



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA
CONECTAR ARTICULOS DEL HOGAR AL INTERNET



AUTOR

RENATO ISRAEL GARCÉS VINUEZA

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS.

ESTUDIO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA
CONECTAR ARTICULOS DEL HOGAR AL INTERNET.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en electrónica y redes de
información.

Profesor guía

Mg. Ángel Gabriel Jaramillo Alcázar

Autor

Renato Israel Garcés Vinueza

Año

2017

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ángel Gabriel Jaramillo Alcázar

Magister en Gerencia de Sistemas y Tecnologías de la Información

CI: 1715891964

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Jorge Luis Rosero Beltrán.

Máster en Ciencias con especialidad en Automatización

CI: 1803610185

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE.

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Renato Israel Garcés Vinuesa.

CI: 0603942095

AGRADECIMIENTOS

A la fuerza más poderosa del universo, Dios, por permitirme alcanzar mis sueños y metas. A quienes les debo lo que soy, lo que tengo y lo que llegaré a ser, a mis padres, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr. A mis profesores por compartir sus conocimientos y contribuir en mi formación académica y personal. A todas las personas que contribuyen de manera positiva en mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia, de manera muy especial a mis padres quienes siempre han estado junto a mí, apoyándome, dándome ánimos y consejos en todo momento. Además de siempre alentarme para alcanzar mis sueños y metas. Gracias Totales

RESUMEN

La revolución de Internet se viene expandiendo alrededor del mundo. A través de esta ola se pretende transformar artículos que tenían un funcionamiento programado, en dispositivos inteligentes que determinen su funcionamiento bajo ciertos parámetros. Todo esto será posible en un futuro cercano, gracias a las pequeñas redes y a las tecnologías que lo permiten.

Debido a ello, en el presente estudio se ha realizado una revisión de las tecnologías, presentes en el mercado, que permiten la interconexión de dispositivos a Internet. En la primera parte se podrá encontrar las tecnologías actuales con su funcionamiento, aplicaciones y ventajas.

Posteriormente se han recopilado parámetros de análisis de distintos estudios y se han establecidos parámetros propios con la finalidad de analizar cada tecnología. Tratando de enfocarse en los artículos del hogar y su interconexión a Internet. Y finalmente se ha propuesto una nueva clasificación de IoT y las posibles aplicaciones de las tecnologías antes estudiadas, tratando de identificar las más aptas para su aplicación en artículos del hogar.

Todo este estudio se lo realiza con la finalidad de brindar lineamientos para futuras implementación de sistemas o dispositivos que lo puedan realizar estudiantes o fabricantes de electrodomésticos nacionales.

ABSTRACT

The Internet revolution has been expanding around the world. Through this wave is intended to transform articles that had a programmed operation, in intelligent devices that determine their operation under certain parameters. All this will be possible in the near future, with the use of small networks and the technologies that allow it.

The present study has made a review of the technologies, present in the market, that allow the interconnection of devices to the Internet. In the first part you will find the current technologies with their operation, applications and advantages.

Subsequently, parameters of analysis of different studies have been collected and own parameters have been established in order to analyze each technology. Trying to focus on household items and their interconnection to the Internet. And finally, a new classification of IoT and the possible applications of the technologies previously studied has been proposed, trying to identify the most suitable for their application in household articles.

All this study is done in order to provide guidelines for future implementation of systems or devices that can be made by students or manufacturers of domestic appliances

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Objetivo General.....	2
1.5 Objetivos Específicos.....	2
2. CAPÍTULO II. TECNOLOGÍAS EXISTENTES	3
2.1 Radio Frequency Identification- RFID.....	3
2.1.1 Funcionamiento de RFID.....	3
2.1.2 Estandarización.....	4
2.1.3 Electronic Product Code.....	4
2.1.4 Ventajas:	6
2.1.5 Aplicaciones:.....	6
2.1.6 Desafíos de RFID	7
2.1.7 Ejemplo.....	7
2.2 Near Field Communication – NFC.....	8
2.2.1 Modos de Operación:	8
2.2.2 Clases de etiquetas:	9
2.2.3 Roles NFC.	9
2.2.4 Estandarización:.....	10
2.2.5 Ventajas de NFC.....	10
2.2.6 Desafíos de NFC:	10
2.2.7 Evasión de colisiones.....	11
2.2.8 Protocolo de Flujo.....	11

2.2.9 NFC y el Internet de las Cosas.....	11
2.2.10 Ejemplo.....	12
2.3 Bluetooth.....	13
2.3.1 Funcionamiento de Bluetooth.....	13
2.3.2 Aplicaciones.....	14
2.3.3 Emparejamiento de dispositivos.....	14
2.3.4 Bluetooth y el IoT.....	15
2.3.5 Ejemplo:.....	15
2.4 Weightless.....	16
2.4.1 Capacidad.....	17
2.4.2 Calidad de Servicio.....	17
2.4.3 Rango	18
2.4.4 Confiabilidad.....	18
2.4.5 Energía	18
2.4.6 Seguridad.....	18
2.4.7 Estándar	18
2.5 Zig Bee.....	19
2.5.1 Funcionamiento Zigbee	20
2.5.2 Topología:	21
2.5.3 Aplicaciones.....	21
2.5.4 Estandarización.....	21
2.5.5 Ventajas:	22
2.5.6 Seguridad:.....	22
2.5.7 Ejemplo.....	23
2.6 Wi-Fi.....	24
2.6.1 Funcionamiento de Wi-Fi	24

2.6.2	Estandarización.....	25
2.6.3	Ventajas.	25
2.6.4	Wi-Fi y el IoT.	26
2.6.5	Ejemplo.....	27
2.7	Z-Wave.....	27
2.7.1	Funcionamiento de Z-wave	28
2.7.2	Aplicaciones.....	28
2.7.3	Estandarización.....	29
2.7.4	Ventajas de Z-wave.....	29
2.7.5	Seguridad.....	29
2.7.6	Ejemplo.....	30
2.8	X10	30
2.8.1	Funcionamiento de X10.....	31
2.8.2	Ventajas de X10	32
2.8.3	Ejemplo.....	32
2.9	Long Term Evolution.	33
2.9.1	Estandarización.....	34
2.9.2	Ventajas.	35
2.9.3	LTE y el IoT.....	35
2.10	EnOcean.....	36
2.10.1	Funcionamiento de EnOcean	36
2.10.2	Aplicaciones.....	37
2.10.3	Ventajas.....	37
2.10.4	Estandarización.....	37
2.10.5	Ejemplo.....	38

3. CAPÍTULO III. Análisis.....	38
3.1 Parámetros de análisis.....	38
3.1.1 Alcance.....	40
3.1.2 Estándar.....	40
3.1.3 Consumo de energía.....	41
3.1.4 Seguridad.....	41
3.1.5 Escalabilidad.....	41
3.1.6 Capacidad.....	41
3.1.7 Costo.....	42
3.1.8 Topología.....	42
3.2 Tipos de IoT.....	43
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
4.1 Conclusiones.....	49
4.2 Recomendaciones.....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Logo de RFID	3
Figura 2 Estructura de EPC	5
Figura 3 Etiqueta RFID en un parabrisas	7
Figura 4 Logo de NFC	8
Figura 5 Anillo NFC	12
Figura 6 Logo de Bluetooth	13
Figura 7 Producto Amazon Echo	15
Figura 8 Logo de Weightless.....	16
Figura 9 Logo de ZigBee.....	19
Figura 10 Producto Homey.....	23
Figura 11 Logo de Wi Fi	24
Figura 12 Producto Nest Learning Thermostat.....	27
Figura 13 Logo de Z-Wave.....	27
Figura 14 Producto Z-wave Smart lock.....	30
Figura 15 Logo de X10.....	30
Figura 16 Producto keychain Remote Control.....	32
Figura 17 Logo de LTE	33
Figura 18 Logo de EnOcean.....	36
Figura 19 Producto Building-controller Touch.....	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clave, esquema y usos típicos de GS1.....	5
Tabla 2. Parámetros de análisis de las tecnológicas.....	40
Tabla 3. Comparativa de Tecnologías.....	42
Tabla 4. Tipos de IoT y sus tecnologías.....	47
Tabla 5. Tecnologías y número de aplicaciones.....	48

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente vivimos en un mundo de revolución motivado por un nuevo concepto de Internet. El Internet del Todo del inglés Internet of Everything (IoE), es un nuevo modelo tecnológico que se refiere a la conexión digital de objetos cotidianos con internet de manera que puedan ser identificados y gestionados por otros equipos.

El concepto de IoE lo propuso Kevin Ashton en el Auto-ID Center del MIT en 1999, donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia en red (RFID) y tecnologías de sensores. (Cisco, 2017)

A través de esta ola creciente del IoE se pueden transformar objetos o dispositivos, que tenían un comportamiento automático previamente programado, en dispositivos inteligentes que envíen información a internet y reciban información que le permita actuar de acuerdo a ciertas condiciones o intereses. Estos datos son relevantes debido a que su impacto generará un sinnúmero de oportunidades en diferentes ámbitos en los que se implementen tales como: sector comercial, salud, hogares y ciudades inteligentes (Smart Cities), etc. (Hipertextual, 2014).

En el Ecuador el 44.6% de la población urbana y el 16.41% de la población rural poseen acceso al Internet desde el hogar. Lo que se resumiría como el 36.03% a nivel nacional, que se espera siga aumentando en los siguientes años logrando penetrar de mejor manera en la sociedad. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016)

Se prevé que para el 2020 existirán un total de 200.000 millones de dispositivos conectados, lo que supondría que existirían 26 dispositivos por cada individuo. (Cisco, 2017)

Actualmente estamos rodeados de pequeñas redes y nuevas tecnologías que tienen una única finalidad: conectar el máximo de objetos que nos rodean, entre ellos y con nosotros. Dentro de esto debemos tomar en cuenta que existen objetos internos dentro del hogar como los electrodomésticos, servicios o

pequeños aparatos como las bombillas que ya están conectadas al internet; así también existen objetos externos, siendo estos los más visibles y que están casi todo el tiempo conectados a las denominadas ciudades inteligentes, las cuales que están constantemente midiendo parámetros exteriores como la temperatura, energía, actividad, luz, humedad, errores, etc.

1.2 Justificación

Debido al avance y vertiginoso desarrollo tecnológico en el mundo, el presente proyecto de investigación se enfocará en el estudio de las tecnologías existentes para conectar artículos del hogar al internet y así determinar la tecnología que más se acople a la realidad y necesidad de nuestro país. La principal motivación es que este proyecto sea un aporte para que los fabricantes nacionales puedan desarrollar nuevos dispositivos que generen soluciones puntuales, que sean accesibles para toda la población y así se pueda mejorar la calidad de vida de las personas.

1.3 Alcance

En este trabajo de titulación se realizará un análisis de las tecnologías existentes que nos ofrecen los distintos fabricantes en el mercado para conectar artículos del hogar al Internet. Para ello, en primer lugar se realizará un levantamiento de la información de loE, las tecnologías relacionadas y sus aplicaciones en el hogar, para posteriormente realizar una comparativa entre ellas. Finalmente se evaluará y determinará la tecnología más idónea para su implementación en un artefacto del hogar.

1.4 Objetivo General

- Analizar las tecnologías existentes que permiten la conexión de artículos del hogar a Internet.

1.5 Objetivos Específicos

1. Realizar un levantamiento de información de las tecnologías loE y sus aplicaciones en el hogar
2. Realizar una comparativa de las tecnologías consultadas y sus aplicaciones.

3. Evaluar la tecnología más idónea para su implementación de IoE en un artículo específico del hogar.

2. CAPÍTULO II. TECNOLOGÍAS EXISTENTES

2.1 Radio Frequency Identification- RFID



Figura 1. Logo de RFID

Tomado de (Loop Media, 2017)

La tecnología RFID apareció en 1944, como una herramienta de espionaje de la Unión Soviética, es similar a IFF y fue utilizada principalmente por los aliados en la Segunda Guerra Mundial para identificar aviones amigos o enemigos. (Alexandres, Rodríguez y Muñoz, 2016). En la figura 1 se puede apreciar el logo de RFID.

2.1.1 Funcionamiento de RFID

RFID utiliza el acoplamiento electromagnético o electrostático en una porción de radiofrecuencia del espectro electromagnético para identificar de forma única un objeto, animal o persona. Un sistema RFID está compuesto por:

- Antena: es aquella que utiliza ondas de radiofrecuencia para transmitir una señal que active el transpondedor. Su tamaño limita la distancia máxima a la que puede realizarse la lectura de la etiqueta
- Circuito Integrado: es un circuito analógico-digital. La parte analógica se encarga de la alimentación y la comunicación por radiofrecuencia. En cambio la parte digital es la encargada de gestionar la información almacenada en la etiqueta.

- Elemento almacenador de energía: en base a este elemento las etiquetas se clasifican en activas y pasivas
 - **Etiquetas Pasivas:** obtienen energía del lector que es almacenada en un condensador. El lector envía una onda electromagnética que induce corriente en la etiqueta. La distancia entre el lector y la etiqueta no puede ser muy elevada.
 - **Etiquetas Activas:** utilizan una batería para alimentar el circuito. Debido a su batería permiten un mayor rango de lectura entre el lector y la etiqueta. Debido a su batería su tamaño aumenta al igual que su costo.

RFID utiliza dos clases de transmisión dependiendo estrictamente de la frecuencia que utilicen. En frecuencias bajas como 125-134 KHz en la banda LF o 13.56 MHz en la banda HF se utiliza acoplamiento inductivo. Mientras que en frecuencias superiores tales como frecuencias de UHF en los rangos de 433 MHz, 865-956 MHz y 2.45 GHz la retro dispersión es el principal medio de transmisión. La frecuencia es importante debido a que afecta el rango de lectura seguro, debido a que fabricar dispositivos de dirección selectiva con un rango de lectura más largo en frecuencias altas resulta de mayor facilidad.

2.1.2 Estandarización

Debido a varios propósitos el mundo actualmente se encuentra dividido en 3 regiones de frecuencias. Lamentablemente toda empresa ofrece sus sistemas RFID, es por esto que las ISO ya han adoptado normas internacionales para la identificación RFID de animales. Sin embargo aún existen diferencias notables entre las regiones debido a que los fabricantes planifican utilizar etiquetas en varias regiones para restringirse a bandas compartidas por todas las regiones afectadas. (Alexandres, Rodríguez y Muñoz, 2016)

2.1.3 Electronic Product Code

Es un identificador universal que provee una identidad única a un objeto físico en específico. Los EPC se encuentran codificados en etiquetas RFID que pueden utilizarse para rastrear todo tipo de objetos.

Para la identificación de las clases de objetos, activos, documentos, etc. Existe una clave GS1 correspondiente, la misma que asigna y gestiona las claves y sus estructuras de datos. Las claves GS1 brindan el contexto para los datos EPC asociados con un objeto.

Tabla 1.

Clave, esquema y usos típicos de GS1

Clave GS1	Esquema EPC	Uso Típico
GTIN	sgtin	Artículo Comercial
SSCC	sscc	Unidad Logística
GLN	sgln	Localización
GRAI	grai	Activo retornable/ reusable
GIAI	giai	Activo fijo
GDTI	gdti	Documento
GSRN	gsrn	Relación de servicio

Tomado de (Barcode, 2017)

El EPC es el encargado de distinguir dos productos idénticos, debido a que un único EPC puede proporcionar la fecha de fabricación, el origen o el número de lote de un producto específico.

Un EPC está formado por:

- Encabezado: Identifica la longitud, el tipo, la estructura, la versión la generación del EPC.
- Numero de Administrador EPC: Entidad responsable de mantener las particiones subsiguientes.
- Clase de Objeto.
- Número de serie: identifica la Instancia. (Barcode, 2017)

En la figura 2 se puede apreciar la composición de EPC.

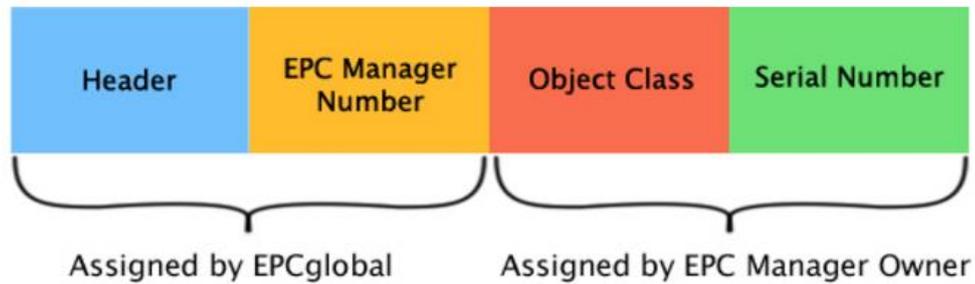


Figura 2. Estructura de EPC

Tomado de (Barcode, 2017)

2.1.4 Ventajas

- No es necesario línea de vista debido a que la ubicación de la etiqueta es menos restringida.
- Existe un mayor rango de lectura con respecto a otras tecnologías similares.
- Las etiquetas pueden poseer memoria de lectura-escritura.
- La etiqueta RFID logra almacenar gran cantidad de datos.
- Facilitan la identificación única de objetos.
- Las etiquetas son menos sensibles respecto a condiciones adversas.

2.1.5 Aplicaciones

- Transporte y Logística.
- Manufactura
- Gestión de la Agricultura
- Cuidado de la Salud y Medicina
- Defensa y ámbito militar
- Transacciones de pago.

La ventaja significativa de RFID es que no se necesita contacto directo o línea de vista para que una etiqueta pueda ser leída, con un tiempo de respuesta menor a los 100 milisegundos.

2.1.6 Desafíos de RFID

2.1.6.1 Problemas de colisión

Las comunicaciones entre etiquetas y lectores pueden sufrir interferencia electromagnética, es por esto que el uso de protocolos anti colisión eficientes para identificación de varias etiquetas simultáneamente aporta de manera significativa para el desarrollo de aplicaciones RFID a gran escala.

2.1.6.2 Seguridad y Privacidad

Las etiquetas no protegidas pueden ser vulnerables a escucha, el análisis de tráfico, la falsificación o la negación de servicio. Los lectores no autorizados afectan la privacidad debido a que a las etiquetas sin el suficiente control de acceso pueden ser accesibles. Debido a sus limitaciones de costos y recursos, los sistemas RFID no tienen un soporte de seguridad y privacidad suficiente. Actualmente muchos investigadores y científicos se encuentran trabajando en implementar protocolos de seguridad y privacidad de bajo costo, debido a que cuantiosas soluciones de peso ligero han sido propuestas, sin embargo continúan siendo caras y vulnerables y no resuelven los problemas de seguridad. (Jia, Feng, Fan y Lei, 2012).

2.1.7 Ejemplo

Windshield Label



Figura 3. Etiqueta RFID en un parabrisas

Tomado de (Dipole, 2017)

Las etiquetas de parabrisas RFID ofrecen una forma más precisa y segura de permitir el acceso a parqueaderos, apertura de puertas, control de vehículos, etc. La incrustación utiliza tecnología pasiva y se encapsula entre capas delgadas de polipropileno añadiendo impresión legible humana a un lado y un adhesivo para

el parabrisas al otro. (Dipole, 2017). En la figura 3 se puede apreciar una etiqueta windshield label. Las especificaciones técnicas del producto se las puede encontrar en el Anexo 1.

2.2 Near Field Communication – NFC



Figura 4. Logo de NFC

Tomado de (NFC, 2017)

Es una tecnología de conectividad inalámbrica de corto alcance que facilita transacciones, el intercambio de contenido digital y la conexión de dispositivos con un solo toque. Utiliza la inducción del campo magnético para estos propósitos. NFC mantiene la interoperabilidad entre métodos de comunicación inalámbrica como Bluetooth y otros estándares NFC a través del NFC Forum. El NFC Forum fue formado en el 2004 por Sony, Nokia y Philips, y es el encargado de velar por el cumplimiento de estrictas normas que los fabricantes deben poseer al diseñar dispositivos compatibles con NFC. (NFC, 2017). En la figura 4 se puede apreciar el logo de NFC.

2.2.1 Modos de Operación

NFC posee dos modos de operación:

- **Activo:** el dispositivo activo genera su propio campo de radio frecuencia que le permite leer y enviar información. También es capaz de recolectar información de etiquetas NFC, intercambiar información con otros dispositivos compatibles e incluso alterar la información de la etiqueta NFC si está autorizado.

- **Pasivos:** el dispositivo pasivo utiliza el campo de radio frecuencia generada por un dispositivo activo y contiene información que otros dispositivos autorizados pueden leer. (Kumar, 2011).

2.2.2 Clases de etiquetas

La tecnología NFC posee 4 tipos de etiquetas, cada clase se refiere a la velocidad y compatibilidad entre la etiqueta y el lector NFC.

- **Tipo 1:** poseen protección para colisión de datos y pueden ser establecidas para leer y reescribir o simplemente leer. El tipo 1 posee 96 bytes de memoria, que resultan suficientes para un URL o una pequeña cantidad de información.
- **Tipo 2:** también poseen protección para colisión de datos y pueden ser de reescritura o lectura solamente. Empiezan con 48 bytes de memoria, pero se pueden expandir y ser tan grandes como una etiqueta de tipo 1. La velocidad de comunicación es la misma para el tipo 1 y tipo 2.
- **Tipo 3:** También equipada con protección para colisión de datos, posee mayor memoria y velocidad con respecto al tipo 1 y 2. Su mayor tamaño en memoria le permite mantener códigos más complejos que las URL, su costo de creación es mayor.
- **Tipo 4:** Posee protección para colisión de datos. La etiqueta se establece como regrabable o solo lectura cuando se fabrica, y esta configuración no puede ser modificada por el usuario. La etiqueta posee 32 Kbyte y mayor velocidad con respecto a las otras etiquetas. (NFC, 2017)

2.2.3 Roles NFC

Los roles definen como los dispositivos activos y pasivos responde durante la comunicación NFC.

- **Lector/Escritor y tarjeta:** una transacción típicamente ocurre entre un dispositivo activo que envía señales y recibe información y un dispositivo pasivo que envía información. El lector/escritor es el dispositivo activo y la tarjeta es la etiqueta NFC que es un dispositivo pasivo.
- **Iniciador y objetivo:** NFC puede crear compartición peer-to-peer entre dispositivos. EL dispositivo que envía la invitación es el

iniciador y el dispositivo que recibe las instrucciones y responde es el objetivo. (NFC, 2017).

2.2.4 Estandarización

Los estándares existen para asegurarse que todas las formas de NFC puedan interactuar con otros dispositivos NFC compatibles y nuevos dispositivos en el futuro.

Para NFC existen dos grandes estándares de especificaciones:

- **ISO/IEC 14443:** define las tarjetas ID usadas para almacenar información, como las que se encuentran en las etiquetas NFC.
- **ISO/IEC 18000-3:** es un estándar internacional para todos los dispositivos que se comunican de manera inalámbrica a la frecuencia de 13.56 MHz. Los dispositivos deben estar a 4 centímetros de distancia para que puedan transmitir información. Las normas explican como un dispositivo y la etiqueta NFC que está leyendo deben comunicarse. (NFC, 2017)

2.2.5 Ventajas de NFC

- Pagos sin contacto.
- Intercambio de información.
- Transporte.
- Cuidado de la salud.
- Redes Sociales.
- Comunicación del personal.
- Actualizaciones en tiempo real.

2.2.6 Desafíos de NFC

Seguridad: NFC utiliza ondas de radio para transferencia de datos y sus problemas de crecimiento están en aumento. Los datos que están siendo transferidos pueden ser interrumpidos, analizados y modificados. Los posibles ataques de seguridad en NFC pueden ser categorizados como:

- **Escucha:** cuando un dispositivo secreto escucha la transacción privada entre dos dispositivos.

- **Corrupción de datos:** un dispositivo intercepta los datos, los altera y posteriormente los envía. Si el usuario realiza alguna transacción con la información alterada, no va a obtener la salida deseada debido a la misma.
- **Manipulación de datos:** el dispositivo manipula los datos durante la transmisión. (Kumar, 2011).

2.2.7 Evasión de colisiones

El protocolo parte del principio: escuchar antes de hablar. Cuando el iniciador necesita comunicarse, primero debe asegurarse que no existe otra comunicación en curso para no interrumpirla. Si ocurre el caso en que dos objetivos responden al mismo tiempo, la colisión será detectada por el iniciador. (Kumar, 2011)

2.2.8 Protocolo de Flujo

El protocolo puede ser dividido en:

- **Protocolo de inicialización:** comprende la evasión de colisiones y selección de objetivos, en donde el iniciador determina el modo de comunicación y la velocidad de transferencia.
- **Protocolo de transporte:** se divide en tres partes:
 - Activación del protocolo, que incluye la solicitud de atributos y la selección de parámetros.
 - El protocolo de intercambio de datos.
 - La desactivación del protocolo incluyendo la desección y la liberación.

Durante una transacción, el modelo y el rol no cambian hasta que la comunicación finalice. Sin embargo, la velocidad de transferencia de datos puede cambiarse mediante un cambio de parámetro. (Kumar, 2011)

2.2.9 NFC y el Internet de las Cosas

NFC ofrece lo siguiente como un aporte para el IoT:

- **Fácil acceso a la red e intercambio de datos:** NFC permite que el proceso de conectar dispositivos sea fácil e intuitivo. No se necesita un handshake o requisitos de entrada. Simplemente tap and go.

- **Control de usuario con intención expresada:** NFC ofrece un medio simple e intuitivo de indicar la intención del usuario de iniciar la acción. Un toque rápido lo deja claro.
- **Seguridad de los datos en múltiples niveles:** Las redes abiertas brindan oportunidades a los hackers. Contadores NFC con funciones integradas que limitan las oportunidades de escucha y las opciones de fácil implementación para protecciones adicionales que coincidan con cada caso de uso.
- **La habilidad de conectar lo no conectado:** NFC resuelve el problema de los objetos desconectados que carecen de acceso a la red. Al incrustar etiquetas NFC en los objetos desconectados, se añade inteligencia en cualquier lugar. Con un dispositivo NFC activo se puede abrir una URL y proporcionar acceso a la información en línea. (NFC-Forum, 2017)

2.2.10 Ejemplo.

NFC Ring



Figura 5. Anillo NFC

Tomado de (NFC Ring, 2017)

La figura 5 es un anillo con tecnología NFC que permite desbloquear el teléfono simplemente deslizándolo por la parte posterior del mismo. EL anillo posee dos etiquetas NFC, una para información pública y otra para cosas más sensibles. EL anillo NFC sirve para abrir puertas, simplemente asegúrate de que la cerradura soporte NFC para que tu anillo pueda interactuar con ella. EL anillo es resistente al agua y ha sido probado a una profundidad de 50 m. Además permite

compartir y transferir información, enlaces a sitios web, enlaces a fotos, información de contacto. La principal característica del anillo NFC es que nunca necesita cargarse. (NFC Ring, 2017). Las especificaciones técnicas del producto se las puede encontrar en el Anexo 2.

2.3 Bluetooth

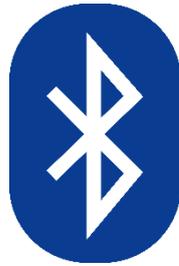


Figura 6. Logo de Bluetooth

Tomado de (Bluetooth, 2017)

Es una tecnología inalámbrica estándar para el intercambio de información a corta distancia. Fue inventada por Ericsson en 1994. Bluetooth es administrado por el Bluetooth Special Interest Group (SIG), el cual tiene más de 30000 compañías miembro en el área de telecomunicaciones, computación, redes. El objetivo de este grupo es fundamentalmente promover actividades relativas a mejorar la interoperabilidad de forma que se desarrolle el mercado de mejor manera. La IEEE estandarizó a Bluetooth como 802.15.1. Bluetooth permite crear una red personal de dispositivos (PAN), opera en la banda libre de los 2,4 GHz. En la figura 6 se puede apreciar el logo de Bluetooth

2.3.1 Funcionamiento de Bluetooth

Cuando dos dispositivos Bluetooth desean comunicarse, primero necesitan parearse. La comunicación entre dispositivos Bluetooth ocurre a través de redes ad hoc de corto alcance conocidas como piconet. Una piconet es una red de dispositivos mediante tecnología Bluetooth. Cuando una red es establecida, un dispositivo asume el rol de maestro mientras que los demás dispositivos son esclavos. Las redes piconet son establecidas dinámicamente y automáticamente mientras los dispositivos entran y salen del área de cobertura. (Bluetooth, 2017)

2.3.2 Aplicaciones

Bluetooth es el estándar inalámbrico escalable e interoperable que potencia la innovación de IoT en todos los mercados. Las aplicaciones actuales de Bluetooth son:

- **Automóviles:** a través de nuevas aplicaciones para monitorear y diagnosticar el sistema eléctrico y mecánico. También se planea crear un sistemas de monitoreo de signos vitales de un conductor.
- **Electrónica de consumo:** Bluetooth es la tecnología detrás del audio streaming.
- **Automatización del hogar:** permite la conexión segura de billones de teléfonos inteligentes, tablets y computadores existentes en el mercado. Permite a la gente monitorear y controlar desde el sistema de seguridad hasta cerraduras de puertas y ventanas con aplicaciones fáciles de usar.
- **Medicina y salud:** permitió la creación de dispositivos que permiten monitorear y controlar la salud de un individuo en tiempo real como: Monitores de glucosa en la sangre, monitores de frecuencia cardiaca, oxímetros de pulso, etc. Que pueden conectarse a los dispositivos Bluetooth compatibles existentes. Bluetooth permite diseñar dispositivos médicos extremadamente pequeños y energéticamente eficientes.
- **Teléfonos Inteligentes.**
- **PC's y periféricos.** (Bluetooth, 2017)

2.3.3 Emparejamiento de dispositivos

La comunicación Bluetooth no se valida por defecto. La autenticación normalmente se realiza utilizando códigos PIN, que son cadenas ASCII de hasta 16 caracteres. Los usuarios deben introducir el mismo PIN en los dispositivos para posteriormente generar una clave de enlace. La clave de enlace se almacena en los dispositivos y la siguiente vez que se comuniquen será reutilizada. Si la clave de enlace se pierde, se debe volver a ejecutar el procedimiento de emparejamiento. (Bluetooth, 2017)

2.3.4 Bluetooth y el IoT

El Bluetooth 5 transforma la conectividad inalámbrica, proporcionando un aumento de cuatro veces en el alcance, el doble de la velocidad de transmisión y un potente aumento del 800% en la capacidad de difusión, todo ello en conjunto con la baja eficiencia energética disponible desde Bluetooth 4.2. Con soporte para redes mesh y el protocolo de internet, Bluetooth expande el universo IoT, incluyendo las redes a gran escala. (Bluetooth, 2017)

2.3.5 Ejemplo

Amazon Echo



Figura 7. Producto Amazon Echo

Tomado de (Amazon, 2017).

Amazon Echo es un altavoz manos libres que se puede controlar con la voz. A través de su conexión con su servicio de voz Alexa permite reproducir música, brinda información, noticias, resultados deportivos, tiempo, etc., de manera instantánea. Echo posee siete micrófonos y la tecnología de formación de haz que le permite escuchar incluso si se encuentra reproduciendo música. Además posee un altavoz que puede llenar cualquier sala con sonido inmersivo de 360°. Si se posee más de un Echo en el hogar, basta con decir “Alexa” y responderá inteligentemente desde el Echo más cercano.

Echo proporciona un control de voz para Amazon Music, también busca música por letra, lanzamiento de la canción o álbum. Ofrece también control a Pandora,

Spotify, iHeartRadio y TuneIn. Posee Bluetooth que le permite transmitir servicios de música muy conocidos como iTunes desde el teléfono o la Tablet.

Echo nos permite manipular luces, ventiladores, termostatos, interruptores y demás productos de WeMo, Philips Hue, SmartThings, Insteon, Nest, ecobee y Wink. (Amazon, 2017). EN la figura 7 se puede apreciar Amazon Echo. Las especificaciones técnicas del producto se las puede encontrar en el Anexo 3.

2.4 Weightless



Figura 8. Logo de Weightless

Tomado de (Weightless, 2017)

Weightless ofrece conectividad inalámbrica para redes de área amplia (LPWAN) de baja potencia diseñadas específicamente para IoT. Weightless puede operar en la banda libre de 1 GHz y en espectro licenciado. En la figura 8 se puede apreciar el logo de Weightless. La tecnología está regida por el Weightless Special Interest Group (SIG), que es una organización mundial sin fines de lucro formada para coordinar las actividades necesarias para ofrecer la mejor tecnología de IoT en el mundo. El SIG se encarga de:

- Desarrollar el estándar abierto de la tecnología LPWAN para la conectividad IoT.
- Gestionar la evolución continua, la innovación y las actualizaciones del estándar.
- Administrar la política IPR.
- Gestión de conflictos legales.
- Comunicar y difundir la tecnología
- Gestionar pruebas, certificación y licencias de la tecnología.

- La conectividad LPWAN ofrece la capacidad de largo alcance de las tecnologías basadas en GSM con el bajo costo y bajo consumo energético de LAN/PAN.
- Es fundamental que la tecnología sea un estándar global abierto, en lugar de una tecnología patentada, para garantizar un bajo costo y bajo riesgo, además de maximizar la innovación continua. Weightless permite que productos de IoT con batería de larga duración y ultra bajo costo se desplieguen rápida y económicamente alrededor del mundo.

2.4.1 Capacidad

La tecnología Weightless nos ofrece:

- FDMA+TDMA en canales de banda estrecha de 12.5 KHz que ofrecen una capacidad óptima para el tráfico ascendente dese un gran número de dispositivos con tamaños de carga útil moderados.
- Opera en toda la gama de bandas exentas de licencia ISM/SRD 169/433/470/780/868/915/923 MHz.
- Asignación flexible de canales para la reutilización de frecuencias en despliegues a gran escala.
- Data rate adaptivo desde 200 bps hasta 100 kbps para optimizar el uso de recursos de radios dependiendo de la calidad del enlace.
- Transmite control de potencia para enlace ascendente y descendente para reducir la interferencia y maximizar la capacidad de la red.
- Estaciones base sincronizadas en el tiempo para una eficiente programación y utilización de los recursos radioeléctricos.

2.4.2 Calidad de Servicio

- Soporta el tráfico que se origina en la red y el originado por el dispositivo.
- Capacidad de paginación
- Baja latencia en el enlace ascendente y descendente
- Forward Error Control (FEC)
- Solicitud de retransmisión automática (ARQ)
- Codificación de canal adaptivo (ACC)
- Handover

- Roaming

2.4.3 Rango

- Tasa de datos bajas con codificación de canal proporcionan presupuesto de enlace similar a otras tecnologías LPWAN
- 2 km en entorno urbano.

2.4.4 Confiabilidad

- Comunicaciones totalmente reconocidas.
- Retransmisión automática en caso de fallo.
- Sincronización de frecuencia y tiempo.
- Soporta canales de banda estrecha de 12.5 KHz con salto de frecuencia para robustez a interferencias multipath e interferencia de banda estrecha.

2.4.5 Energía

- GMSK y la modulación offset QPSK para na eficiencia optima del amplificador de potencia.
- Modulación de offset QPSK usando Spread Spectrum para mejorar la calidad del enlace en entornos de radio ocupados.
- Trasmite hasta 17 dBm para permitir el funcionamiento de baterías de celda de moneda.
- Adaptable, para maximizar la duración de la batería.
- Consumo de energía en estado cuando está por debajo de 100uW.

2.4.6 Seguridad

- Autenticación en la red.
- Encriptación AES-128/256
- Gestión y programación de recursos de radio en toda la red para garantizar la calidad de servicio a todos los dispositivos.
- Soporte para actualización de firmware y negociación o reemplazo de claves de seguridad

2.4.7 Estándar

- Garantiza la interoperabilidad entre fabricantes.
- Provee soporte multivendedor para estimular la innovación en curso y minimizar los costos para el usuario final

- Brinda la fiabilidad y rendimiento de las tecnologías celulares a una fracción del costo evitando cualquier problema de compatibilidad heredada o de retro compatibilidad. (Weightless, 2016)

2.5 Zig Bee



Figura 9. Logo de ZigBee

Tomada de (Zigbee Alliance, 2017)

Es una tecnología inalámbrica desarrollada como un estándar global abierto ante las necesidades de redes M2M inalámbricas de bajo consumo. La idea de redes inalámbricas de muy bajo costo surgió en 1997, cuando Robert Poor se preguntó: ¿Qué pasaría si las radios y los microprocesadores fueran libres? Fue entonces cuando se dieron cuenta que se debía tener una tecnología:

- De bajo costo.
- Fácil de instalar
- Confiable

Opera con la especificación de radio física IEEE 802.15.4 y en bandas sin licencia, incluyendo 2.4GHz, 900 MHz y 868 MHz. (Mx Alliance, 2004). En la figura 9 se puede apreciar el logo de Zigbee.

Un sistema Zigbee posee tres tipos de dispositivos:

- **Coordinador Zigbee (ZC):** el coordinador forma la raíz del árbol de la red y puede conectar a otras redes. Solamente existe un coordinador por red. Almacena información sobre la red, actuando como el centro de confianza y el repositorio de claves de seguridad.
- **Router Zigbee (ZR):** ejecuta funciones de aplicación y puede actuar como un Router intermedio transportando datos de otros dispositivos.

- **Dispositivo final Zigbee (ZED):** solo posee funcionalidad para comunicarse con el nodo padre. No retransmite datos de otros dispositivos. EL dispositivo final requiere mínima cantidad de memoria motivo por el cual son menos costosos de fabricar que un coordinador o un Router. (Zigbee, 2017)

2.5.1 Funcionamiento Zigbee

Zigbee básicamente utiliza radios digitales para permitir que los dispositivos se comuniquen entre ellos.

Los datos de Zigbee se transfieren en dos modos:

- **Beacon Mode:** en este modo los coordinadores y los Router monitorean continuamente el estado de los datos entrantes, consumen más energía. Si la transmisión de un mensaje fue completada los dispositivos pasan a un estado inactivo
- **Non-beacon Mode:** en este modo los dispositivos finales están en estado inactivo casi siempre. Los dispositivos se colocan en estado activo en un intervalo aleatorio para confirmar su presencia en la red.

Zigbee utiliza el servicio de descubrimiento, que es el proceso por el cual se descubren dispositivos dentro de la red. El servicio se basa en preguntas/solicitudes que se envían por broadcast o unicast. Existen dos formas de realizar las peticiones de descubrimiento de servicio:

- Petición de dirección IEEE: es unicast y se asume que la dirección NWK es conocida.
- Petición de dirección NWK: es por broadcast y lleva la dirección IEEE como datos de negociación de parámetros.

Las respuestas a las peticiones broadcast o unicast dependen del dispositivo:

- Terminal: responde enviando su propia dirección IEEE o NWK.
- Coordinador: responde enviando su propia dirección IEEE o NWK y las direcciones IEEE o NWK asociadas al mismo.

- Router: responde enviando su propia dirección IEEE o NWK y las direcciones de todos los dispositivos que tiene asociados. (Moreno, 2007)

2.5.2 Topología

Zigbee soporta varias topologías como son:

- **Árbol:** Los nodos ruteadores o el nodo coordinador son conocidos como padres, mientras que los dispositivos finales son conocidos como hijos. Un nodo hijo es el que recientemente ingresa a la red y solo puede tener un padre. Esta topología puede interpretarse como un árbol donde el coordinador es la raíz y los nodos finales son las hojas.
- **Estrella:** el coordinador es el responsable de iniciar y administrar los dispositivos a través de la red. Todos los demás dispositivos se denominan dispositivos finales y se comunican directamente con el coordinador. Esta topología es muy utilizada en industrias donde todos los dispositivos finales necesitan comunicarse con el controlador central. Esta topología es simple y fácil de implementar.
- **Malla:** los nodos ruteadores pueden tener nodos hijos y los nodos terminales solo pueden intercambiar información con sus nodos padres. Esta topología permite que cualquier dispositivo se comunique con cualquier nodo adyacente para proporcionar redundancia de datos, así si existiese un fallo en algún nodo, la información se enruta automáticamente a otro dispositivo. (Dignani, 2017)

2.5.3 Aplicaciones

- Smart Homes
- Automatización Industrial
- Medicina

2.5.4 Estandarización

La especificación y difusión de Zigbee se debe al Zigbee Alliance. La Zigbee Alliance fue fundada en el 2002, es una organización abierta y sin fines de lucro que han creado un floreciente ecosistema global. Esta fundamentalmente conformada por empresas, universidades y agencias gubernamentales de todo

el mundo. Y fueron ellos precisamente quienes definieron que Zigbee se construya bajo el estándar IEEE 802.15.4. (Zigbee Alliance, 2017)

2.5.5 Ventajas

- La creación de nuevas redes es muy simple y fácil.
- No posee controlador central y las cargas se distribuyen uniformemente a través de la red.
- Baterías de larga duración.
- Estructura de red flexible
- Soporta gran cantidad de nodos. (Zigbee Alliance, 2017)

2.5.6 Seguridad

Zigbee utiliza la seguridad de capa MAC. Zigbee puede proteger mensajes transmitidos a través de un solo salto utilizando marcos de datos MAC protegidos, pero para la mensajería multisalto se basa en la parte superior para mayor seguridad. La capa MAC utiliza el estándar de cifrado avanzado (AES) como su algoritmo criptográfico principal. AES puede proteger la confidencialidad, integridad y autenticidad de los marcos MAC. La capa MAC realiza el procesamiento de seguridad, mientras que las capas superiores configuran las claves y determinan los niveles de seguridad para usar y controlar este procesamiento. Cuando la capa MAC recibe o transmite un marco con seguridad habilitada, observa el origen y destino de la trama, recupera la clave asociada y luego utiliza la clave para procesar el marco de acuerdo con el conjunto de seguridad designado para la misma. Cada clave posee un conjunto de seguridad único y el encabezado del marco MAC tiene un bit que especifica si la seguridad se encuentra o no habilitada. Además existe un elemento llamado Centro de validación (Trust Center) que es el encargado de proporcionar claves de seguridad, la clave del enlace y la clave de red. EL centro de confianza posee 2 modos de operación:

- Modo comercial: se mantiene una lista de dispositivos, claves maestras, claves de enlace y claves de red. Cuando aumentan los dispositivos en la red se requiere mayor cantidad de memoria.

- Modo residencial: solo mantiene la calve de red y no se realiza ningún control para verificar si algún intruso modifico el contador de tramas. (Dignani, 2012).

2.5.7 Ejemplo

Homey



Figura 10. Producto Homey

Tomado de (Athom, 2017)

En la figura 10 se puede apreciar a Homey. El artículo se conecta a todos los dispositivos y permite acceder hacia ellos desde un lugar central. Permite que se los pueda controlar a través de la voz, el teléfono inteligente o el establecimiento automático de reglas.

Homey puede ser configurado utilizando una PC o Mac. La finalidad es conectar la mayor cantidad de productos presentes en el hogar, sin importar la marca o la tecnología que estos utilicen. Aparte de Zigbee y Bluetooth, homey es compatible con 8 tecnologías inalámbricas. Homey permite registrar los eventos de los dispositivos para posteriormente revisarlos y ver lo que realmente sucede en casa. Además, gracias al editor de flujo permite incluso crear reglas que ayuden a ahorrar energía. (Athom, 2017). Las especificaciones técnicas del producto se las puede encontrar en el Anexo 4.

2.6 Wi-Fi



Figura 11. Logo de Wi-Fi

Tomado de (Wi-Fi, 2017)

Es una tecnología de redes que utiliza ondas de radio para permitir la transferencia de datos a alta velocidad en distancias cortas. El término Wi-Fi sugiere la fidelidad inalámbrica (Wireless Fidelity).

Es una tecnología que se originó en 1985 por una decisión de la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos que liberó las bandas del espectro de radio de 900 MHz, 2.4 GHz y 5.8 GHz para uso de cualquier persona sin licencia. (The editors of Encyclopedia Britannica, 2016). En la figura 11 se puede apreciar el logo de Wi-Fi.

2.6.1 Funcionamiento de Wi-Fi

Las redes Wi-Fi no poseen conexiones físicas cableadas entre el transmisor y el receptor, la transmisión se realiza mediante la tecnología de radiofrecuencia (RF). En la cual se suministra una corriente RF a una antena y se crea un campo electromagnético que es capaz de propagarse a través del espacio. El elemento fundamental cualquier red inalámbrica es el punto de acceso (AP), cuyo principal objetivo es emitir una señal que los dispositivos puedan detectar y sintonizar. Para esto los dispositivos deben poseer adaptadores de red inalámbricos.

Las bandas de frecuencia disponibles se dividen en varios canales separados. Estos canales se superponen en frecuencia, y por lo tanto Wi-Fi utiliza canales que están muy separados. Dentro de cada uno de estos canales Wi-Fi utiliza la técnica de espectro expandido, que divide a la señal en pedazos y la transmite en múltiples frecuencias. Debido a que las señales Wi-Fi se transmiten muy a menudo en ambientes interiores, la señal puede reflejar paredes, muebles y otros

obstáculos llegando así a múltiples intervalos de tiempo y causando un problema llamado interferencia multitrayecto. Wi-Fi reduce la interferencia multitrayecto combinando tres formas diferentes de transmitir la señal.

2.6.2 Estandarización

El apareamiento y la estandarización de Wi-Fi se la debemos a Wi-Fi Alliance. Wi-Fi Alliance es la red mundial de empresas encargada de convertir a Wi-Fi en una de las tecnologías más valiosas y ampliamente utilizadas en el mundo. Miles de empresas de varios sectores de la industria colaboran con el Wi-Fi Alliance para impulsar la interoperabilidad, adopción y evolución de Wi-Fi a nivel mundial.

Wi-Fi Alliance define tecnologías, programas innovadores basados en estándares Wi-Fi, certifica los productos que cumplen con la calidad, el rendimiento, la seguridad y los estándares de capacidad.

En la actualidad existen más dispositivos Wi-Fi en uso que habitantes en la Tierra, y más de la mitad del tráfico de internet atraviesa las redes Wi-Fi.

Wi-Fi Alliance ha establecido el estándar IEEE 802.11 para la tecnología Wi-Fi. Inicialmente, Wi-Fi se utilizó en la banda de 2.4 GHz con el estándar 802.11b. Sin embargo la Wi-Fi Alliance amplió el uso genérico de Wi-Fi para incluir cualquier tipo de red producto WLAN basado en cualquiera de los estándares 802.11 incluyendo 802.11a, 802.11b, doble banda y demás. (Wi-Fi Alliance, 2017).

2.6.3 Ventajas

- Permite el acceso a usuarios desde cualquier lugar donde exista cobertura.
- Incrementa la productividad de los usuarios debido a que los mantiene siempre conectados mientras recorren la empresa.
- Facilitan la escalabilidad debido a que es necesario solamente la conexión inalámbrica a un punto de acceso para ingresar a la red.
- Se ahorra la administración y tendido de conexiones cableadas para conectar usuarios. (Wi-Fi Alliance, 2017)

2.6.4 Wi-Fi y el IoT

2.6.4.1 Rango

Las redes Wi-Fi poseen un rango limitado de aproximadamente 32 metros en ambientes interiores y 95 metros en exteriores. Si se necesita mayor cobertura una solución sería instalar más puntos de acceso.

2.6.4.2 Confiabilidad

Wi-Fi provee un alto grado de inmunidad a la interferencia. A veces, las conexiones Wi-Fi pueden ser interrumpidas o la velocidad puede decrementar por poseer numerosos dispositivos en determinada área. Sin embargo, este tipo de interferencia no es un problema para las bajas tasas de transferencias de datos que tendremos con IoT.

2.6.4.3 Seguridad e Integridad

Wi-Fi posee seguridad WPA2, y los proveedores de sistemas Wi-Fi han estado construyendo soluciones de infraestructura a gran escala altamente fiables, de misión crítica a lo largo de los años.

2.6.4.4 Aprovechamiento de Infraestructura

Wi-Fi se encuentra trabajando en gran número de lugares, es por esto que se puede implementar IoT basado en la infraestructura disponible Wi-Fi.

2.6.4.5 Flexibilidad

EL estándar 802.11ah que está en desarrollo exige acceso a la banda sin licencia de 900 MHz y potencialmente otro espectro sin licencia por debajo de 1GHz, para IoT. Estas frecuencias se adaptan bien a las aplicaciones de IoT, donde importa más las características de propagación favorables y no el ancho de banda. (Pacelle, 2014)

2.6.5 Ejemplo

Nest Learning Thermostat



Figura 12. Producto Nest Learning Thermostat

Tomado de (Nest, 2017)

En la figura 12 se puede apreciar al Nest Learning Thermostat. Nest aprende tus gustos en cuanto a temperatura y se programa automáticamente en aproximadamente una semana. Nest se apaga automáticamente cuando nadie está en casa con el fin de ahorrar energía.

Cuando conectamos el termostato a Wi-Fi se lo puede controlar desde el teléfono o computador portátil. Una de las características más importantes es que cuando un usuario ingresa a la habitación Nest se ilumina para mostrarle la hora, la temperatura o el clima. (Nest, 2017). Las especificaciones técnicas del producto se las puede encontrar en el Anexo 5.

2.7 Z-Wave



Figura 13. Logo de Z-Wave

Tomado de (Z-wave, 2017)

Es una tecnología inalámbrica, interoperable basada en RF diseñada especialmente para el control, monitoreo y lectura de estado en ambientes residenciales y comerciales ligeros. Zwave fue desarrollada por la empresa danesa Zensys, Inc en el 2004. Zwave está basado en los conceptos de Zigbee, sin embargo su principal objetivo es construir dispositivos más simples y de menor costo. Posee alrededor de 70 millones de productos en todo el mundo. (Z-Wave, 2017). En la figura 13 se puede apreciar el logo de Z-wave

2.7.1 Funcionamiento de Z-wave

Z-wave se basa en una topología tipo malla. Cada uno de los dispositivos presentes en la red se convierte en repetidores de señal. Los dispositivos Z-wave pueden comunicarse punto a punto hasta 36 metros, y pueden lograr los 100 metros con el salto de señales. Cada red Z-wave puede soportar hasta 232 dispositivos. (Z-Wave, 2017).

Para configurar y controlar una red Z-wave se necesita de un controlador central. Cada producto debe ser incluido en esta red para posteriormente poder controlarlo. Cada red Z-wave es identificada por un ID de red y además cada dispositivo presente en la red posee un ID de nodo. El ID de red tiene una longitud de 4 bytes y es la identificación común de todos los nodos pertenecientes a la red lógica. El ID de nodo tiene una longitud de 1 byte y es la dirección del dispositivo.

Los dispositivos tienen la capacidad de comunicarse entre sí a través de nodos intermedios a fin de eludir obstáculos del hogar. Sin embargo debido a los saltos se puede introducir un ligero retardo entre el comando de control y el resultado deseado. Z/wave asume que todos los dispositivos de la red permanecen en su posición original detectada. Por lo tanto, los dispositivos móviles, como los controles remotos, están excluidos del enrutamiento. (Smarthome, 2017).

2.7.2 Aplicaciones

- Control del hogar y gestión remota.
- Seguridad en el hogar.
- Entretenimiento en el hogar.
- Dispositivos inteligentes.

2.7.3 Estandarización

Z-wave opera en la sub banda de 1GHz, en Ecuador específicamente 908.40 MHz y 916.00 MHz. Las capas PHY y MAC están definidas por la recomendación UIT-t G.9959. (Z-Wave Alliance, 2017).

La Z-Wave Alliance fue establecida en el 2005 y está compuesta por líderes de la industria en todo el mundo dedicados al desarrollo y extensión de Z-wave como tecnología clave para aplicaciones domésticas y empresariales inteligentes. Además la Z-Wave Alliance es la encargada de la difusión de Z-Wave como el estándar de confianza para el control inalámbrico, asegurar la interoperabilidad entre sistemas y dispositivos de todos los miembros y ofrecer capacitación para desarrolladores, ingenieros e integradores para que amplíen la base de conocimientos y amplíen la penetración de Z-wave en todo el mundo. (Z-Wave Alliance, 2017).

2.7.4 Ventajas de Z-wave

- **Simple instalación:** para empezar a utilizar un dispositivo, basta con añadirlo a la red para posteriormente controlarlo.
- **Flexibilidad y modularidad:** la instalación de la tecnología no requiere de cableado, por lo que facilitan la creación de ambientes inteligentes.
- **Interoperable:** los dispositivos Z-wave pueden operar con otros dispositivos inalámbricos para formar un espacio IoT.
- **Eficiencia energética:** los dispositivos Z-wave son optimizados energéticamente con una típica batería de un año. Además poseen emisiones electromagnéticas súper bajas, estas emisiones son 4000 veces más bajas que un teléfono celular. (Smarter Home, 2017)

2.7.5 Seguridad

Para empezar cada red Z-wave posee un ID único que es asignado a cada dispositivo que conforma la red, EL ID de red es diferente para cada Smart hub. Es por eso que el Smart hub de tu vecino no puede controlar tus dispositivos.

Cabe recalcar que Z-wave utiliza el cifrado AES128 para la encriptación de datos. (Z-Wave Alliance, 2017).

2.7.6 Ejemplo

Schlage Touchscreen Z-wave Smart Lock



Figura 14. Producto Z-wave Smart lock

Tomado de (Z-wave, 2017)

En la figura 14 se puede apreciar a la cerradura Z-wave. Esta cerradura posee una pantalla táctil que proporciona la comodidad de ir sin llave, sin preocuparnos de perder, llevar u olvidar nuestras llaves. La pantalla táctil asegura que los números no serán detectables para los intrusos después de un uso repetido, salvaguardando la seguridad del hogar. La cerradura inteligente Z-wave de Schlage es certificada por BHMA/ ANSI grado 1, que es la calificación residencial más alta. Además, posee un sensor de alarma audible incorporado que alerta sobre actividad en la puerta. (Z-wave, 2017).

2.8 X10



Figura 15. Logo de X10

Tomado de (X10, 2017)

Es un protocolo de comunicaciones que funciona a través de las líneas eléctricas domésticas y es de bajo ancho de banda. Fue inventada en 1970. La tecnología soporta 256 dispositivos en una sola línea eléctrica, los códigos de la casa se escriben desde la letra A hasta la P y cada unidad posee un número decimal entre 1 y 16. Los dispositivos X10 envían alrededor de un comando por segundo, y los comandos son tan simples como "Device A1: turn on". Dichos comandos requieren menos de 1/100 del ancho de banda de una conexión de acceso telefónico. En la figura 15 se puede apreciar el logo de X10.

2.8.1 Funcionamiento de X10

Una red X10 está típicamente conformada por 3 tipos de dispositivos:

- **Controlador:** son los encargados de enviar direcciones y comandos a través de la red para controlar los módulos.
- **Controladores inalámbricos:** transmiten una señal a un receptor central, que transforma las señales en señal X10 para la red.
- **Módulos:** son los módulos de control de luces y equipos. Existen 4 tipos diferentes y son: módulos enchufables, interruptores integrados, micro módulos y módulos para montaje en carril DIN. Los módulos reciben los comandos de los controladores a través de la red.

Para utilizar X10 un controlador se conecta a una toma de corriente estándar o se instala como reemplazo a un interruptor de corriente. Posteriormente, los dispositivos que se gestionaran deben conectarse a un módulo X10, que se encuentra conectado a una toma de corriente normal. Entonces el controlador utiliza el cableado eléctrico para lograr comunicarse con esos módulos.

La transmisión de X10 se encuentra sincronizada con los pasos por cero de la corriente. El uno binario está representado como un pulso de 120 KHz de duración un milisegundo y el cero como la ausencia de ese pulso. Una transmisión completa de un código X10 necesita de 11 ciclos de corriente. Los dos primeros ciclos son para el código de inicio de mensaje, siempre es 1110. Los cuatro siguientes son el código de la casa, y los cinco siguientes son el código de unidad o función. (Cueva, Martínez & Merino, 2002).

2.8.2 Ventajas de X10

X 10 es antiguo, simple y lento. Sin embargo todavía sigue siendo usado en iluminación automatizada y control de dispositivos. Además es capaz de controlar a través de radio frecuencia o teléfono, también existen dispositivos X10 que pueden interactuar con X10, permitiendo así que las redes X10 sean controladas por computadora. X10 ofrece uno de los sistemas más rentables y fáciles de instalar para gestionar tareas de automatización. Pese a sus limitaciones, sigue siendo popular en todo el mundo debido a que sus componentes son menos costosos respecto a otras tecnologías y su simple configuración, que requiere de poco conocimiento técnico para instalar. (Wells, 2009).

2.8.3 Ejemplo

Keychain Remote Control



Figura 16. Producto keychain Remote Control

Tomado de (X10, 2017)

En la figura 16 se puede apreciar al keychain remote control. Es un control remoto compacto, ultra pequeño que cabe en un llavero. Posee 6 botones de los cuales dos son juegos de encendido y apagado y los dos botones restantes son de atenuación. Con este llavero se puede controlar dos diferentes códigos X10. Es ideal para encender y apagar luces al entrar y salir de la casa. El producto nos ofrece las siguientes ventajas:

- Operación móvil y automatización de luces y electrodomésticos.
- Posee capacidades de atenuación.

- Brinda una garantía de 120 días por parte de los fabricantes.

Para que la señal del control remoto alcance todos los módulos X10, necesita al menos un transceptor inalámbrico, generalmente el transceptor inalámbrico TM751. (X10, 2017).

2.9 Long Term Evolution



Figura 17. Logo de LTE

Tomado de (3GPP, 2017)

Long Term Evolution ha logrado consolidarse como una de las tecnologías más rápidas existentes. La tecnología fue introducida comercialmente en Diciembre del 2009 en Noruega por la empresa TeliaSonera, y llegó a los Estados Unidos en el 2010 gracias a Verizon Wireless. (Verizon, 2013). En la figura 17 se puede apreciar el logo de Long Term Evolution.

LTE o E-UTRAN es la parte de acceso del Evolved Packet System (EPS). Los principales requerimientos para la nueva red de acceso son una alta eficiencia espectral, tasas de datos de pica altas, tiempo corto de respuestas así como flexibilidad en frecuencia y ancho de banda.

EL EPS es netamente basado en IP. Los servicios en tiempo real al igual que los de datos serán transportados por el protocolo IP. La dirección IP se asigna cuando el móvil se enciende y se la libera cuando el móvil está apagado. La nueva solución de acceso LTE está basada en OFDMA y en combinación con modulación de orden superior, anchos de banda grandes y multiplexación espacial en el enlace descendente se pueden conseguir altas velocidades de datos. La tasa de datos máxima teórica para el canal ascendente y descendente

de 75 Mbps, sin embargo utilizando la multiplexación espacial se puede llegar a 300 Mbps.

La red de acceso LTE es simplemente una red de estaciones base evolucionadas NodeB (eNB) que conforman una arquitectura plana. La razón para distribuir la inteligencia entre las estaciones base en LTE es acelerar la configuración de la conexión y reducir el tiempo requerido para el handover. Para los usuarios finales el tiempo de configuración de la conexión para una sesión de datos en tiempo real es crucial, especialmente en ciertas aplicaciones como juegos en línea. El handover es esencial para los servicios en tiempo real donde los usuarios tienden a finalizar las llamadas si el handover toma demasiado tiempo. Para permitir el despliegue alrededor del mundo, con el apoyo de la mayor cantidad de requerimientos normativos posibles, LTE se desarrolla para una serie de bandas de frecuencias que actualmente van desde los 700 MHz hasta los 2.7GHz. Además los anchos de banda también son flexibles a partir de 1.4 MHz hasta 20 MHz. LTE fue desarrollado para soportar la duplexación por división de tiempo (TDD) y la duplexación por división de frecuencia (FDD). (3 GPP, 2017).

Las principales motivaciones para el lanzamiento de LTE fueron:

- La necesidad de asegurar la continuidad de la competitividad de 3G para el futuro.
- La demanda de los usuarios por mayores tasas de datos y calidad de servicio.
- Sistema de conmutación de paquetes optimizado.
- Continúa reducción de costos (CAPEX y OPEX).
- Evitar la fragmentación innecesaria de tecnologías para bandas emparejadas y no emparejadas de operación. (3 GPP, 2017)

2.9.1 Estandarización

La estandarización de LTE está a cargo de 3 GPP. El 3rd Generation Partnership Project (3 GPP) fue creado en 1998 y une a organizaciones de desarrollo de estándares de telecomunicaciones, y estos son:

- Association of Radio Industries and Businesses - Japan (ARIB).
- Alliance of Telecommunications Industry Solution – USA (ATIS).
- China Communications Standards Association (CCSA).
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI).
- Telecommunications Standards Development Society – India (TSDSI).
- Telecommunications Technology Association - Korea (TTA).
- Telecommunication Technology Committee – Japan (TTC).

El Proyecto cubre las tecnologías de redes de telecomunicaciones celulares, incluyendo el acceso por radio, la red principal de transporte y las capacidades de servicio incluyendo el trabajo en códec, seguridad, calidad de servicio y por lo tanto proporciona especificaciones completas del sistema. (3 GPP, 2017).

2.9.2 Ventajas

- La arquitectura completa de LTE es IP.
- LTE soporta MIMO y se puede obtener una mayor velocidad de datos.
- LTE utiliza SC-FDMA en el canal ascendente, lo que permite que los terminales móviles tengan baja potencia durante las transmisiones y se mejore el ciclo de vida de la batería.
- LTE utiliza OFDMA en el enlace descendente, debido a esto aumenta la capacidad de la red ya que diferentes usuarios utilizan diferentes canales para acceder al sistema.

2.9.3 LTE y el IoT

LTE ofrece una gran cantidad de nuevas oportunidades de negocios a fabricantes de dispositivos no tradicionales basados en dispositivos conectados a internet que nunca antes habían estado conectados. Dispositivos que crean gran eficiencia en casas, negocios, transporte, energía, agricultura, cuidado de la salud, seguridad y más.

La naturaleza plana e inclusiva de la arquitectura IP de LTE lo hace ideal para aplicaciones de IoT, aparte de ofrecer seguridad incorporada junto a capacidades de administración de tráfico robustas y escalables. Sin embargo el principal diferenciador par LTE en IoT es el factor económico debido a que es

significativamente más eficiente que 2G y 3G y por ende el transporte de datos en LTE puede realizarse un menor costo por bit.

Se considera que LTE es dos o tres veces más eficiente que 3G y alrededor de 20 veces más eficiente que 2G. Se ha estimado que enviar datos a través una red 2G cuesta un dólar y que los mismos datos a través de LTE solo cuestan cinco centavos. Debido a esto los operadores de todo el mundo se encuentran migrando de 2G y 3G a LTE rápidamente.

La base para la ola creciente de desarrollo de dispositivos son los chipsets compatibles con LTE. Los chipsets LTE son altamente optimizados para los dispositivos M2M y IoT e incluyen consumo de energía extremadamente bajo, software personalizable que facilitan la integración para muchos fabricantes de dispositivos no tradicionales sin experiencia inalámbrica. En general, los chipsets LTE ofrecen un equilibrio ideal entre la funcionalidad y el costo a través de una relación precio/rendimiento. (Tassin, 2017).

2.10 EnOcean



Figura 18. Logo de EnOcean

Tomado de (EnOcean, 2017)

Es una tecnología inalámbrica que utiliza una combinación de recolección de energía y comunicaciones inalámbricas de muy baja potencia permiten la creación de soluciones innovadoras de sensores si la necesidad de mantenimiento, cuyo logo se puede apreciar en la figura 18. (EnOcean, 2017)

2.10.1 Funcionamiento de EnOcean

Los módulos utilizan el principio de recolección de energía, en el que obtienen energía del entorno, para alimentar a los distintos sensores. La tecnología incluye convertidores de energía que convierten las variaciones de movimiento, luz o temperatura en energía eléctrica. Gracias a su sistema de gestión de

energía eficiente se facilita la comunicación entre dispositivos IoT basados en una gran variedad de estándares inalámbricos como ZigBee y Bluetooth.

EnOcean es capaz de generar una señal a partir de una pequeña cantidad de energía. Desde 50 μW se puede transmitir fácilmente a 30 metros, todo esto debido al rápido procesamiento de la señal. Desde el 2001 se encuentran promoviendo la tecnología inalámbrica de recolección de energía y han establecido derechos de propiedad. Más de 65 familias de patentes internacionales cubren aproximadamente 100 patentes nacionales que han sido concebidas con éxitos en Europa, Estados Unidos, Japón y China. Las características de la tecnología permiten una comunicación altamente eficiente en energía. Debido a que gran parte de los cosechadores de energía solo entregan cantidades muy pequeñas de energía, es necesario acumularla mientras el sistema está en reposo, es por esto que los sensores EnOcean solo consumen una cantidad muy pequeña de energía en el orden de los 100 nano Amperios. (EnOcean, 2017)

2.10.2 Aplicaciones

- Automatización de Edificios
- Hogares Inteligentes
- Control de Iluminación inalámbrico.

2.10.3 Ventajas

- Fácil de instalar
- Libre de mantenimiento
- Interoperables
- Dispositivos sin batería

2.10.4 Estandarización

Fue desarrollado en el 2012 y estandarizado en el estándar ISO/IEC 14543.3.1.x. A través del cual define la frecuencia de operación de los dispositivos de acuerdo a la ubicación geográfica así: 868 MHz para Europa y China, 902 MHz para América del Norte y 928 para Japón.

Además de un rango de cobertura de 30 metros en edificios y de 300 metros al aire libre. Junto con una seguridad de datos mejorada con cifrado AES 128.

(EnOcean, 2017)

2.10.5 Ejemplo

BSC Building-Controller Touch



Figura 19. Producto Building-controller Touch

Tomado de (EnOcean, 2017)

En la figura 19 se puede apreciar al Building-controller Touch. Posee un monitor de 15.6" táctil con conexión inalámbrica que permite gestionar todos los sensores presentes en la red, además 5 clientes y 5 cámaras. Posee conexión con smartphones a través de WLAN. Además tiene sistema operativo Linux. Todos los datos y eventos se almacenan en una base de datos de 24 GB por un periodo predefinido. Permite visualizar las posiciones de los actuadores y el consumo de electricidad, gas, agua y calor. Las especificaciones técnicas del producto se las puede encontrar en el Anexo 6.

3. CAPÍTULO III. ANÁLISIS

3.1 Parámetros de análisis

El rango de opciones de tecnologías disponibles para la interconexión de objetos es amplio. Escoger una tecnología es complejo debido a las características beneficios y desventajas que la misma nos puede presentar. Es por eso que según Weightless resulta importante analizar varios parámetros con la finalidad

de tomar decisiones más fácilmente sobre lo que es importante para un determinado caso de uso. Los parámetros que ellos plantean son:

- Capacidad
- Calidad de Servicio.
- Bajo consumo
- Seguridad.

Por otra parte en un artículo publicado por Sujin Samuel, se propone los siguientes parámetros de análisis para las diferentes tecnologías que se pueden encontrar en la red de un SmartHome:

- Interoperabilidad.
- Autogestión.
- Mantenimiento.
- Ancho de banda.
- Consumo de energía.

En otro estudio realizado por Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, y Ayyash en el año 2015 se propone los siguientes parámetros:

- Disponibilidad.
- Fiabilidad.
- Rendimiento.
- Gestión.
- Escalabilidad.
- Interoperabilidad.
- Seguridad.

En la tabla 2 se encuentra un resumen de los parámetros de análisis propuestos en los estudios anteriores.

Tabla 2.

Parámetros de análisis de las tecnológicas

Parámetro	Weightless	Sujin Samuel	Al-Fuqaha y otros
Autogestión		x	
Calidad de Servicio	x		
Capacidad	x	x	
Consumo Energético	x	x	
Disponibilidad			x
Escalabilidad			x
Fiabilidad			x
Gestión			x
Interoperabilidad		x	x
Mantenimiento		x	
Rendimiento			x
Seguridad	x		x

En base a lo anteriormente expuesto, se han seleccionado algunos parámetros de los estudios mencionados y se han añadido varios parámetros de análisis:

3.1.1 Alcance

Se refiere a la capacidad de cubrir una determinada distancia. Este factor debe ser escogido cuidadosamente en base a la aplicación de IoT que se desee implementar. Por ejemplo en el ambiente casero se requiere menor alcance que en un ámbito industrial.

3.1.2 Estándar

“Es un conjunto de reglas que deben cumplir los productos, procedimientos o investigaciones que permiten generar un ambiente de estabilidad y calidad en beneficio del usuario final.” (UNAM, 2017). Es muy importante para una tecnología poseer estándares que la rijan, a fin de no estar ligado solo a ciertos equipos o fabricantes y además permitir la interoperabilidad.

3.1.3 Consumo de energía

Los dispositivos presentes en la red doméstica inteligente poseen la capacidad de determinar el mejor momento para su operación y gracias a esto proporcionan mayor eficiencia en el consumo de energía. A fin de brindar una larga vida a las baterías de los dispositivos el consumo energético debe ser óptimo y eficiente.

3.1.4 Seguridad

Se debe garantizar la seguridad y privacidad de los usuarios en IoT, debido a que se basa en el intercambio de información entre millones de objetos interconectados. El aumento del número de cosas inteligentes que nos rodean con datos sensibles es cada vez mayor y requieren una gestión de control de acceso transparente y fácil, que permita la lectura por parte de un usuario mientras otro puede controlar el dispositivo. (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, y Ayyash, 2015). Es por esto que una solución inalámbrica bien diseñada debe ser capaz de mantener los datos y la privacidad hasta el punto en el que los datos son transferidos a un proveedor de soluciones. Lo que suceda después de este punto se encuentra fuera de control de la solución inalámbrica en cuanto a lo que a datos se refiere. De igual manera un sistema inalámbrico mal diseñado puede brindar oportunidades de ataque que son difíciles de cerrar ya que la actualización de terminales remotos puede dificultarse, especialmente en las redes unidireccionales.

3.1.5 Escalabilidad

Se refiere a la capacidad de agregar nuevos dispositivos, servicios y funciones a los clientes sin afectar de manera negativa a la calidad de los servicios existentes. Los fabricantes deben estar conscientes de que la adición de nuevas operaciones y el soporte de nuevos dispositivos no es una tarea fácil, especialmente debido a las diversas plataformas de hardware y protocolos de comunicaciones que pueden existir en el sistema.

3.1.6 Capacidad

Es uno de los grandes desafíos de IoT. Debido al creciente números de personas y dispositivos, la cantidad de datos ha aumentado considerablemente dando lugar a la necesidad de ancho de banda en los hogares modernos. Es por ello,

que se busca crear una red ligera que permita transferir datos de forma transparente entre dispositivos y servidores.

3.1.7 Costo

Se considera costo a la suma de las partes de un sistema y el costo de los servicios requeridos para que funciones, es por esto que el costo del producto es no es un factor muy relevante (NXP, 2014). Se recomienda que el costo del sistema sea asequible para que pueda ser implementado.

3.1.8 Topología

Se refiere a como están conectados los nodos dentro de la red y la manera en que ellos se comunican. La topología de red afecta de manera directa al rendimiento y costo de la misma. Además que conocer la topología nos ayuda a resolver problemas de conectividad con mayor facilidad.

En la tabla 3 se puede apreciar una comparación de tecnologías con los parámetros anteriormente expuestos.

Tabla 3.

Comparativa de Tecnologías

Tecnología	Alcance	Banda de Frecuencia	Estándar	Consumo de Energía	Seguridad	Escalabilidad	Capacidad	Costo	Topología
RFID	10 cm - 200 m	125 - 134 KHz (LF), 13,56 MHz (HF), 433 MHz, 865 - 956 MHz y 2,45 GHz	ISO 18000	Bajo	Baja	Alta	400 Kbps	Bajo	P2P
NFC	< 0,2 m	13,56 MHz	ISO/IEC 14443, o ISO/IEC 18000-3	Bajo	Baja	Alta	400 kbps	Bajo	P2P

Bluetooth	1 - 10 m	2,4 GHz	802.15.1	Bajo	Alta	5917 esclavos	4 Mbps	Bajo	Estrella
Zigbee	10 - 20 m	2,4 GHz, 868 MHz y 900 MHz	802.15.4	Bajo	Alta	65000 nodos	250 kbps	Medio	Estrella, Malla, Árbol
LTE	VARIABLE, depende de la red celular	700 MHz - 2,7 GHz		Alto	Alta	-	300 Mbps	Alto	Red Celular
Weightless	2 Km	1 GHz		Bajo	Alta	-	200 bps - 100 Kbps	Alto	Red Celular
Wi-Fi	32 m interiores- 95 m exteriores	2,4 GHz	802.11	Alto	Alta	Alta	150 - 600 Mbps	Medio	Estrella
Z-Wave	36 m - 100 m	908,40 MHz y 916 MHz	UIT-t G.9959	Bajo		232 nodos	100 Kbps	Bajo	Malla
X10	15 m	120 KHz		Bajo	Baja	256 dispositivos	120 bps	Bajo	Malla
EnOcean	30 edificios 300 aire libre	868 MHz 902 MHz 928 MHz	ISO/IEC 14543.3 .1.x	Bajo	Media	-	125 kbps	Bajo	Malla

3.2 Tipos de IoT

El mundo de IoT es enorme y a veces muy complejo de entender. Es por esto que dividirlo en categorías resulta sumamente útil para comprender de mejor manera.

Por ello he recopilado varias categorizaciones propuestas por varios autores alrededor del mundo.

Buijserd propone que se lo divida en tres:

- **Consumidor IoT:** se creía que los consumidores no solían gastar enormes cantidades de dinero en nuevas tecnologías. Sin embargo en la

última década esto ha cambiado debido a esta nueva ola de dispositivos inteligentes e interconectados. Al hablar de consumidores debemos pensar en los teléfonos inteligentes, automóviles inteligentes, relojes inteligentes y también en los termostatos inteligentes, electrodomésticos inteligentes, detectores de humo.

- **IoT Comercial:** esta área se enfoca más en el control de inventarios, dispositivos médicos interconectados, rastreadores de las líneas de fabricación y demás componentes que ayuden a que los negocios funcionen de mejor manera.
- **IoT Industrial:** contiene aspectos como medidores eléctricos conectados, monitores de tubería, robots de fabricación y otro tipos de dispositivos y sistemas que ayudan al proceso de producción y brindar la posibilidad a los fabricantes de actuar de forma rápida y preventiva. (Buijserd, 2017).

Por otro lado, Pranav Shree propone la siguiente clasificación:

- **Dispositivos Portátiles:** en esta categoría se debe considerar los teléfonos inteligentes, dispositivos personales Bluetooth y otros dispositivos que juntos pueden formar una red de área personal (PAN). Estos dispositivos lo que necesitan para operar es una aplicación inteligente.
- **Media:** se considera a la música y películas como media. Y está formado por un conjunto de dispositivos Wi-Fi que permiten el funcionamiento de los dispositivos de media.
- **Automatización del Hogar:** son dispositivos de baja latencia que nos permiten monitorear y gestionar nuestro hogar de manera remota y que pueden estar conectados a la nube. Cada vez son más indispensables en la actualidad.
- **Electrodomésticos inteligentes:** debido a la creciente ola del IoT se ha dado cabida a los aparatos inteligentes. Estos aparatos en un futuro no muy lejano estarán presentes en cada hogar y cada vez que exista un requerimiento de rellenar, solo bastara con presionar botones o hacer clic para enviar una solicitud al vendedor local o a cualquier tienda en línea. (Shree, 2015).

RF Wireless World propone una división con respecto a la comunicación, de la siguiente manera:

- **Sensores:** no se comunican con el servidor. Los datos de estos dispositivos suelen transmitirse a un servidor mediante dispositivos Gateway. Normalmente utilizan Zigbee, NFC, Bluetooth y RFID para la comunicación. Generalmente son dispositivos portátiles que requieren tecnologías inalámbricas de bajo consumo.
- La segunda clase de dispositivos se comunica directamente con los servidores centrales para el almacenamiento de datos. Poseen poderosos procesadores y no están limitados por la energía de batería. Pueden poseer funcionalidades de Gateway y admiten diferentes tipos de puertos de comunicación como DSL, FTTH, Wi-Fi, etc. Permiten la conexión con muchos sensores. (RF Wireless World, 2017).

Por otra parte, Texas Instruments propone la siguiente clasificación:

- **Automatización del hogar y edificios:** propone soluciones desde seguridad hasta reducción de costos de energía y mantenimiento.
 - Control de Luz
 - Control de acceso
 - Termostato inteligente
 - Timbre con video
 - Paneles de control
 - Bloqueo inteligente.
- **Ciudades inteligentes:** plantea soluciones para iluminación exterior, vigilancia, conectividad inalámbrica de largo alcance, medidores inteligente, recolección y optimización de energía.
- **Fábricas Inteligentes:** provee soluciones, software y hardware de soporte para crear una fábrica inteligente.
- **Automóviles:** ofrece una amplia gama de soluciones innovadoras para el automóvil moderno.

- **Dispositivos portátiles:** brinda soluciones de energía ultra bajas altamente eficientes.
- **Cuidado de la Salud:** posee soluciones orientadas a mejorar la calidad de vida en base a salud y fitness.

En base a lo anteriormente expuesto, se ha decidido proponer una nueva clasificación de IoT. Para poder identificar de mejor manera las aplicaciones de las tecnologías estudiadas. Que se lo podrá encontrar a continuación, en la tabla 4.

Tabla 4.

Tipos de IoT y sus tecnologías

Tipo de IoT/ Tecnología	RFID			WEIGHTLESS	ZigBee	Wi-Fi	Z-WAVE	X10	lte	
Consumidor										
Media			X			X	X			
Dispositivos Portátiles		X	X			X				
Automatización del Hogar	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Electrodomésticos Inteligentes	X		X	X		X			X	
Comercial										
Control de Inventario	X	X								
Dispositivos Médicos	X	X	X	X	X	X			X	
Automóviles	X	X	X	X		X			X	
Agricultura	X			X					X	
Industrial										
Ciudades Inteligentes				X		X			X	
Energía			X	X	X		X		X	
Fabricas Inteligentes				X	X	X			X	
Smart Transportation				X		X			X	

Para resumir la tabla 4, se ha creado la Tabla 5, en donde se coloca cada tecnología y el número de aplicaciones de la misma.

Tabla 5.

Tecnologías y número de aplicaciones

Tecnología	Nº Aplicaciones Consumidor	Nº Aplicaciones Comercial	Nº Aplicaciones Industrial
RFID	2	4	-
NFC	2	3	-
Bluetooth	4	2	1
Zigbee	1	1	2
LTE	2	2	5
Weightless	2	2	5
Wi-Fi	4	2	3
Z-Wave	2	-	1
X10	1	-	-
EnOcean	1	-	-

Como se puede observar las tecnologías con mayor desarrollo en el hogar son Bluetooth y Wi-Fi. Que pueden ser utilizadas en cualquier aplicación consumidor. La principal ventaja de Wi-Fi es la infraestructura existente en los hogares para conexión, sin embargo una gran limitación es su alto consumo de energía. Por otra parte para Bluetooth la principal ventaja es su bajo consumo energético y la desventaja es que Bluetooth no posee un Gateway de conexión directa con Internet, sin embargo ya existen avances en dicho campo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La necesidad de interconectar dispositivos a Internet es cada día mayor. IoT nos brindara la capacidad de automatizar, monitorear y controlar todo lo que se encuentre alrededor nuestro. En este análisis se pudo revisar las tecnologías actuales que permiten la interconexión de dispositivos a Internet. Además se expusieron varios parámetros de análisis que deben ser evaluados antes de que una implementación específica sea realizada.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos el 36.03% de ecuatorianos poseen el servicio de Internet en sus hogares que ofrecen los distintos proveedores. La infraestructura montada en los hogares por los operadores brindaría/aportaría una gran ventaja para la tecnología Wi-Fi, debido a que solo se implementaría nodos finales y puntos de acceso que permitan un mayor crecimiento de la red en caso de requerirlo.

Gran parte de las tecnologías revisadas, que permiten la conexión de dispositivos a Internet, son inalámbricas. Y gracias a esto, se brinda mayor movilidad y disponibilidad hacia los usuarios finales.

La mayoría de tecnologías mencionadas funcionan en bandas de frecuencia libre, que no necesitan permiso especial de las autoridades para ser implementadas y posteriormente usadas. Representa una gran ventaja debido a que la implementación de artículos y sistemas con estas tecnologías es ideal para los hogares, debido a que podemos tener equipos transmitiendo en estas frecuencias sin tener que pedir permiso para ello y el pago asociado a su uso.

Las tecnologías anteriormente estudiadas tienen la habilidad de complementarse entre ellas, con la finalidad de formar un sistema completo para dar paso a IoT y en un futuro próximo a loE.

Cabe recalcar que ninguna tecnología es superior a otra, sino una tecnología puede ser más idónea o no, dependiendo del uso que se la quiera dar.

4.2 Recomendaciones

Este estudio brinda los lineamientos base y una vista macro de las tecnologías que permiten la interconexión de dispositivos del hogar al Internet, para el futuro desarrollo de dispositivos por parte de los fabricantes nacionales de electrodomésticos o futuros trabajos académicos.

Se recomienda que para el futuro desarrollo de dispositivos específicos, se analice con premura la tecnología a implementar tomando en cuenta su funcionamiento, ventajas y limitaciones. Además tomar en cuenta los parámetros de análisis recopilados en este estudio, debido a que la importancia y criticidad de los mismos depende del uso que tendrá el dispositivo. También se debe tomar en cuenta que al ser una ola creciente alrededor del mundo, se vienen dando estudios y cambios en las tecnologías de una manera muy acelerada.

Se recomienda el uso de Bluetooth para dispositivos de media que obtengan contenido desde un Smartphone o Tablet. También se lo recomienda para los dispositivos portátiles que forman redes de área corporal (BAN).

Se recomienda el uso de Wi-Fi como Gateway de conexión hacia Internet. Se puede formar un sistema con varias tecnologías, pero la parte de la conexión final hacia Internet debe utilizar Wi-Fi debido a que actualmente es la única que funciona como Gateway.

Los parámetros mencionados en este estudio del arte no son absolutos e irremplazables. La importancia y criticidad de los mismos depende de la implementación que se vaya a realizar y del uso final del dispositivo.

REFERENCIAS

- Alexandres Fernández, S., Rodríguez-Morcillo García, C., & Muñoz Frías, J. D. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- Amazon. (s.f.). Amazon Echi. Recuperado el 19 de Abril de 2017 de https://www.amazon.com/dp/product/B00X4WHP5E/ref=cp_aucc_ods/ref=s9_acss_bw_cg_ODSAuCC_2b1_w?pf_rd_m=ATVPDKIKX0DER&pf_rd_s=merchandised-search-4&pf_rd_r=6NKHBG0Y0G794RA6PKSR&pf_rd_t=101&pf_rd_p=1fec0ff0-871a-4fdf-a454-66aab26aa38c&pf_rd_i=9818047011
- Athom. (s.f.). Homey. Recuperado el 19 de Abril de 2017 de <https://www.athom.com/en/homey/technology/>
- Barcode. (s.f.). EPC Information Recuperado el 4 de Mayo de 2017 de <http://www.epc-rfid.info/>
- Bluetooth. (s.f.). Discover Bluetooth | Bluetooth Technology Website. Recuperado el 06 de Mayo de 2017 de <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/discover-bluetooth>
- Buijserd, R. (2017). Dividing the world in 3 IoT Categories. Recuperado el 2 de Mayo de 2017 de <https://data-management-experts.com/internet-of-things/dividing-the-world-in-3-iot-categories/>
- Cisco. (s.f.). Internet de las cosas. Recuperado el 19 de Enero de 2017 de http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf
- Cuevas, J. C., Martínez, J., & Merino, P. (2002). El protocolo x10: una solución antigua a problemas actuales. In Simposio de informática y telecomunicaciones SIT.

- Dignani, J. (2012). Análisis del protocolo ZigBee (Doctoral dissertation, Facultad de Informática).
- Dipole. (s.f.). Windshield Label. Recuperado el 18 de Abril de 2017 de <http://www.dipolerfid.es/es/Etiquetas-RFID/Windsheld-Label>
- EnOcean Alliance. (s.f.). BSC Building-Controller Touch. Recuperado el 24 de Abril de 2017 de https://www.enocean-alliance.org/product/bsc_bsc-bose-home0/
- Hipertextual. (2014). ¿Qué es y cómo funciona el Internet de las cosas? Recuperado el 23 de Enero de 2017 de <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/internet-cosas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). INDICADORES DE ACCESO Y USO TIC.
- Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. (2012). RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). In Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on (pp. 1282-1285). IEEE.
- Kumar, A. (2011). Near field communication.
- Loop Media. (s.f.). Tecnología RFID. Recuperado el 04 de Mayo de 2017 de <http://www.nx-id.com/web/tecnologiarrfid.php?lang=es&content=rfid>
- Moreno, M. (2007). Protocolo ZigBee. Recuperado el 23 de Abril de 2017 de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/1/InformeTecZB.pdf>
- MX Alliance. (2004). ZIGBEE – AN INTRODUCTION. Recuperado el 15 de Marzo de 2017 <http://www.set-ltd.com/downloads/IntroToZigbeeMX.pdf>
- Nest. (s.f.). Nest Learning Thermostat. Recuperado el 19 de Abril de 2017 de <https://store.nest.com/product/thermostat?selectedVariantId=T3007ES>
- NFC. (s.f.). About Near Field Communication. Recuperado el 04 de Mayo de 2017 de <http://nearfieldcommunication.org/about-nfc.html>

- NFC-Forum. (s.f.). NFC and the Internet of Things. Recuperado el 04 de Mayo de 2017 de <http://nfc-forum.org/nfc-and-the-internet-of-things/>
- NFC Ring. (s.f.). "The NFC Ring can be used to make payments*, access control, unlock & control mobile devices, transfer information, link people and much more.". Recuperado el 18 de Abril de 2017 de <http://nfcring.com/#what-is-the-nfc-ring>
- NXP. (2014). What the Internet of Things (IoT) Needs to Become a Reality. Recuperado el 12 de Mayo de 2017 <http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/white-papers/INTOTHNGSWP.pdf>
- Pacelle, M. (2014). The role of Wi-Fi in the Internet of Things. Recuperado el 06 de Mayo de 2017 de <http://radar.oreilly.com/2014/06/the-role-of-wi-fi-in-the-internet-of-things.html>
- RF Wireless World. (s.f.). IoT device categories. Recuperado el 02 de Mayo de 2017 de <http://www.rfwireless-world.com/IoT/IoT-devices.html>
- Samuel, S. S. I. (2016). A review of connectivity challenges in IoT-smart home. In Big Data and Smart City (ICBDSC), 2016 3rd MEC International Conference on (pp. 1-4). IEEE.
- Shree, P. (2015). Categorizing Internet of Things and Understanding them better. Recuperado el 2 de Mayo de 2017, from <http://www.startupsuccessstories.com/categorizing-internet-of-things-and-understanding-them-better/>
- Smarthome. (s.f.). Solution Center. Recuperado el 11 de Abril de 2017 de <http://www.smarthome.com/sc-what-is-zwave-home-automation>
- SmarterHome. (s.f.). Advantages of Z-Wave. Recuperado el 12 de Abril de 2017 de <https://smarterhome.sk/en/informacie/advantages-of-z-wave-10>
- Tassin, K. (s.f.). LTE and the Internet of Things. Recuperado el 21 de Abril de 2017 de <http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1607-iot>

- The Editors of Encyclopedia Britannica. (2016). Wi-Fi. Recuperado el 06 de Mayo de 2017 de <https://www.britannica.com/technology/Wi-Fi>
- UNAM. (s.f.). Estándares. Recuperado el 03 de Mayo de 2017 de <http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/estandares/estandar.html>
- Verizon. (2013). 4G LTE: Here and Abroad. Recuperado el 19 de Abril de 2017 de <https://www.verizonwireless.com/news/article/2013/06/the-history-of-4G-LTE.html>
- Weightless SIG. (2016). LPWAN Technology Decisions.
- Wells, Q. (2009). Guide to digital home technology integration. Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning.
- X10. (s.f.). KR19A Keychain Remote Control. Recuperado el 19 de Abril de 2017 de <https://www.x10.com/kr19a.html>
- Zigbee. (s.f.). Zigbee information. Recuperado el 06 de Mayo de 2017 de <http://www.zigbees.com/>
- Zigbee Alliance. (s.f.). The Zigbee alliance creates IoT standards that help Control Your World. Recuperado el 06 de Mayo de 2017 de <http://www.zigbee.org/zigbeealliance/>
- Z-Wave Alliance. (s.f.). About Z-Wave Technology. Recuperado el 11 de Abril de 2017 de http://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/
- Z-Wave Alliance. (s.f.). Z-Wave Alliance Vision and Mission. Recuperado el 11 de Abril de 2017 de http://z-wavealliance.org/alliance_vision_and_mission/
- 3GPP. (s.f.). The MobileBroadband Standard. Recuperado el 20 de Abril de 2017 de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>

ANEXOS

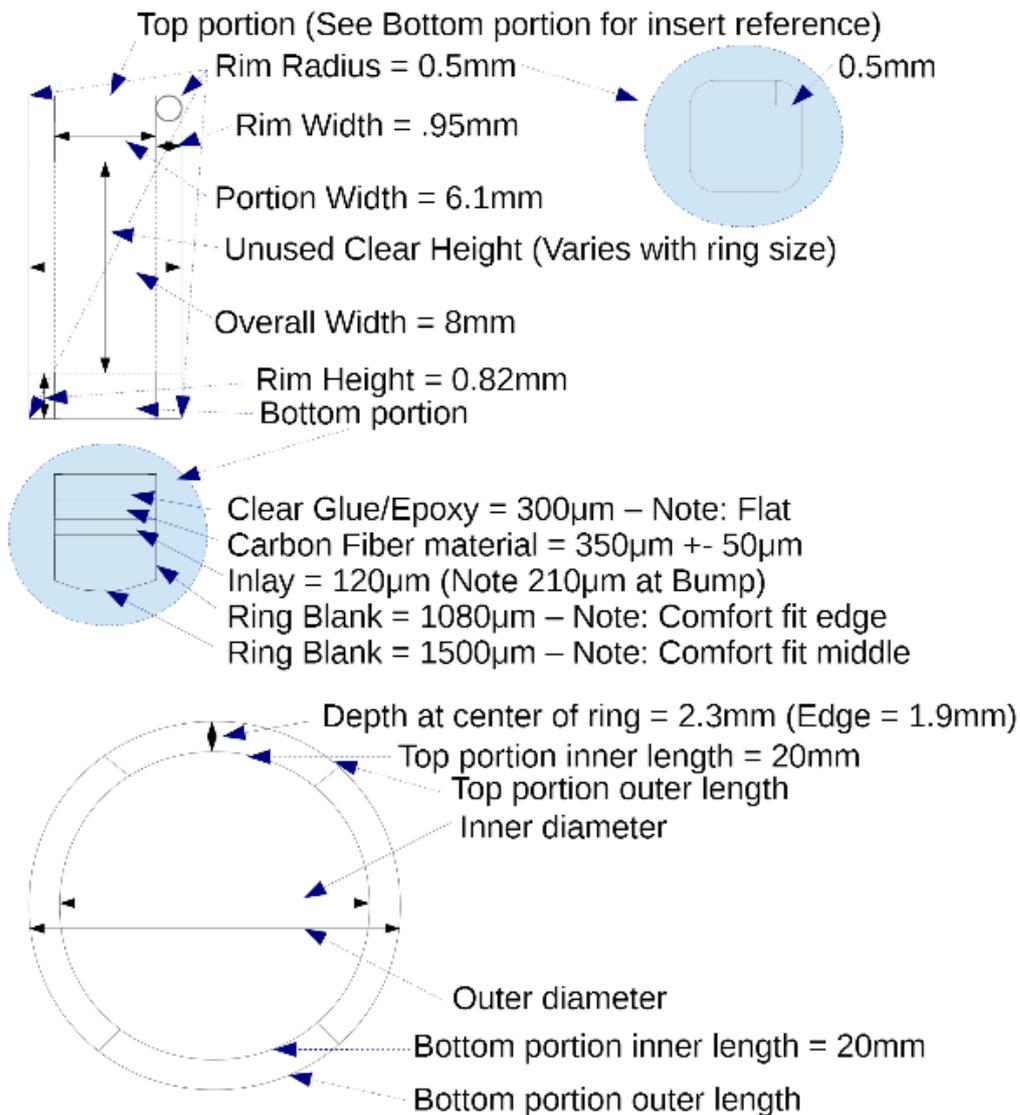
Anexo1. Windshield Label especificaciones

Descripción producto

- Frecuencia: 860 - 960 MHz
- Estándar Internacional: EPC Class 1 Gen 2; ISO 18000-6C Quality Assurance
- Circuito integrado (IC): M4D, M4QT, NXP Ucode, MR6
- Rango de Lectura: 7-11 metros dependiendo de la superficie y el lector.
- Material: White PET
- Adesivo: Acrilico
- Unidades por rollo: 2.500 unidades
- Tamaño Etiqueta: 100 x 30 mm / 3.93 x 1.18"
- Servicios opcionales: impresión y codificación.
- Aplicaciones: Identificación de cajas plásticas, maquinaria, herramientas, IT, mobiliario, etc.
- Modelos: disponible con anti-void

Anexo 2. NFC Ring especificaciones

Carbon Eclipse Ring US Sizes 4.5+



Anexo 3. Amazon Echo Especificaciones.

GENERAL /

Packaged Quantity	1
Features	built-in 2.0 Inch tweeter, built-in 2.5 Inch woofer, support iHeartRadio, built-in 7 microphones, compatible with Belkin WeMo, compatible with Philips Hue, far-field voice recognition, support Amazon Music, support Pandora, support Prime Music, support TuneIn
Manufacturer	Amazon

DIMENSIONS & WEIGHT /

Width	3.3 in
Depth	3.3 in
Height	9.3 in
Weight	2.3 lbs

HEADER /

Brand	Amazon
Product Line	Amazon
Model	Echo
Packaged Quantity	1

ANTENNA /

Antenna Form Factor	Internal
Antenna Qty	2

NETWORKING /

Connectivity Technology	wireless
Data Link Protocol	Bluetooth, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n
Wireless Protocol	802.11a/b/g/n, Bluetooth

GENERAL /

Manufacturer	Amazon
--------------	--------

Anexo 4. Homey Especificaciones

Specifications			
1 GHz ARMv7 CPU	4 GB Flash Storage	512 MB RAM	10 W Peak Power
Wireless Connectivity	Wi-Fi @ 802.11b/g/n 2.4 GHz Bluetooth @ 4.0 Low Energy ZigBee @ 2.4 GHz Z-Wave Plus™ 433 MHz 868 MHz Infrared Receiver Infrared Transmitter (6x) NFC (ISO14443A)		
USB On-The-Go	Supported		
Accelerometer	Supported		
Dimensions	ø 12cm		
Audio Output	Internal Speaker 3.5mm Stereo Jack Bluetooth A2DP		
Power Supply	Input: 100-240V~ 50/60 Hz 0.5A Output: 5V = 2.0A		
Power Cable	USB A to Mini-USB B, 1.8m		

Anexo 5. Nest Learning Thermostat Especificaciones

FEATURES	<ul style="list-style-type: none"> • Auto-Schedule • Auto-Away • Energy History • Home Report • Nest Leaf • Nest app • Farsight 	<ul style="list-style-type: none"> • Airwave • System Match: Early-On, Heat Pump Balance, True Radiant • Time-to-Temperature • Weather-aware • Advanced Fan Control • Sunblock 	<ul style="list-style-type: none"> • Cool to Dry • Thermostat Lock • Software updates over Wi-Fi • Safety Temperature Notification • Furnace Heads-Up • Filter Alert • System Test
SPECS	<p>Display</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24-bit color LCD • 480 x 480 resolution at 229 pixels per inch (PPI) • 2.08 in (5.3 cm) diameter <p>Sensors</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperature • Humidity • Near-field activity • Far-field activity • Ambient light <p>Size and Weight</p> <ul style="list-style-type: none"> • Display <ul style="list-style-type: none"> - Mass: 7.25 oz (205.4 g) - Diameter: 3.3 in (8.4 cm) - Height: 1.06 in (2.69 cm) • Base <ul style="list-style-type: none"> - Mass: 1.35 oz (38.3 g) - Diameter: 3 in (7.6 cm) - Height: 0.42 in (1.1 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Assembled <ul style="list-style-type: none"> - Mass: 8.6 oz (243.7 g) - Diameter: 3.3 in (8.4 cm) - Height: 1.21 in (3.08 cm) <p>Remote control requirements</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi connection with Internet access • Nest app on phone or tablet with iOS 8 or later, or Android 4 or later • Latest version of Safari, Chrome, Firefox or Internet Explorer on Mac OS X v10.9 or later and Windows 7 or later <p>Languages</p> <ul style="list-style-type: none"> • English • French • Spanish • Dutch 	<p>Wireless</p> <ul style="list-style-type: none"> • Working Wi-Fi connection: 802.11b/g/n @ 2.4GHz, 5GHz • Wireless Interconnect: 802.15.4 @ 2.4GHz • Bluetooth Low Energy (BLE) <p>Battery</p> <ul style="list-style-type: none"> • Built-in rechargeable lithium-ion battery <p>Power consumption</p> <ul style="list-style-type: none"> • Less than 1 kWh/month <p>Warranty</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-year limited warranty. For support, visit nest.com/support. Our support team is also available by phone 24/7.
IN THE BOX	<ul style="list-style-type: none"> • Display • Base • Optional trim kit 	<ul style="list-style-type: none"> • Mounting screws and labels • Nest screwdriver • Installation Guide 	<ul style="list-style-type: none"> • Welcome Guide • Nest Pro installation card
COMPATIBILITY	<p>The Nest Learning Thermostat works with 95% of 24V heating and cooling systems, including gas, electric, forced air, heat pump, radiant, oil, hot water, solar and geothermal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Heating: 1,2, and 3 stages (W1, W2, W3) - Cooling: 1 and 2 stages (Y1, Y2) - Heat pump: with auxiliary and emergency heat (O/B, AUX, E) 	<ul style="list-style-type: none"> - Humidifier or dehumidifier (HUM, DEHUM) - Fan (G) - Power (C, RH, RC)

Anexo 6. BSC Building-Controller Touch. Especificaciones

Specifications:

Processor:	Intel® Celeron 2957U Dual Core 2 x 1.4 GHz
Working memory:	4 GB RAM
Fixed disk storage:	120 GB SSD
Display:	39,6 cm (15,6") touchscreen (1366 x 768)
Graphics function:	Intel® HD Graphics Dynamic Video Memory Technology
Soundcard:	IDT92HD81 Audio Codec
Interface:	1 x VGA Video-output LAN (Gigabit Ethernet) 2 x USB 3.0 4 x USB 2.0 1 x HDMI 1 x WLAN 802.11 b/g und Draft-n 1 x Line out 1 x Mic in
Other integrated Components:	FAM-USB 2.0 Megapixel Webcam 2 x 2 W loudspeakers compatible to 100x100mm VESA mounting

