SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE REDES INALAMBRICAS BAJO EL PROTOCOLO ZIGBEE

Liliana Mora Chávez

Jhon Harold Ariza Suaza

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA EN SISTEMATIZACIÓN DE DATOS

BOGOTÁ D.C

2019

SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE REDES INALAMBRICAS BAJO EL PROTOCOLO ZIGBEE

Liliana Mora Chávez

Código: 20142578120

Jhon Harold Ariza Suaza

Código: 20132578099

TRABAJO DE GRADO REALIZADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN SISTEMATIZACIÓN DE DATOS

TUTOR

Darín Mosquera

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA EN SISTEMATIZACIÓN DE DATOS

BOGOTÁ D.C

2019

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Director del Proyecto
Darín Mosquera

_____

Jurado

Bogotá D.C, 2019

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a quienes, con su apoyo, tanto técnico como personal hicieron posible su desarrollo.

Gracias a nuestros maestros, tanto Tutor como Jurado, por el acompañamiento, las enseñanzas, el enfoque y la orientación brindada.

Agradecer a los maestros que nos acompañaron en nuestro proceso de formación como profesionales, a todos aquellos con los que compartimos nuestras clases, compañeros, amigos, y allegados.

Por ultimo dar gracias a nuestras familias, quienes fueron el motor más importante, por el apoyo y la confianza depositada en nosotros, ya que, por su esfuerzo diario, y su sacrificio hicieron posible que este día obtengamos esta gran recompensa.

Tabla de contenido.

AGRADECIMIENTOS 4
Tabla de contenido. 5
Lista de ilustraciones. 6
Lista de tablas. 6
Lista de Ecuaciones. 6
GLOSARIO 7
INTRODUCCION 8
ABSTRACT 9
1. FASE DE DEFINICION, PLANEACION Y ORGANIZACIÓN 10
1.1. Título del proyecto 10
1.2. Tema 10
1.3. Planteamiento del problema. 10
1.3.1. Descripción del problema. 10
1.3.2. Formulación del problema. 11
1.4. Objetivos. 11
1.4.1. Objetivo general. 11
1.4.2. Objetivos Específicos. 11
1.5. Alcances y delimitaciones. 11
1.5.1. Alcances. 11
1.5.2. Delimitaciones. 12
1.6. Justificación 13
1.7. Marco referencial. 13
1.7.1. Estado del arte. 13
o Marco teórico. 17
o Marco Conceptual 25
o Marco Legal 27
o Marco Histórico 27
 Metodología Scrum. 29
 Cronograma. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
 Factibilidad 31
1.11.1. Factibilidad Operativa 31

- Factibilidad Legal 31
- Factibilidad Técnica 31
- Factibilidad Económica 31
- Factibilidad Talento Humano 32
- Total proyecto 32

2. FASE ELABORACION 32

2.1. ANALISIS PARA LA ELABORACION 32

2.2. Fase de diseño 33

- Objetivo: Lograr que el usuario pueda escoger entre realizar un diseño nuevo o recuperar un diseño ya realizado 33
- Interfaz #2: Proyecto nuevo 34
- Interfaz #3: Generación diseño de la red 35
- Interfaz #4: Recuperar diseño 37

2.3. Definición de requerimientos 38

2.4. Definición de actores y casos de usos 39

BIBLIOGRAFIA. 46

Lista de ilustraciones.

Ilustración 1 Topologías de red. _____ *17*
Ilustración 2 Partes que conforman una mota o nodo sensor _____ *19*
Ilustración 3 Perdida en el espacio libre. _____ *20*
Ilustración 4 Topologías de red Zigbee _____ *22*
Ilustración 5 Teselado regular triangular _____ *23*
Ilustración 6 Teselado regular cuadrado _____ *24*
Ilustración 7 Teselado regular hexagonal. _____ *25*
Ilustración 8 Zigbee y su espectro compartido con Wifi. _____ *27*

Lista de tablas.

Tabla 1 Requisitos operativos *31*
Tabla 2 Factibilidad Técnica *31*
Tabla 3 Factibilidad Económica para software requerido. *31*
Tabla 4 Factibilidad Económica para hardware requerido. *31*
Tabla 5 Factibilidad talento humano *32*
Tabla 6 Total Factibilidad *32*

Lista de Ecuaciones.

Ecuación 1 Pérdida en el espacio libre _____ *20*

Ecuación 2 Indicador de potencia de la señal recibida _____ *21*

GLOSARIO

Programación orientada a objetos: Es un paradigma de programación en el cual los objetos tienen una finalidad de convertir datos de entrada en determinados resultados de salida.

Red de sensores inalámbricos (WS). Una gran cantidad de pequeños dispositivos, autónomos, distribuidos físicamente, llamados nodos de sensores, instalados alrededor de un fenómeno para ser monitoreado, con la capacidad de almacenar y comunicar datos en una red en forma inalámbrica.

Protocolo Zigbee: Zigbee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la Zigbee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante. Zigbee está basado en el estándar lEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Área Network, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

Zigbee: Es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales. Zigbee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.

RSSI: El RSSI (de las siglas Received Signal Strength Indicator en inglés) es un parámetro que da idea de la potencia de la potencia de recepción de señales de radio.

Java: Es un lenguaje de programación orientado a objetos que se incorporó al ámbito de la informática en los años noventa. La idea de Java es que pueda realizarse programas con la posibilidad de ejecutarse en cualquier contexto, en cualquier ambiente, siendo así su portabilidad uno de sus principales logros. Fue desarrollado por Sun Microsystems, posteriormente adquirido por Oracle.

INTRODUCCION

Una red de sensores inalámbrica se define como "pequeños dispositivos (nodos) que son capaces de obtener información del entorno, procesarla localmente, y enviarla de forma inalámbrica hasta un nodo central coordinador"[1], y que generalmente se aplican “para controlar diversas condiciones en distintos puntos, entre ellas la temperatura, el sonido, la vibración, la presión y movimiento o los contaminantes”[2].

Se debe tener en cuenta, que, al ser una red inalámbrica, el flujo de la señal a través de toda la red se puede afectar muy fácilmente, bien sea por factores climáticos, obstáculos, ruido, etc. Resulta importante entonces, que la red esté diseñada para soportar dichos imprevistos, de manera que la red pueda reaccionar de manera positiva ante la aparición de alguno de ellos.

En el presente trabajo se va a mostrar el planteamiento de un software que pueda ayudar a diseñar una red inalámbrica, enfocada al protocolo Zigbee de manera que permita visualizar la distribución de una serie de nodos sobre un área determinada.

En el presente trabajo se va a mostrar la investigación y desarrollo de una aplicación que permita realizar el diseño inicial de una red inalámbrica, pasando por los diferentes aspectos teóricos, técnicos y de desarrollo que la involucran.

---

[1] IRACEBURU GONZÁLEZ Julen, GOICOECHEA FERNÁNDEZ Javier. Desarrollo e implementación de una red inalámbrica de sensores de temperatura y humedad. {En línea}. 2014. {27/03/18}. Disponible en: http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11846/TFG_IraceburuGonzalezJulen2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[2] ARCHILA CÓRDOBA Diana Milena, SANTAMARÍA BUITRAGO Frey Alfonso. ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICOS. {En línea}. 2013 {27/03/18}. Disponible en: https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/article/view/4437

ABSTRACT

A network of wireless sensors is defined as "small devices (nodes) that are able to obtain information from the local environment, process it locally, and send it wirelessly to a central coordinating node", and that Points are generally used, among them, the temperature, sound, vibration, pressure and movement or pollutants. "

It must be taken into account, that being a wireless network, the flow of the signal through the entire network can be affected very easily, either by climatic factors, obstacles, noise, etc. It is important then, that the network is designed to withstand such unforeseen events, so that the network can react positively to the appearance of any of them.

In the present work we will show the approach of a software that can help to design a wireless network, focused on the Zigbee protocol in order to visualize the distribution of a series of nodes over a certain área.

1. FASE DE DEFINICION, PLANEACION Y ORGANIZACIÓN

1.1. Título del proyecto

Software para el diseño de redes inalámbricas bajo el protocolo zigbee.

1.2. Tema

El presente trabajo incorporara las siguientes temáticas:

- Programación orientada a objetos.
- Software con implementación de protocolos zigbee.
- Ecuaciones de transmisión en el espacio libre.
- Topologías.

1.3. Planteamiento del problema.

1.3.1. Descripción del problema.

Una de las partes más importantes en una red inalámbrica (WSN)[3] son los nodos, estos se definen como: "un punto de intersección, conexión o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar"[4], ahora bien, resulta necesario que dichos nodos se encuentren conectados de forma eficiente; esto implica, si se habla de una red inalámbrica, que los nodos deben estar conectados a una distancia en la que no exista perdida o modificación en los datos que se desean transmitir, y así, dichos datos mantengan las mismas propiedades al llegar a su nodo central. Disponer de un software que permita mostrar el diseño de la red, resultaría ser más sencillo y rápido que realizar dicha tarea de forma manual.

Para el diseñador de una red, este trabajo puede resultar tedioso, complejo, puesto que se deben tener varios factores en cuenta (Como la potencia del módulo a la hora de calcular el alcance, la colocación de cada uno de los nodos, asegurarse de que cada uno de los nodos esté conectado, de que exista cobertura, etc), tantas variables involucradas, aumentan la posibilidad de que al diseñador se le pueda pasar por alto alguna de ellas, y es importante recalcar,

---

[3] ARCHILA CÓRDOBA Diana Milena, SANTAMARÍA BUITRAGO Frey Alfonso. ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICOS. {En línea}. 2013 {27/03/18}. Disponible en: https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/article/view/4437

[4] DE LUNA VAZQUEZ Laura Alejandra, DELGADO VAZQUEZ Diego Humberto, DIAZ CAMPOS Ana Cristina, DIAZ CRUZ Edgar Joisser, CRUZ SOLIZ Mariana. Manejo del sistema de información. Terminología de redes. {En línea}. 2014. {27/03/18}. Disponible en: https://es.slideshare.net/ninjals15/terminologia-de-redes-62502340

que dejar alguna variable de ellas por fuera, puede tener un impacto grande en el funcionamiento de la red.

1.3.2. Formulación del problema.

Desarrollar un software que permita conocer el diseño para una red inalámbrica (WSN) utilizando el protocolo Zigbee, en donde se pueda visualizar la ubicación de una serie de nodos en un área determinada.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Desarrollar un software que permita construir el diseño de una red inalámbrica (WSN) bajo el protocolo Zigbee.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una especificación de requerimientos del sistema.
- Realizar el levantamiento de información sobre el protocolo Zigbee.
- Realizar un modelo de diseño que permita especificar el funcionamiento del sistema mediante diagramas basados en UML.
- Implementar el diseño mediante la construcción de un prototipo y bajo los parámetros requeridos por el protocolo Zigbee.
- Realizar pruebas y validación del sistema.

1.5. Alcances y delimitaciones.

1.5.1. Alcances.

Se pretende desarrollar un software que permita construir el diseño de una red a través de características que le aporte un usuario, como lo son

especificaciones técnicas del nodo que se pretende usar, y datos básicos sobre el área en la cual pretende hacer el despliegue de la red, en este caso las medidas (Ancho y largo) de un lote, y el tipo de teselación[5] que desee realizar.

El diseño de la red mostrará entonces, según la información aportada, una distribución de una cantidad n de nodos (según lo requerido por el área a trabajar), todos estos nodos de la misma especificación técnica, distribuidos por el área según la teselación seleccionada. Dicha distribución de los nodos estará apoyada del protocolo Zigbee, y a la topología en malla.

Además, también se mostrará información que puede ser de interés para el usuario, como por ejemplo el número de nodos utilizados, las ubicaciones de cada uno de ellos dentro del área, y el rol que cumple cada uno de ellos en la red (coordinador, enrutador, dispositivo final).

1.5.2. Delimitaciones.

Se desarrollará una aplicación en la que sus diseños se adaptarán de mejor manera al campo abierto, ya que en el área a trabajar solo se contemplará un factor de interferencia climático e ignorará otros factores como obstáculos o ruido.

Por otra parte, el usuario deberá tener conocimientos altos sobre los nodos, ya que la información que pueda llegar a requerir la aplicación no es de conocimiento común.

La aplicación entonces trabajara de la siguiente manera:

1. El usuario deberá suministrar información técnica (que sea requerida por la aplicación) del nodo sensor que va a utilizar, pero solo un tipo de nodo, por lo que deberá asumir que la red no será hibrida, si no solo de un tipo de nodo.

El usuario deberá suministrar información del lote en el que va a realizar el despliegue de la red, las medidas de sus lados (A y B) asumiendo que sea un lote cuadrado o rectangular, y además habrá un rango de elección para dicha medida (ejemplo: de 1 metro a 10.000 metros).

2. El usuario podrá seleccionar el tipo de teselación que desee realizar, de solo dos tipos de teselación regulares (triangular o cuadrado).

[5] Un teselado o teselación consiste en una regularidad o patrón de figuras que cubren completamente una superficie plana, de manera que no quedan espacios ni tampoco se superponen las figuras. (Ver Marco teórico)

3. La aplicación mostrara el diseño que se obtiene con ese conjunto de características aportadas, pero si se requiere realizar algún cambio tendría que volver a ingresar la información desde cero.

El desarrollo de esta aplicación busca servir como herramienta de apoyo a quienes deban realizar el diseño de una red, puesto que la aplicación no va a tener en cuenta todos los posibles causantes de fallo o error antes mencionados, por lo que los diseños obtenidos de ella, deberán servir como base para un diseño final.

1.6. Justificación

Actualmente realizar el diseño de una red inalámbrica (WSN) puede consumir grandes cantidades de tiempo, puesto que se deben estudiar muchos factores, como lo son las características del nodo, la distancia a la que se debe situar uno del otro, las condiciones del terreno, el clima, etc. El desarrollo de un software que ayude a construir el diseño de la red facilitaría el trabajo y reduciría el tiempo de elaboración, de quienes deben diseñar y construir la red.

También, con la implementación de este proyecto podría reducirse uno de los problemas típicos, como lo es la pérdida de señal, o poca señal en algunos lugares por falta de cobertura, lo que va a causar que las redes sean de mejor calidad.

Además, le ofrecería al diseñador de la red, la posibilidad de apreciar entre dos diferentes formas que podría tomar el diseño de su red, en los cuales el podrá apreciar las ventajas o desventajas de un diseño contra el otro y así poder tomar una mejor decisión sobre el diseño final.

Teniendo en cuenta lo anterior resulta necesario el desarrollo de un software que permita conocer la distribución de un tipo de nodo (con una serie de características técnicas) en un área en la que se pretenda hacer la construcción de la red, es decir, el diseño de la red.

1.7. Marco referencial.

1.7.1. Estado del arte.

1.7.2. *Fuentes primarias.*

- GIROD FORTUÑO, Antón. Desarrollo e implementación de una red de sensores Zigbee mediante el dispositivo Xbee de Digi. {En línea}. 2012.

{28/03/18}. Disponible en: http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1957pub.pdf.

- FERNANDEZ GARCIA, Álex. Distribución optima de sensores en aparcamientos. {En línea}. 2014. {28/03/18}. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21865/treball%20PFC.pdf.

- IRACEBURU GONZÁLEZ Julen, GOICOECHEA FERNÁNDEZ Javier. Desarrollo e implementación de una red inalámbrica de sensores de temperatura y humedad. {En línea}. 2014. {28/03/18}. Disponible en: http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11846/TFG_IraceburuGonzalezJulen2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- ARCHILA CÓRDOBA Diana Milena, SANTAMARÍA BUITRAGO Frey Alfonso. ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICOS. {En línea}. 2013 {28/03/18}. Disponible en: https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/article/view/4437.

- FERNANDEZ CRUZ, Luis Fernando. Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de variables climáticas en un invernadero de orquídeas. {En línea}. 2017. {29/03/18}. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14239/1/UPS-CT007001.pdf.

- GONZALES PAZMIN, Fabián Alfonso. MOSQUERA LUNA, William Alirio. USECHE OSPINAL, Germán David. Diseño de una red inalámbrica de sensores para apoyar actividades de agricultura de precisión en el jardín botánico de Cali. {En línea}. 2013. {28/03/18}. Disponible en: https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5085/1/TEK01504.pdf.

- J, C, García. A, Manotas. R, Acosta. A, Romero. Revisión del estado del arte de Redes Zigbee WSN. {En línea}. 2014. {28/03/18}. Disponible en: http://publicaciones.unisimonbolivar.edu.co/rdigital/inovacioning/index.php/identic/article/viewFile/76/78.
- CORREA RAMOS, Diego Mauricio. ESTEPA RINCON, Daniel Alexander. Prototipo de sistema telemétrico para la detección y alerta de incendios forestales. 2017. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad Tecnológica. Bogotá D.C.
- MARTINEZ GARCIA, Ramón. Análisis y diseño de una red inalámbrica de sensores para un proyecto agrario. {En línea}. 2014. {29/03/18}. Disponible en:

http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/27801/8/rmartinezgarciTFC0114memoria.pdf.

1.7.3. *Fuentes Secundarias.*

- RODRIGUEZ LOPEZ, Jesús. Sistema de comunicación inalámbrico basado en el protocolo Zigbee. {En línea}. 2015. {29/03/18}. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23029/TFG_Jesus_Rodriguez_Lopez.pdf.
- MIFSUD TALON, Elvira. LERMA-BLASCO, Raúl V. Servicios en red. {En línea}. 2013. {29/03/18}. Disponible en: http://spain-s3-mhe-prod.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/bcv/guide/capitulo/844818386x.pdf
- Nahuel Vara, German A. Poletto, Dr. Manuel Cáceres, Dr. Arturo J. Busso. Calculo de distancia entre los nodos de una red inalámbrica Zigbee en función del parámetro RSSI. {En línea}. 2015. {29/03/18}. Disponible en: http://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/download/275/241
- URBANO MOLANO, Fernando Aparicio. Redes de sensores inalámbricos aplicadas a optimización en agricultura de precisión para cultivos de café en Colombia. {En línea}. 2013. {29/03/18}. Disponible en: https://jci.uniautonoma.edu.co/2013/2013-8.pdf.
- DA PAZ TEIXEIRA, José Olavo. Una red de sensores para las Smart Cities. {En línea}. 2015. {29/03/18}. Disponible en: http://eprints.ucm.es/34796/1/Memoria_Final_TFM_Jose_Teixeira.pdf.
- LINO RAMIREZ, Carlos. Diseño de una arquitectura para redes de sensores con soporte para aplicaciones de detección de eventos. {En línea}. 2012. {29/03/18}. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15152/tesisUPV3764.pdf.
- GARCIA GUAL, Jesus. SANCHEZ BENITO, Mercedes. Teselaciones. {En línea}. 2017. {29/03/18}. Disponible en: http://verso.mat.uam.es/~eugenio.hernandez/Estalmat-Materiales/JesusGarcia/2017-01-21-JGG-MS-Teselaciones.pdf.

1.7.4. *Proyectos relacionados.*

- Packet Tracer. CISCO. v7.1.0 (Última versión). Linux. Android 4.1+. IOS 8+. Windows x86/x64. Disponible en:
  https://www.netacad.com/es/courses/packet-tracer-download/
  Packet Tracer es un potente programa de simulación de redes que permite a los estudiantes experimentar con el comportamiento de una red y elaborar suposiciones. Funciona como complemento de los equipos físicos en el salón

de clases: los estudiantes pueden crear una red con un número casi ilimitado de dispositivos, lo que estimula la práctica y la detección y solución de problemas.

- XCTU. DIGI. Windows x86/x64. MacOS. Linux. Disponible en: https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu.

  XCTU incluye todas las herramientas que un desarrollador necesita para comenzar a trabajar rápidamente con XBee. Funciones únicas como la vista de red gráfica, que representa gráficamente la red XBee junto con la potencia de la señal de cada conexión, y el generador de cuadros XBee API, que ayuda a construir e interpretar marcos API para XBees que se usan en modo API, se combinan para hacer el desarrollo en la plataforma XBee es más fácil que nunca.

- draw.io. Aplicación Web. Disponible en: https://www.draw.io Se trata de una aplicación web que no requiere descarga previa para su uso. Tiene una amplia variedad de figuras y opciones de diagrama que se pueden personalizar a gusto de cada usuario o de las necesidades del proyecto. Los archivos se pueden descargar en varios formatos.

- YED. YWorks. Version 3.17.2. Windows x86/x64. Unix/Linux. Mac OS X. Disponible en: https://www.yworks.com/products/yed.

  YEd es una poderosa aplicación de escritorio que se puede usar para generar diagramas de alta calidad de forma rápida y efectiva. Cree diagramas manualmente o importe sus datos externos para su análisis.

- ArgoUML. Tigris. Compatible con Java. Version 0.34. Disponible en: http://argouml.tigris.org.
  Idónea para los diagramas de secuencia, colaboración y despliegue, se trata quizá de una de las mejores aplicaciones del área. Ofrece numerosas alternativas para la personalización de los diseños.

- **Marco teórico.**

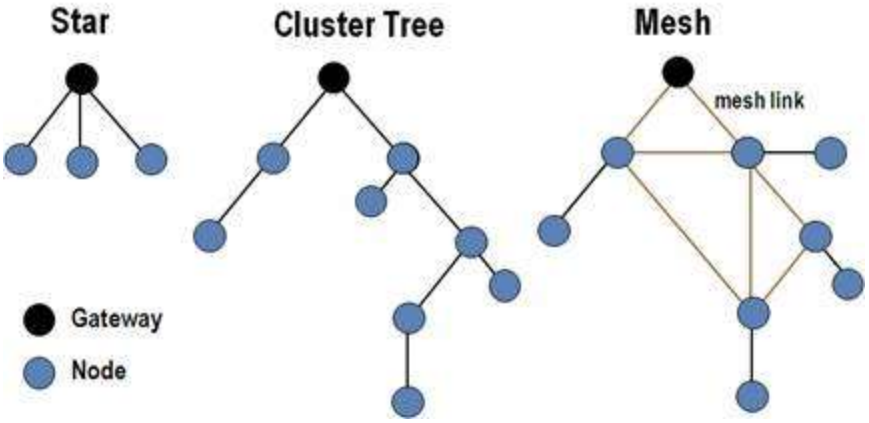
Red de sensores inalámbricos (WS).

Una gran cantidad de pequeños dispositivos, autónomos, distribuidos físicamente, llamados nodos de sensores, instalados alrededor de un fenómeno para ser monitoreado, con la capacidad de almacenar y comunicar datos en una red en forma inalámbrica.

Topologías de red WSN.

Los nodos WSN están típicamente organizados en uno de tres tipos de topologías de red. Topología de estrella, cada nodo se conecta directamente al gateway. Topología de árbol, cada nodo se conecta a un nodo de mayor jerarquía en el árbol y después al gateway, los datos son ruteados desde el nodo de menor jerarquía en el árbol hasta el gateway. Finalmente, para ofrecer mayor confiabilidad, las redes tipo malla, la característica de esta topología es que los nodos se pueden conectar a múltiples nodos en el sistema y pasar los datos por el camino disponible de mayor confiabilidad. En enlace malla es referido como un ruteador.

Ilustración 1 Topologías de red.



Fuente: ¿Qué es una Red de Sensores Inalámbricos? http://www.ni.com/white-paper/7142/es/

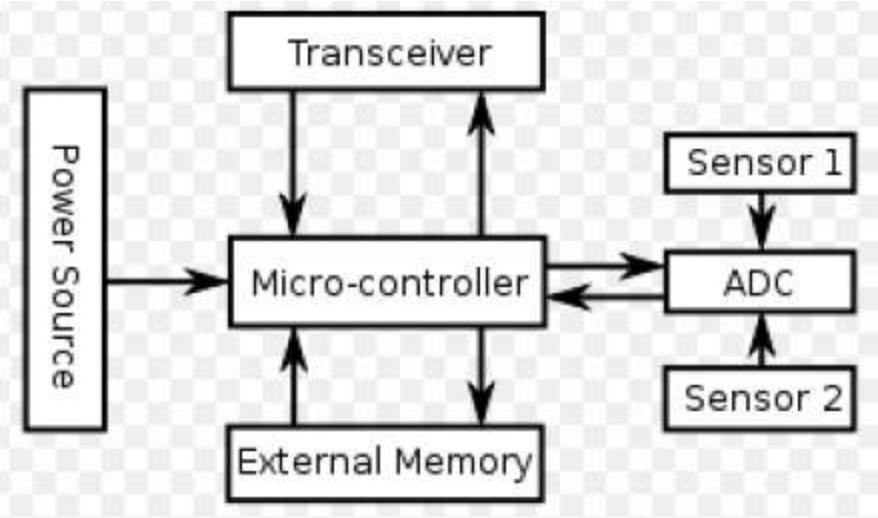
Motas.

El nombre dado a este tipo de dispositivos cumple con la finalidad de indicar en una sola palabra dos de los conceptos principales: su pequeño tamaño y la idea de que pueden estar distribuidos en cualquier lugar, cosa que es posible gracias a que son dispositivos autónomos que funcionan con baterías muy similares a las de los teléfonos celulares y que permiten ser cargadas por paneles solares en el momento que así se requiera, además del hecho de que sus comunicaciones se basan en protocolos de bajo consumo como es el caso de ZigBee (protocolo de comunicaciones inalámbricas basado en el estándar 802.15.4 - ZigBee) gracias al cual pueden pasar de un estado de inactividad a realizar una transmisión y luego regresar a su estado inicial evitando el desgaste de energía. Los motes a su vez tienen la capacidad de comunicarse entre sí gracias a la creación de redes malladas usando el protocolo ZigBee y retransmitir la información hasta un punto destinado al control donde incluso se pueden tomar decisiones. Estos motes se organizan en ciertos intervalos de tiempo y determinar cuáles rutas están disponibles para la comunicación.

Elementos básicos de una mota.

En una mota podemos diferenciar los siguientes componentes:

Ilustración 2 Partes que conforman una mota o nodo sensor



Fuente: Desarrollo e implementación de una red de sensores Zigbee mediante el dispositivo Xbee de Digi https://docplayer.es/8115778-Desarrollo-e-implementacion-de-una-red-de-sensores-zigbee-mediante-el-dispositivo-xbee-de-digi.html

Micro controlador: Es el elemento que procesa los datos recogidos por los sensores y controla la funcionalidad del nodo.

Memoria externa: Almacenamiento de datos del nodo. En general, la cantidad de memoria necesaria depende de cada aplicación.

Sensor: Es el dispositivo que es capaz de producir alguna señal eléctrica a un cambio físico como por ejemplo temperatura o humedad.

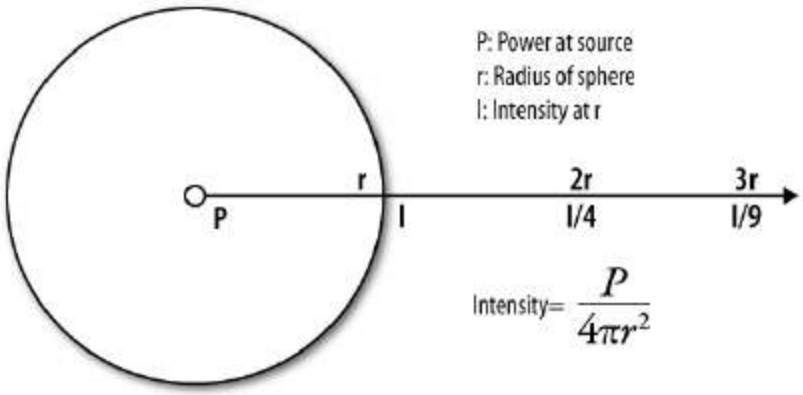
Batería: Aporta la energía al nodo para su funcionamiento, tanto cuando está dormido como cuando está activo.

ECUACION DE TRANSMISION EN ESPACIO LIBRE

La problemática de las comunicaciones con radio es que requieren de mucha potencia en comparación con aquellas que viajan a través de cable. La razón de esto es fácil de entender. Como la radio irradia desde una fuente hacia el espacio, gran cantidad de energía se desintegra de forma acelerada, sin que esta energía haya sido utilizada. Una buena comparación con esta idea podrían ser las ondas que se dispersan cuando tiramos una piedra en un estanque. Pasa lo mismo con el sonido, ya que solo podemos entender un susurro desde una cierta distancia, pero nos es imposible entenderlo si estamos a varios metros.

Estos fenómenos se pueden explicar con la ecuación de transmisión en espacio libre. Esta ley dice que, para fenómenos ondulatorios tales como el sonido y la luz, la intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia con respecto al punto en donde se origina. Dicho de otra forma, cada vez que se dobla la distancia desde la fuente, se requieren cuatro veces la cantidad de energía para mantener la señal.

Ilustración 3 Perdida en el espacio libre.



Fuente: Desarrollo e implementación de una red de sensores Zigbee mediante el dispositivo Xbee de digi http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1957pub.pdf

Esta ley puede ser explicada por la ecuación:

$$P_{rx}(d) = \frac{Ptx \cdot Gt \cdot Gr \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2 \cdot d^2}$$

Ecuación 1 Pérdida en el espacio libre

Donde Gt y Gr son las ganancias de cada antena, lambda es la longitud de onda y d la distancia que hay entre las dos antenas.

De hecho, las redes en malla Zigbee están diseñadas pensando en la ecuación de transmisión en espacio libre. Los dispositivos Zigbee no tienen baterías de alta capacidad para hacer llegar señales a grandes distancias sino que en realidad hay muchos dispositivos en malla y cada uno de ellos hace de repetidor del siguiente para llegar al destinatario final, con objetivo de “no desintegrar” la señal de la fuente.

RSSI.

El RSSI (de las siglas Received Signal Strength Indicator en inglés) es un parámetro que da idea de la potencia de la potencia de recepción de señales de radio.

La relación entre el RSSI y la distancia se puede determinar de acuerdo con la siguiente expresión basada en la ecuación en espacio libre:

$$\text{RSSI [dBm]} = -(10 \cdot n \cdot \log_{10}(d) + A)$$

Ecuación 2 Indicador de potencia de la señal recibida

Donde cada parámetro es:

- n: La pendiente de la señal.
- A: El valor absoluto del RSSI a 1 metro de distancia.
- d: La distancia entre antenas.

Protocolo Zigbee.

Zigbee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la Zigbee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante. Zigbee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Área Network, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

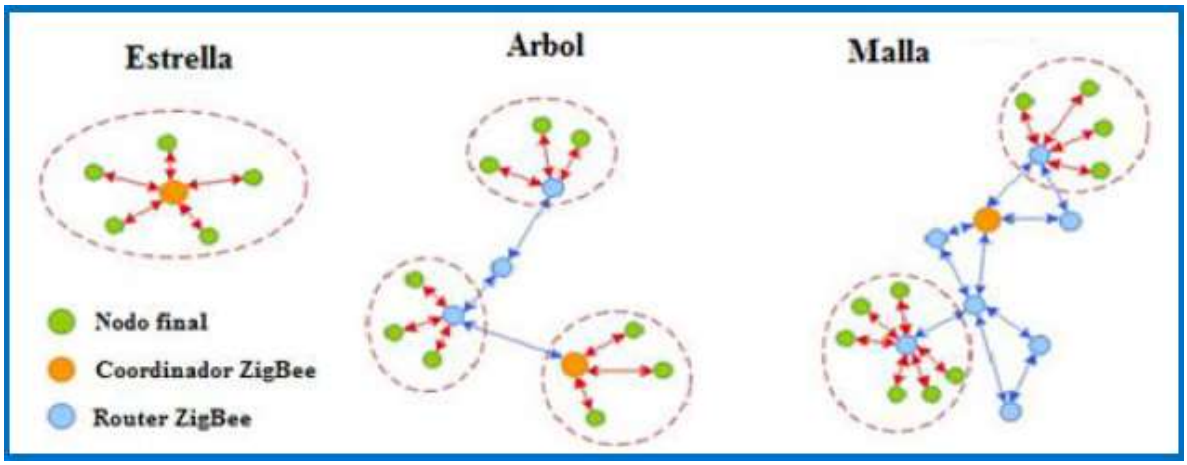
Zigbee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales. Zigbee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.

Topologías.

El protocolo Zigbee permite tres topologías de red:

- Topología en estrella: el coordinador se sitúa en el centro.
- Topología en árbol: el coordinador será la raíz del árbol.
- Topología de malla: al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones.

Ilustración 4 Topologías de red Zigbee



Fuente: ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 “REDES ZIGBEE” http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/229/6/A6.pdf

La topología más interesante, y una de las causas por las que parece que puede triunfar
Zigbee, es la topología de malla. Ésta permite que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos los demás nodos debido a que se rehacen todos los caminos. La administración de los caminos es tarea del coordinador.

Teselación.

Un teselado o teselación consiste en una regularidad o patrón de figuras que cubren completamente una superficie plana, de manera que no quedan espacios ni tampoco se superponen las figuras.

Los teselados se crean usando transformaciones isométricas (sin variar las dimensiones ni el área) sobre una figura inicial, es decir, copias idénticas de una o diversas piezas o teselas con las cuales se componen figuras para recubrir totalmente una superficie.

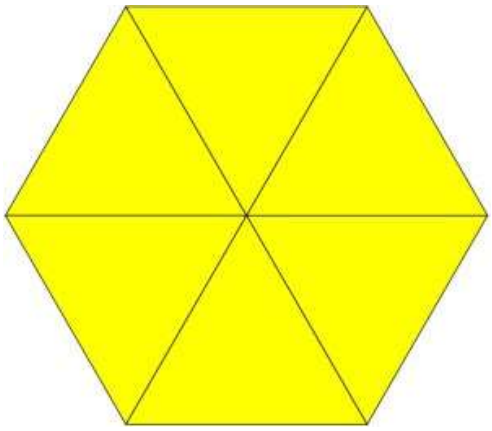
De los muchos tipos de teselaciones que hay, la más básica podríamos decir que es la teselación regular o teselado regular, en la que se utiliza solo un tipo de polígono regular.

Pues bien, solo son posibles teselados regulares empleando triángulos equiláteros, cuadrados y hexágonos regulares.

Si queremos cubrir todo el plano sin solapamientos ni huecos, en un vértice cualquiera del teselado la suma de los ángulos interiores de los polígonos que tienen ese vértice en común debe ser de 360º.

Dado que, como he comentado antes, el teselado regular se hace con un único tipo de polígono regular, dicho polígono debe tener un ángulo interior que sea divisor de 360º.
Pues ocurre que los únicos polígonos regulares cuyos ángulos interiores son divisores de 360º son el triángulo equilátero (60º), el cuadrado (90º) y el hexágono regular (120º).
Por eso en un teselado regular triangular, en un vértice hay 6 triángulos equiláteros (360º/60º=6).

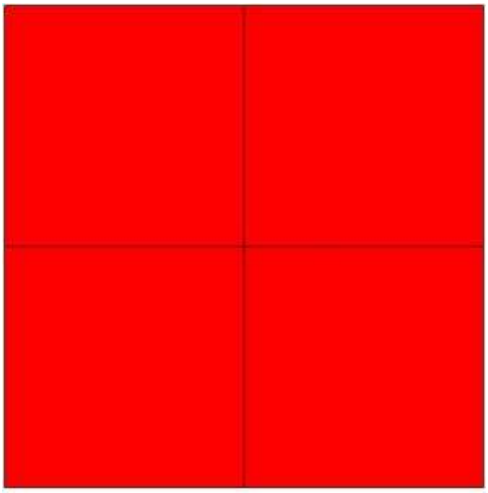
Ilustración 5 Teselado regular triangular



Fuente: Teselaciones regulares con un solo tipo de polígono regular https://matematicascercanas.com/2017/08/13/teselaciones-regulares-solo-tipo-poligono-regular/

En un teselado regular cuadrado hay 4 cuadrados en un vértice (360º/90º=4).

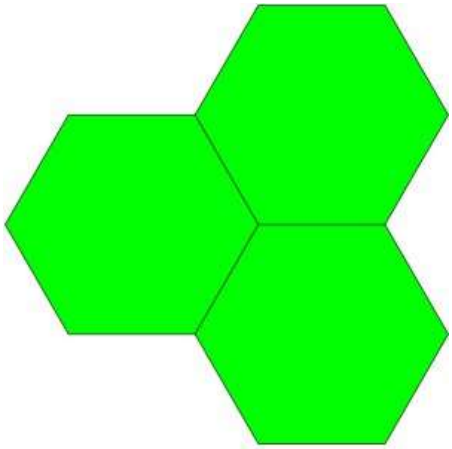
Ilustración 6 Teselado regular cuadrado



Fuente: Teselaciones regulares con un solo tipo de polígono regular https://matematicascercanas.com/2017/08/13/teselaciones-regulares-solo-tipo-poligono-regular/

Y en un teselado regular hexagonal hay en cada vértice 3 hexágonos regulares ($360º/120º=3$).

Ilustración 7 Teselado regular hexagonal.



Fuente: Teselaciones regulares con un solo tipo de polígono regular https://matematicascercanas.com/2017/08/13/teselaciones-regulares-solo-tipo-poligono-regular/

- **Marco Conceptual**

Potencia eléctrica
Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la letra P y la unidad de medida es el Vatio (Watt)

Celda
Es un área de cobertura estipulada para receptores o transmisores que pertenecen a la misma estación base. Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos, en una gran rejilla de hexágonos. Cada celda tiene un grupo único de frecuencias, esto evita que haya colisiones.

Gateway (puerta de enlace)

Es un dispositivo, con frecuencia un ordenador, que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino.

El gateway o «puerta de enlace» es normalmente un equipo informático configurado para dotar a las máquinas de una red local (LAN) conectadas a él de un acceso hacia una red exterior, generalmente realizando para ello operaciones de traducción de direcciones IP (NAT: Network Address Translation). Esta capacidad de

traducción de direcciones permite aplicar una técnica llamada IP Masquerading (enmascaramiento de IP), usada muy a menudo para dar acceso a Internet a los equipos de una red de área local compartiendo una única conexión a Internet, y por tanto, una única dirección IP externa.

Radio

Es solo una porción de un vector de energía al que llamamos "espectro electromagnético". En el fondo, este espectro no es más que una distribución energética de lo que llamamos ondas electromagnéticas.

Tesela

Cada una de las piezas con que se forma un mosaico

Antena

Es aquel dispositivo que permite la recepción y el envío de ondas electromagnéticas hacia un espacio libre. Por ejemplo una antena transmisora lo que hace es transformar voltajes en ondas electromagnéticas y la receptora realiza un proceso similar pero al revés.

Onda

En física, se utiliza la palabra "onda" para designar la trasmisión de energía sin desplazamiento de materia. Se trata de una perturbación o agitación que se desplaza en un ambiente determinado y que, después de pasar, lo deja en su estado inicial. Este mecanismo cubre una amplia gama de situaciones: Desde las ondas en la superficie de un líquido hasta la luz, que es en sí un tipo de onda.

Estándar.

Un estándar es un documento establecido por consenso, aprobado por un cuerpo reconocido, y que ofrece reglas, guías o características para que se use repetidamente.

Los estándares globales del PMI le proveen las guías de las mejores prácticas a los directores de proyectos, programas y portafolios, así como a sus organizaciones, al tiempo que le ahorran el tener que crear soluciones nuevas constantemente.

IEEE.

Corresponde a las siglas de The Institute of Electrical and Electronics Engineers, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros en eléctricos, ingenieros en electrónica, ingenieros en sistemas e ingenieros en telecomunicación.

- **Marco Legal**

Espectro Zigbee

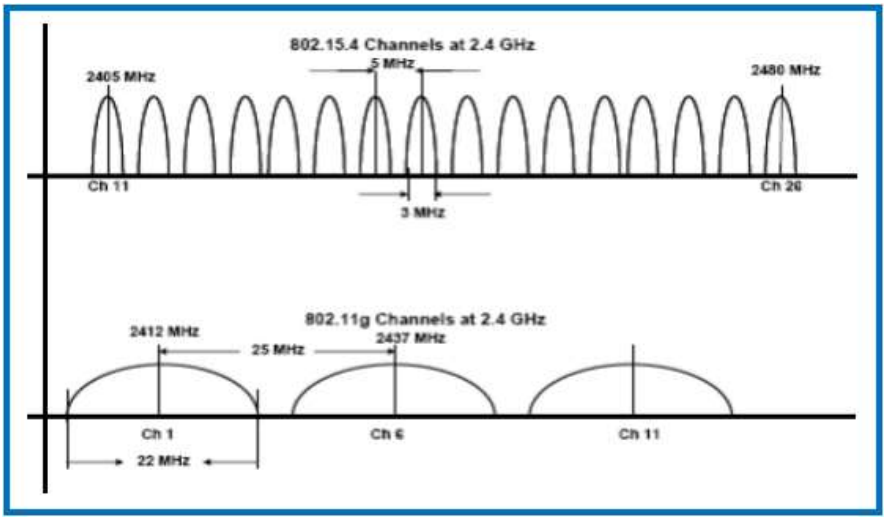
Respecto al espectro Zigbee tenemos lo siguiente:

- Un canal entre868MHz y 868.6MHz, Ch1 hasta Ch10.
- Diez canales entre 902.0MHz y 928.0MHz, Ch1 hasta Ch10.
- Dieciséis canales entre 2.4GHz y 2.4835GHz, Ch1 hasta Ch26.

El estándar ZigBee especifica una sensibilidad en el receptor de -85dBm en la banda de los 2.4GHz. Y una sensibilidad de -92dBm en la banda 865/915MHz.

La figura 8 muestra el espectro Zigbee y sus similitudes con el espectro Wifi.

Ilustración 8 Zigbee y su espectro compartido con Wifi.



Fuente: Estándar IEEE 802.15.4 “Redes Zigbee”
http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/229/6/A6.pdf

- **Marco Histórico**

A continuación, se menciona un artículo de la web que hace mención sobre la historia de las redes inalámbricas:

Historia de las Redes Inalámbricas

En los últimos años se ha verificado la proliferación de redes inalámbricas. Esto se debe a varias razones, como el estilo de vida actual, la necesidad de mantener conectividad a redes locales o Internet de forma constante, el soporte a la movilidad, mayor flexibilidad, etc.

La aparición de las redes inalámbricas ofrece muchas ventajas además de las referidas anteriormente. Entre ellas está la compatibilidad con las redes cableadas ya existentes, la facilidad de instalación, la reducción en los costes, la sencillez de administración, su escalabilidad, la capacidad de atravesar barreras físicas, etc. Pero su existencia no es fruto de un trabajo ni mucho menos sencillo, para comprender como hemos llegado hasta las redes WI-FI actuales, será mejor que vayamos al origen de las comunicaciones sin cable.

Orígenes de la comunicación inalámbrica

Para hablar de la historia de las redes inalámbricas nos remontaremos 1880, en este año, Graham Bell y Summer Tainter inventaron el primer aparato de comunicación sin cables, el fotófono. El fotófono permitía la transmisión del sonido por medio de una emisión de luz, pero no tuvo mucho éxito debido a que por aquel entonces todavía no se distribuía la electricidad y las primeras bombillas se habían inventado un año antes.

En 1888 el físico alemán Rudolf Hertz realizó la primera transmisión sin cables con ondas electromagnéticas mediante un oscilador que usó como emisor y un resonador que hacía el papel de receptor. Seis años después, las ondas de radio ya eran un medio de comunicación. En 1899 Guillermo Marconi consiguió establecer comunicaciones inalámbricas a través del canal de la Mancha, entre Dover y Wilmereux y, en 1907, se transmitían los primeros mensajes completos a través del Atlántico. Durante la Segunda Guerra Mundial se produjeron importantes avances en este campo.

Primera red local inalámbrica

No fue hasta 1971 cuando un grupo de investigadores bajo la dirección de Norman Abramson, en la Universidad de Hawaii, crearon el primer sistema de conmutación de paquetes mediante una red de comunicación por radio, dicha red se llamó ALOHA. Ésta es la primera red de área local inalámbrica (WLAN), estaba formada por 7 computadoras situadas en distintas islas que se podían comunicar con un ordenador central al cual pedían que realizara cálculos. Uno de los primeros problemas que tuvieron y que tiene todo nuevo tipo de red inventada fue el control de acceso al medio (MAC), es decir, el protocolo a seguir para evitar que las distintas estaciones solapen sus mensajes entre sí. En un principio se solucionó haciendo que la estación central emitiera una señal intermitente en una frecuencia distinta a la del resto de computadoras mientras estuviera libre, de tal forma que cuando una de las otras estaciones se disponía

a transmitir, antes “escuchaba” y se cercioraba de que la central estaba emitiendo dicha señal para entonces enviar su mensaje, esto se conoce como CSMA (Carrier Sense Multiple Access).

Un año después Aloha se conectó mediante ARPANET al continente americano. ARPANET es una red de computadoras creada por el Departamento de Defensa de los EEUU como medio de comunicación para los diferentes organismos del país.

A finales de la década de los setenta se publicaron los resultados de un experimento consistente en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica llevada a cabo por IBM en Suiza.

Funcionamiento

La forma de trabajar de las redes a grosso modo es la siguiente: Como ya hemos visto se utilizan ondas electromagnéticas para transportar información de un punto a otro, para este objetivo se hace uso de ondas portadoras. Estas ondas son de una frecuencia mucho más alta que la onda moduladora (la señal que contiene la información a transmitir). La onda moduladora se acopla con la portadora, a esto se llama modulación, surgiendo una señal de radio que ocupa más de una frecuencia (un ancho de banda) debido a que la frecuencia de la primera se acopla a la de la segunda. Gracias a esto pueden existir varias portadoras simultáneamente en el mismo espacio sin interferirse, siempre y cuando se transmitan en diferentes frecuencias. Otra ventaja de la modulación mediante ondas portadoras es la mayor facilidad en la transmisión de la información. Resulta más barato transmitir una señal de frecuencia alta (como es la modulada) y el alcance es mayor. El receptor se sintoniza para seleccionar una frecuencia de radio y rechazar las demás, tras esto demodulará la señal para obtener los datos originales, es decir, la onda moduladora. Como curiosidad, el dispositivo electrónico encargado de esta tarea se llama módem debido a que MOdula y DEModula.

En el ejemplo anterior, la primera onda es la moduladora, la segunda la portadora y, la tercera, la combinación de las dos anteriores.

- **Metodología Scrum.**

Scrum es el término dado por Nonaka y Takeuchi al método de desarrollo de nuevos productos realizado con equipos reducidos, multidisciplinares, que

trabajan con comunicación directa y empleando ingeniería concurrente, en lugar de ciclos o fases secuenciales.

Esta forma de trabajo logra niveles de eficiencia y valor en el producto superiores a los obtenidos con ingeniería secuencial y producción basada en procesos. En los 80, Nonaka y Takeuchi (Takeuchi & Nonaka 1986) analizaron esta forma de producción, observando cómo trabajaban los equipos de las empresas tecnológicas que lograban mayores niveles de eficiencia y valor en sus productos ("New Product Development Game"): Fuji-Xerox, Canon, Honda, NEC, Epson, Brother, 3M, Xerox y Hewlett-Packard.

Fases de Scrum

SCRUM comprende las siguientes fases:

1.- Pre-juego

Planificación: Definición de una nueva versión basada en la pila actual, junto con una estimación de coste y agenda. Si se trata de un nuevo sistema, esta fase abarca tanto la visión como el análisis. Si se trata de la mejora de un sistema existente comprende un análisis de alcance más limitado. Arquitectura: Diseño de la implementación de las funcionalidades de la pila. Esta fase incluye la modificación de la arquitectura y diseño generales.

2.- Juego

Desarrollo de sprints: Desarrollo de la funcionalidad de la nueva versión con respeto continúo a las variables de tiempo, requisitos, costo y competencia. La interacción con estas variables define el final de esta fase. El sistema va evolucionando a través de múltiples iteraciones de desarrollo o sprints.

3.- Post-juego

Preparación para el lanzamiento de la versión, incluyendo la documentación final y pruebas antes del lanzamiento de la versión.

- **Factibilidad**

1.11.1. Factibilidad Operativa

Es necesario contar con los siguientes recursos humanos:

Nombres de los desarrolladores:
Liliana Mora Chávez
Jhon Harold Ariza Suaza

	Requisitos
Conocimientos	• Conocimientos en lenguajes de programación Java Framework
Habilidades	• Trabajo en equipo • Buena Comunicación • Manejo de lógica • Capacidad para el aprendizaje eficiente • Capacidad de programar
Tutor del Proyecto	• Realizar acompañamiento y guiar a los estudiantes en los procesos de investigación e innovación del proyecto

Tabla 1 Requisitos operativos

- **Factibilidad Legal**

1. Los lenguajes de programación que se utilizaran en el proyecto se puede observar que son herramientas libres (netbeans)
2. El sistema operativo Windows se cuenta su respectiva licencia

- **Factibilidad Técnica**

Requisitos	**Recursos**
Respecto al hardware	
Manejo de la herramienta	Computador
Respecto al software	
Java	Netbeans

Tabla 2 Factibilidad Técnica

- **Factibilidad Económica**

Software Requerido	**Proveedor**	**Costo**
Netbeans	Software Libre	Gratuito

Tabla 3 Factibilidad Económica para software requerido.

Hardware Requerido	**Costo Unitario**	**Cantidad**	**Totales**
Ordenadores	$ 2’500.000	2	$ 5’000.000
Total			$ 5.000.000

Tabla 4 Factibilidad Económica para hardware requerido.

- **Factibilidad Talento Humano**
- Costo de Personal

Personal	Funciones	Valor Hora	Horas	Costos
Desarrolladores	Dos programadores que realicen a implementación de la solución	$ 20.000	8 horas semanales	$ 5.120.000
Tutorías	Asesorías del proyecto metodología	$ 30.000	50	$ 1.500.000
Total				$ 11.470.000

Tabla 5 Factibilidad talento humano

- **Total proyecto**

Recursos	Valor
Total Recursos Humanos	$ 11.740.000
Total Recursos Técnicos	$ 5.000.000
Total Otros Recursos	$ 50.000
Costos Imprevistos (10% de total)	$ 1.827.000
Total Costo	$ 17.617.000

Tabla 6 Total Factibilidad

2. FASE ELABORACION

2.1. ANALISIS PARA LA ELABORACION

El análisis permite obtener un buen desarrollo del software, debido a que este tiene unos pasos fundamentales para la fase de construcción. El proyecto está enfocado en el desarrollo del diseño de redes inalámbricas, algunos de los análisis que podemos encontrar son:

2.1.1. Características de la población a tratar

El software está orientado para la población que recurrentemente utiliza redes de sensores inalámbricos los cuales por sus actividades realizan diseños para poder organizar los sensores.

Pero se debe aclarar que cualquier persona con un mínimo conocimiento de redes lo podrá hacer uso del software.

2.1.2. PROBLEMÁTICA O NECESIDAD A ATENDER

La necesidad que quiere lograr cubrir el software es la disminución de cálculos por parte de las personas para realizar el diseño de su red inalámbrica, igualmente disminuir el tiempo que se utiliza para este tipo de diseños.

2.1.3. Justificación de uso de los medios iterativos

2.1.3.1. Justificación

El proyecto está enfocado en el desarrollo de un software que permita conocer la distribución de un tipo de nodo en un área en la que se pretenda hacer la construcción de la red, es decir el diseño de la red, por otra parte le ofrecería al diseñador, poder observar cómo quedan dos diseños de su red y escoger el que le parezca más factible sin ocupar tanto tiempo

2.1.3.2. Procedimiento

El desarrollo del proyecto está basado en investigación, consultas y asesorías con personas que tengan un nivel de conocimiento bueno sobre el tema de redes inalámbricas, protocolos zigbee y diseños en java.

2.1.3.3. Validez

Para realizar validaciones del proyecto se tuvo en cuenta los protocolos zigbee, los buenos resultados de las ecuaciones y algunas pruebas realizadas sobre el software

2.2. Fase de diseño

2.2.1. Comunicacional

2.2.1.1. Herramientas

Para el uso de las interfaces se implementó el uso de java (netbeans), puesto que esta herramienta contiene variedad de herramientas necesarias para la creación del software.

2.2.1.2. Interfaces

- **Interfaz #1: Inició aplicación**
  - **Objetivo:** Lograr que el usuario pueda escoger entre realizar un diseño nuevo o recuperar un diseño ya realizado
  - **Descripción:** El usuario podrá escoger entre realizar un nuevo diseño o recuperar un diseño ya realizado, de esta manera si el usuario cuenta con un diseño ya realizado podrá volver a visualizarlo sin ningún problema, se debe tener en cuenta que el software solo aceptará abrir diseños realizados anteriormente por el software.

- **Vista:**



DRIN(Diseño redes inalámbricas)

- **Componentes:** La interfaz de inicio de la aplicación cuenta con 4 botones cada uno con una función diferente como lo es:
  - Crear nuevo diseño.
  - Abrir diseño.
  - Cerrar la aplicación.
  - Minimizar la aplicación.

- **Interfaz #2: Proyecto nuevo**
  - **Objetivo:** Realizar nuevo proyecto.
  - **Descripción:** El usuario podrá ingresar datos para continuar con el diseño de la red, algunos datos son:
    - Potencia del módulo.
    - Área del terreno.
    - Banda Mhz.
  - **Vista**



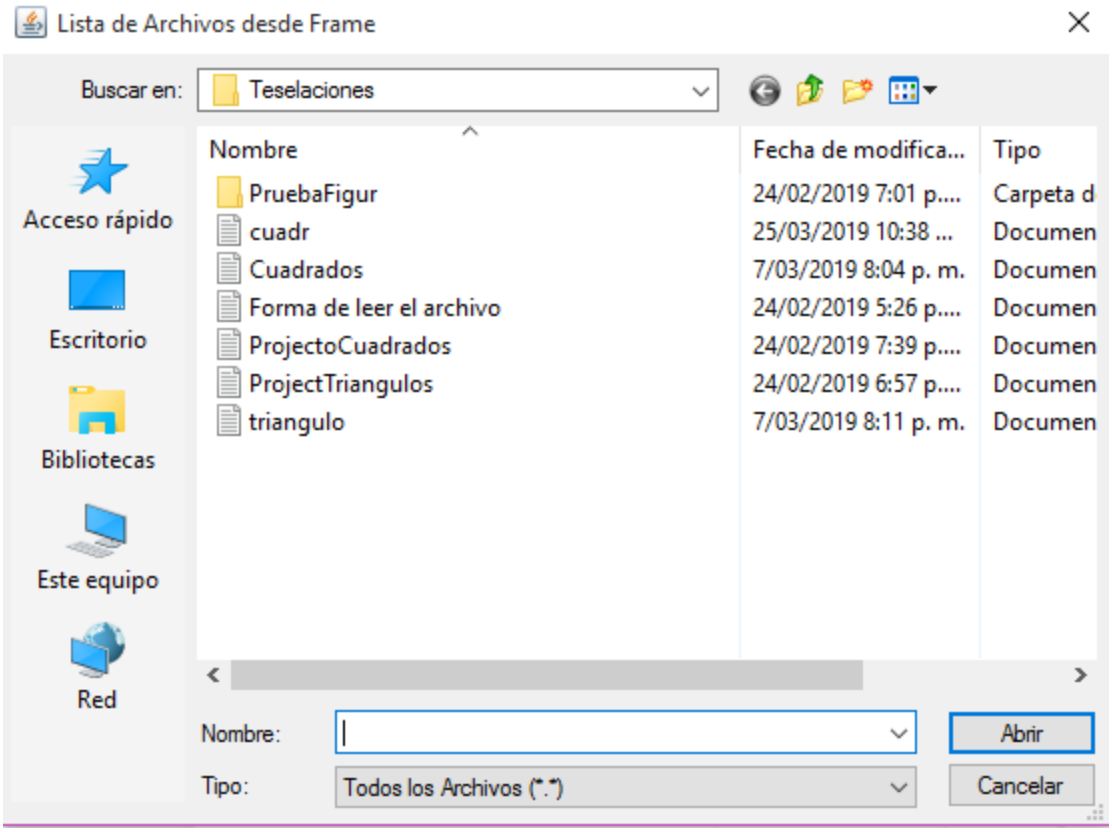
- **Componentes:** La interfaz de Proyecto Nuevo cuenta con 2 campos en los cuales podrá ingresar los datos sobre el área a manejar, una lista para escoger la banda de los sensores y 4 botones cada uno con una función diferente como lo es:
  - Crear proyecto nuevo.
  - Volver a la interfaz inicio de la aplicación.
  - Cerrar la aplicación.
  - Minimizar la aplicación.

- **Interfaz #3: Generación diseño de la red**
  - **Objetivo:** Visualizar el diseño de la red generada.
  - **Descripción:** El usuario podrá observar el diseño de su red con dos diferentes teselaciones (cuadrada o triangulas), esto será posible cuando el usuario oprima algún de los dos bonotes de teselación y posteriormente el botón de llenar teselación , de igual manera podrá vaciar la teselación y observar información como:
    - Potencia del módulo.
    - Banda.
    - Tamaño de tesela.
    - Número de teselas
  - **Vista**



- **Componentes:** La interfaz de Generación diseño de la red cuenta con:
  - 8 campos:
    - Potencia del módulo.
    - Distancia eje x.
    - Distancia eje y.
    - Banda que manejara el sensor.
    - Numero de sensores que se manejara.
    - Tamaño por tesela.
    - Número de teselas en el eje X.
    - Número de teselas en el eje Y.
  - 8 botones:
  - Guardar.
  - Vaciar teselación.
  - Rellenar teselación.
  - Generar teselación triangular.
  - Generar teselación cuadrada.
  - Volver a la interfaz Proyecto nuevo.
  - Cerrar la aplicación.
  - Minimizar la aplicación.

- **Interfaz #4: Recuperar diseño**
  - **Objetivo:** Recuperar el diseño realizado anteriormente.
  - **Descripción:** El usuario al iniciar el programa podrá oprimir el botón para abrir un proyecto anterior, al realizar este proceso podrá visualizar una nueva ventana en la cual podrá buscar su diseño anteriormente guardado.
  - **Vista**



  - **Componentes:** La interfaz de Recuperar diseño con la ruta para poder encontrar el diseño guardado.

2.2.2. Computacional

Se espera que el Software computacionalmente brinde las siguientes funciones:

- ✓ Permitir al usuario acceder fácilmente para realizar un diseño o recuperar un diseño ya guardado.
- ✓ Permitir al usuario ingresar cierta información del área y del sensor para poder realizar el diseño deseado
- ✓ Brindar una interfaz adecuada para que el usuario pueda utilizar la información brindada por el software

2.3. Definición de requerimientos

2.3.1. Requerimientos funcionales

Código Requerimiento	Req-01
Nombre	Ingresar al software
Descripción	El software dará a escoger al usuario entre crear un nuevo diseño o recuperar un diseño.
Código Requerimiento	Req-02
Nombre	Ingresar datos
Descripción	El usuario podrá ingresar datos sobre el área y el sensor a manejar para realizar el debido proceso y así obtener un diseño adecuado.
Código Requerimiento	Req-03
Nombre	Escoger teselación
Descripción	El usuario podrá escoger entre dos testaciones para su diseño (Triangular o cuadrada).
Código Requerimiento	Req-04
Nombre	Llenar teselación
Descripción	El usuario podrá llenar su teselación y así lograr visualizar los sensores utilizados y el lugar donde se deben posicionar.
Código Requerimiento	Req-05
Nombre	Visualización diseño
Descripción	El usuario podrá visualizar el diseño creado.
Código Requerimiento	Req-06
Nombre	Vaciar teselación
Descripción	El usuario podrá borrar el diseño y podrá consultar un nuevo diseño o cerrar la aplicación.
Código Requerimiento	Req-07
Nombre	Guardar
Descripción	El usuario podrá guardar el diseño realizado para posteriormente utilizar.

Código Requerimiento	Req-08
Nombre	Información Diseño
Descripción	AL realizar un diseño el usuario podrá visualizar información acerca del diseño.
Código Requerimiento	Req-09
Nombre	Cerrar aplicación
Descripción	El usuario podrá cerrar la aplicación cuando lo desee
Código Requerimiento	Req-10
Nombre	Regresar
Descripción	El usuario podrá volver a la interfaz anterior cuando lo desee

2.3.2. Requerimientos no funcionales

- Apariencia
  La interfaz de la aplicación está programada para ser visualizada sin tanto esfuerzo donde los usuarios puedan hacer uso del programa de una manera fácil.
- Disposición y requerimientos de navegación
  Es importante que el software tenga un diseño adecuado para el usuario.
- Interfaces de hardware

  EL software es de uso para un computador por lo que pide algunas especificaciones como

  - Computador portátil o escritorio.
  - 1 o 2 GB de memoria RAM
  - Procesador de 32 o 64 bits.

2.4. Definición de actores y casos de usos

El siguiente punto tiene como función dar a conocer los principales actores que interactúan con el software y las funciones que cada uno de ellos deben cumplir para obtener un buen resultado

2.4.1. Actores

Actor	Descripción de los actores	Función de los actores
Usuario	El usuario será el responsable de ingresar correctamente la información para realizar el diseño, así mismo será el responsable de escoger la teselacion deseada	• Acceder al software • Ingresar datos • Escoger la teselacion • Guardar el diseño • Crear el diseño • Cerrar el programa

2.4.2 Diagrama de Actores



2.4.3. Casos de uso

Se identifica los casos de uso relacionados con la aplicación.

- Acceder al software.
- Ingresar datos.
- Escoger la teselación.
- Guardar el diseño.
- Crear el diseño.
- Cerrar el programa.
- Recuperar diseño
- Borrar un diseño.

2.4.4. Documentación de casos de usos

Caso Número 1: Acceder al software.

Identificación	Casos de Uso	Actores
C1	Acceder al Software	Usuario
Objetivo		
Ingresar a la aplicación para realizar el diseño		
Descripción		
El usuario debe ingresar a la aplicación para interactuar en ella creando un diseño o recuperando un diseño ya realizado		
Pre-condiciones		

	El usuario debe acceder a la aplicación por medio de un computador, además debe tener buena capacidad para soportar el programa.
Post- condiciones	El usuario accede correctamente al programa
Excepciones	• El usuario no tiene un computador. • El usuario no tiene un computador con buena capacidad.
Curso normal de eventos	
Acción del actor	**Acción del sistema**
• El usuario accede al programa • El usuario escoge crear un diseño o recupera un diseño realizado	
Interrupciones	
El usuario no tiene un computador con buena capacidad	

Caso número 2: Ingresar datos.

Identificación	**Casos de Uso**	**Actores**
C2	Ingresar datos	Usuario
Objetivo		
Ingresar datos correspondientes al diseño		
Descripción		
El usuario debe ingresar los datos necesarios por el programa para realizar el diseño deseado exitosamente		
Pre-condiciones		El usuario debe tener claro cuáles son los datos que el programa está solicitando
Post- condiciones		El usuario ingresa los datos correctos
Excepciones		• El usuario no tiene un computador • El usuario no tiene un computador con buen capacidad
Curso normal de eventos		
Acción del actor		**Acción del sistema**
El usuario ingresa los datos correctos		El sistema verifica que los datos sean

	correspondientes a los pedidos
Interrupciones	
• El usuario no tiene información completa de los datos • El usuario no ingresa bien los datos	

Caso Número 3: Escoger la teselación.

Identificación	**Casos de Uso**	**Actores**
C3	Escoger la teselacion	Usuario
Objetivo		
Escoger la teselación para el diseño de la red		
Descripción		
El usuario debe escoger entre dos teselaciones existentes en el programa para el diseño de la red		
Pre-condiciones		El usuario debe escoger una teselacion para seguir con el proceso del diseño.
Post- condiciones		El usuario no le gusta ninguna de las dos teselaciones que tiene el programa
Excepciones		• El usuario no le gusta ninguna teselacion encontrada
Curso normal de eventos		
Acción del actor		**Acción del sistema**
• El usuario escoge una teselación. • El usuario visualiza la teselacion		• El sistema verifica cual teselación se escogió. • El sistema calcula y muestra la teselación escogida.
Interrupciones		
El usuario no le gusta ninguna teselacion por correspondiente cierra el programa		

Caso Número 4: Guardar el diseño.

Identificación	**Casos de Uso**	**Actores**
C4	Guardar el diseño	Usuario
Objetivo		
Guardar el diseño creado		
Descripción		

El usuario debe guardar el diseño creado si desea utilizarlo posteriormente en el computador	
Pre-condiciones	El usuario debe tener un diseño creado para guardarlo.
Post- condiciones	El usuario no desea guardar el diseño
Excepciones	• El usuario no necesita guardar el diseño creado
Curso normal de eventos	
Acción del actor	**Acción del sistema**
• El usuario crea un diseño. • El usuario guarda el diseño	• El sistema verifica diseño creo. • El sistema verifica la ruta en el cual pueda guardar el diseño. • El sistema guarda satisfactoriamente el diseño
Interrupciones	
• El usuario no desea guardar el diseño. • El usuario no escoge una ruta adecuada para guardar el diseño.	

Caso Número 5: Crear el diseño.

Identificación	**Casos de Uso**	**Actores**
C5	Crear el diseño	Usuario
Objetivo		
Crear un nuevo diseño		
Descripción		
El usuario escoge la opción de crear un nuevo diseño en este podrá ingresar los datos necesarios		
Pre-condiciones		El usuario escoge la opción crear diseño.
Post- condiciones		El usuario no desea crear un diseño.
Excepciones		

	• El usuario no desea crear un diseño
Curso normal de eventos	
Acción del actor	**Acción del sistema**
• El usuario crea un diseño.	• El sistema verifica diseño. • El sistema calcula si el diseño es correcta. • El sistema crea exitosamente el diseño.
Interrupciones	
• El usuario no desea crear el diseño.	

Caso Número 6: Cerrar el programa.

Identificación	**Casos de Uso**	**Actores**
C6	Cerrar el programa	Usuario
Objetivo		
Cerrar el programa		
Descripción		
El usuario escoge cerrar el programa por alguna decisión		
Pre-condiciones		El usuario escoge la opción cerrar el programa.
Post- condiciones		El usuario no desea cerrar el programa.
Excepciones		• El usuario no cierra el programa • El programa no permite cerrarse.
Curso normal de eventos		
Acción del actor		**Acción del sistema**
• El usuario cierra el programa.		• El sistema verifica un cierre exitoso.
Interrupciones		
• El usuario no desea cerrar el programa.		

Caso Número 7: Recuperar el diseño.

Identificación	**Casos de Uso**	**Actores**
C7	Recuperar el diseño	Usuario

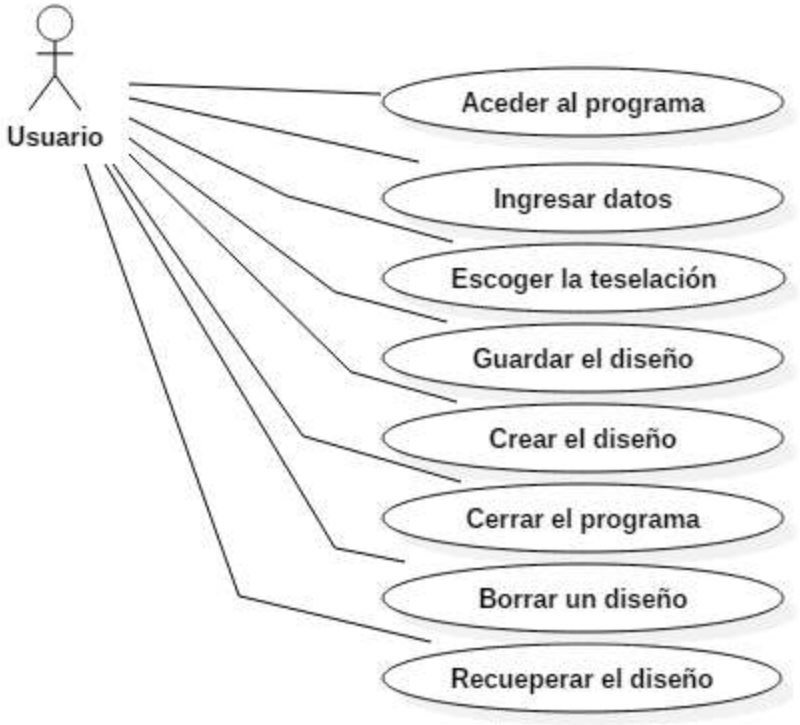
Objetivo	
Agregar un diseño existente	
Descripción	
El usuario escoge la opción de agregar un diseño existente.	
Pre-condiciones	El usuario escoge la opción agregar diseño existente y este se logra recuperar
Post- condiciones	El usuario no encuentra el diseño.
Excepciones	• El usuario no encuentra el diseño.
Curso normal de eventos	
Acción del actor	**Acción del sistema**
• El usuario busca el diseño para agregar.	• El sistema busca el diseño solicitado. • El sistema verifica si se encuentra el diseño.
Interrupciones	
• El usuario no encontró el diseño.	

Caso Número 8: Borrar diseño.

Identificación	Casos de Uso	Actores
C8	Borrar diseño	Usuario
Objetivo		
Borrar diseño por decisión del usuario		
Descripción		
El usuario escoge la opción de borrar el diseño, el sistema procede a borrar el diseño		
Pre-condiciones		El usuario escoge la opción de borrar el diseño.
Post- condiciones		El usuario no tiene un diseño creado.
Excepciones		• El usuario no tiene un diseño creado.
Curso normal de eventos		

Acción del actor	Acción del sistema
• El usuario crea un diseño. • El usuario escoge la opción borrar diseño.	• El sistema verifica que exista un diseño. • El sistema borra exitosamente el diseño creado.
Interrupciones	
• El usuario no ha creado un diseño.	

2.4.5. Diagrama de casos de uso



BIBLIOGRAFIA.

- GIROD FORTUÑO, Antón. Desarrollo e implementación de una red de sensores Zigbee mediante el dispositivo Xbee de Digi. {En línea}. 2012. {28/03/18}. Disponible en: http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1957pub.pdf.

- S A. ¿Qué es la IEEE? {En Línea}. 29/09/2017. {06/02/2018}. Disponible en: https://ieeesbc.wordpress.com/¿que-es-la-ieee/
- PMI. ¿Qué es un estándar? {En Línea}.SF. {06/02/2018}. Disponible en: http://americalatina.pmi.org/latam/pmbokguideandstandards/whatisastandar .aspx
- ORTIZ TAPIA Francisco. Redes de Sensores Inalámbricos Wireless sensor networks (WSN) {En Línea}. 2013. {1/04/2018}. Disponible en profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/networks/Presentacion_sensores.p df
- Scrum Manager. Modelo Original de Scrum para el desarrollo de software. {En Línea}. SF. {1/04/2018}. Disponible en: https://www.scrummanager.net/bok/index.php?title=Modelo_original_de_Scr um_para_desarrollo_de_software
- ARTACHO, Amadeo. Teselaciones regulares con un solo tipo de polígono regular. {En línea}. 2017. {01/04/2018}. Disponible en: https://matematicascercanas.com/2017/08/13/teselaciones-regulares-solo-tipo-poligono-regular/
- OBS. Business School. Cinco herramientas software para crear un diagrama de red. {En línea}. 2016. {01/04/2018}. Disponible en: https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/herramientas-esenciales/cinco-herramientas-software-para-crear-un-diagrama-de-red
- ARTACHO, Amadeo. Teselaciones regulares con un solo tipo de polígono regular. {En línea}. 2017. {01/04/2018}. Disponible en: https://matematicascercanas.com/2017/08/13/teselaciones-regulares-solo-tipo-poligono-regular/
- DefinicionABC. Definición de Antena. {En Linea}. SF. {01/04/2018}. Disponible en: https://www.definicionabc.com/comunicacion/antena.php
- EcuRed. Potencia Eléctrica. {En Linea}. 23/06/2013. {01/04/2018}. Disponible en: https://www.ecured.cu/Potencia_eléctrica
- Puerta de Enlace. ¿Qué es una puerta de enlace (Gateway)?. {En Linea}. SF. {01/04/2018}. Disponible en https://www.puertadeenlace.com/faq/general/46-que-es-una-puerta-de-enlace-gateway
- Museo Información. Historia de las Redes Inalámbricas. {En Linea}. 02/12/2010. {01/04/2018}. Disponible en: http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/
- TURMERO, Pablo. Redes celulares. {En línea}. SA. {01/04/2018}. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos103/redes-celulares-telefonicas/redes-celulares-telefonicas.shtml

- Orange. Las ondas. ¿Qué es una onda? {En línea}. 2016. {01/04/2018}. Disponible en: http://www.ondes-radio.orange.com/es/acerca-de-las-ondas/que-es-una-onda

- NATIONAL INSTRUMENTS. ¿Qué es una red de sensores inalámbricos? {En línea}. 2009. {01/04/2018}. Disponible en: http://www.ni.com/white-paper/7142/es/

CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo demuestra que es posible desarrollar una herramienta que pueda ayudar con el diseño de una red inalámbrica.

Este trabajo tiene un impacto positivo en la sociedad, ya que contribuye de mejor manera en la construcción de diseños de redes inalámbricas, facilitando al diseñador temas de cálculos de potencias, alcances, cobertura, y visualización.

El conocimiento adquirido en la universidad nos brinda las herramientas necesarias para el desarrollo de esta herramienta.

RECOMENDACIONES

- Es necesario tener conocimientos técnicos sobre las propiedades del sensor, como su potencia.
- El área sobre la que se trabaje esencialmente debe estar libre de interferencias, y al aire libre.
- Al ser un software desarrollado en java, es poco probable que presente errores de compatibilidad, sin embargo, es recomendable que se instale sobre una máquina de 64 bits y con almenos 4 gb de ram, ya que la aplicación puede tender a gastar recursos según el tamaño del diseño.