las pruebas

El haber realizado pruebas en el día y en la noche, permitió comprobar que la luz solar y la ausencia de luz no interfieren de ninguna manera en el funcionamiento del sistema. En total se realizaron 150 pruebas con los cinco sensores, de los cuales se obtuvo un error del 3,33% en la detección de los vehículos, un error del 7,34% en la transmisión de datos de manera inalámbrica y un error del 7,34% en la visualización de los datos en tiempo real. Con cual se obtiene que el sistema tiene un porcentaje de éxito promedio de 93,99%.

Pruebas	Número de Pruebas	Detecciones exitosas	Transmisiones exitosas	Datos subidos Ubidots
<b>Prueba 1</b>				
Realizada en el día	75	96%	92%	92%
<b>Prueba 2</b>				
Realizada en la noche	75	97.33%	93.33	93.33
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>96.66%</b>	<b>92.66%</b>	<b>92.66%</b>

**Tabla5.** Resultados de las pruebas.

Fuente: Propia.

## 4.1 Costos del sistema.

A continuación se presenta el costo de cada uno de los factores involucrados en el desarrollo del sistema de monitoreo de la disponibilidad de estacionamientos.

El costo se refiere a la inversión económica que se debe realizar para implementar el sistema, se toman en cuenta todos los factores que intervienen tales como: hardware (nodos sensores - nodos centrales - pantallas led), software, infraestructura y trabajo de ingeniería.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Nodos sensores	436	\$99.90	\$43,556.4
Nodos centrales	9	\$111.45	\$1,003.05
Pantallas Led	2	\$4,000.0	\$8,000.0
Costo de Infraestructura	1	\$13,630.0	\$13,630.0
Costo de Ingeniería	1	\$950.00	\$950.00
Costo de software	1	\$0.00	\$0.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$67,139.45</b>

**Tabla6.** Costos de implementación del sistema.

Fuente: Propia.

## 5. Conclusiones.

Al finalizar este proyecto de titulación, usando una red de sensores inalámbricos se ha logrado cumplir con los objetivos propuestos y se ha desarrollado un prototipo que se centra en la detección de la presencia o ausencia del vehículo en un estacionamiento, permitiendo informar la cantidad de estacionamientos libres que existen en el parqueadero, mediante una plataforma de almacenamiento en la nube lo cual se logra teniendo acceso a internet.

Se realizó una investigación bibliográfica acerca de temas relacionados con las redes de sensores inalámbricos y los sistemas de parqueo, lo cual permitió desarrollar el diseño de este sistema de una mejor manera.

Se desarrolló un prototipo del sistema para determinar si el diseño propuesto funciona adecuadamente, para ello se realizó una fase de pruebas en el parqueadero de la Universidad Técnica del Norte, comprobando que la detección del vehículo al momento que se estaciona es exitosa ya que los datos si pueden ser vistos en la plataforma Ubidots.

La fase pruebas fue realizada tanto en el día como en la noche, permitiendo así comprobar que la luz solar y la ausencia de luz no interfieren de ninguna manera en el funcionamiento del sistema.

Los sistemas de parqueo vehiculares están teniendo en la actualidad un gran impacto, ya que se encuentran entre los principales sistemas de las Smart cities.

## 6. Referencias

- Sistembel, «SISTEMBEL S,» 05 Marzo 2015.  
[1] [En línea]. Available: <https://www.sistembel.com/>.
- M. Rouse, «TechTarget,» Junio 2006. [En línea]. Available:  
[2] <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/sensor-network>.
- Z. K. Farej y A. M. Abdul-Hameed, «International Journal of Computer Applications,» Agosto 2015. [En línea]. Available:  
[3] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.736.5839&rep=rep1&type=pdf>.
- E. E. Flores Carbajal, «Redes de Sensores Inalámbricas Aplicado a la Medicina,» 30 Octubre 2012. [En línea]. Available:  
[4] <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1288/349251.pdf?sequence=1>.
- Techopedia, «techopedia,» [En línea]. Available:  
[5] <https://www.techopedia.com/>.
- Microsoft Azure, «Microsoft Azure,» [En línea].  
[6] Available: <https://azure.microsoft.com/>.
- ISTQB Exam Certification, «ISTQB EXAM CERTIFICATION,» [En línea]. Available:  
[7] <http://istqbexamcertification.com/>.
- Ubidots, «Ubidots,» 2017. [En línea]. Available:  
[8] <https://ubidots.com/>.

## Sobre los Autores.



Wilmer P. BEDOYA PUMA. Nació en Ibarra el 22 de enero de 1991. Realizó sus estudios primarios en la Escuela 4 de julio. Los estudios secundarios los realizó en el Instituto Superior Tecnológico “17 de Julio” donde finalizó en el año 2008, obteniendo el título de Bachiller de Técnico Industrial en Mecánica Automotriz. Actualmente, está realizando su proceso de titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte – Ecuador.



Jaime R. MICHILENA CALDERON. Nació en Atuntaqui-Ecuador el 19 de febrero del año 1983. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2007. Magister en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en el año 2016. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte.