

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LOS
LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UPB BUCARAMANGA**

BROILAN JOSÉ ARENALES LOPERA

NELSON JAVIER CALA MAYORGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA

2019

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LOS
LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UPB BUCARAMANGA**

BROILAN JOSÉ ARENALES LOPERA

NELSON JAVIER CALA MAYORGA

Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico

DIRECTOR: RAÚL RESTREPO AGUDELO

Ingeniero Electricista

M.Sc en Ingeniería

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cumplir este sueño, por los buenos y malos momentos, los cuales me han enseñado a valorar cada día más lo que tengo.

A mis maestros y amigos que hemos encontrado al largo de nuestra vida. Porque cada uno de ustedes ha aportado para cumplir este sueño, enseñándome a ser más humano.

Por último, a nuestras familias quienes han sido el pilar de estos acontecimientos, gracias a su esfuerzo y constante apoyo en todo momento.

-Nelson Cala

Dedico este proyecto a Dios, por bendecir nuestras vidas siempre con su presencia. A mis padres que se han esforzado a diario por un mejor futuro para sus hijos. A mi hermanita quien es mi ejemplo.

-Broilan Arenales

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, agradezco a mi familia por el apoyo brindado en todo momento, por ayudarme a sortear de la mejor manera todos los retos presentados en mi vida, por incentivar-me a ser mejor persona y no darme por vencido ante cualquier adversidad.

A Paula Andrea Lizarazo por ayudarme cada día, motivarme, hacerme ver las cosas de manera diferente incentivándome a superarme cada día y alentarme para cumplir mis sueños y ser mejor persona cada día.

Quisiera agradecer a mis profesores que estuvieron conmigo en mi formación académica y profesional.

-Nelson Cala

Agradezco a todos los maestros que a lo largo de la carrera que aportaron conocimientos a mi formación y, sobretodo, al ingeniero Raúl Restrepo, director de este proyecto, por su paciencia y dedicación.

-Broilan Arenales

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	13
1. Planteamiento del problema	15
2. Antecedentes.....	17
3. Objetivos	21
3.1 Objetivo general	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
4. Marco teórico.....	22
4.1 Domótica	22
4.2 Inmótica.....	22
4.3 Edificio automatizado	22
4.3.2 Building Management System (BMS).....	24
4.4 Protocolos de comunicación.....	25
4.4.1 Protocolos de comunicación propietarios.....	25
4.4.2 Protocolos de comunicación estándar	26
4.5 Topologías.....	27
4.5.1 Topología en estrella.....	28
4.5.2 Árbol.....	28
4.5.3 Malla	29
4.5.4 Anillo	30
4.5.5 Híbrida.....	30
4.5.6 Bus.....	31
4.6 Tipos de instalaciones domóticas	32
4.6.1 Cableada.....	32
4.6.2 Inalámbrica.....	32
4.6.3 Mixta.....	33
4.7 Elementos presentes en un sistema automatizado.....	33
4.7.1 Sensores	33
4.7.2 Controladores (Central de gestión).....	36
4.7.3 Actuadores	36
5. Descripción del proceso de diseño de un sistema domótico.....	39
5.1 Estudio previo	39
5.2 Análisis y diseño del sistema domótico	39

5.3 Preinstalación e instalación de un sistema domótico	39
5.4 Configuración del sistema domótico.....	40
5.5 Pruebas del sistema y puesta en funcionamiento	40
5.6 Capacitación para el usuario final	41
6. Diseño del sistema	42
6.1 Determinación de necesidades	42
6.2 Ubicación de dispositivos en el plano y definición de cableado y canalizaciones	43
6.3 Memoria de cálculo.....	51
6.3.1 Información preliminar	51
6.3.2 Consideraciones básicas para el cableado.....	51
6.3.3 Sistema de Administración.....	53
6.4 Determinación de cantidades de obra.....	55
7. Elaboración de presupuesto	60
7.1 Presupuesto de la obra.....	60
7.1 Análisis de Precios Unitarios	63
8. Configuración de equipos	72
8.1 Insteon	73
8.2 Z-Wave.....	81
9. Puesta en marcha del sistema.....	85
9.1 Control de luces.....	85
9.1.1 Radio frecuencia	85
9.1.2 Power line communication.....	86
9.2 Cámaras de monitoreo.....	88
9.3 Apertura y cierre de puertas y ventanas	88
10. Conclusiones	94
11. Bibliografía	97
ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Automatización de vivienda.	21
Figura 2. Edificio automatizado.	22
Figura 3. Sistema de gestión de edificios.	23
Figura 4. Topología en Estrella.	26
Figura 5. Topología en Árbol.	26
Figura 6. Topología en Malla.	27
Figura 7. Topología en Anillo.	28
Figura 8. Topología Híbrida.	28
Figura 9. Topología tipo bus.	29
Figura 10. Enlace de dispositivos.	30
Figura 11. Tipos de sensores.	31
Figura 12. Controlador domótico.	34
Figura 13. Actuadores.	34
Figura 14. Convenciones de cableado y canalizaciones.	40
Figura 15. Convenciones de dispositivos.	40
Figura 16. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Señales.	41
Figura 17. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Redes.	41
Figura 18. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Instrumentación.	42
Figura 19. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Máquinas.	42
Figura 20. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica Industrial.	43

Figura 21. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica K-314.	43
Figura 22. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica K-313.	44
Figura 23. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica K-312.	44
Figura 24. Plano del diseño domótico para la Sala de proyectos de Electrónica.	45
Figura 25. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Antenas.	45
Figura 26. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Comunicaciones básicas.	46
Figura 27. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Control de Procesos.	46
Figura 28. Plano del diseño domótico para Centro Administrativo de Laboratorios.	47
Figura 29. Protocolo de seguridad.	71
Figura 30. Asignación de clave.	72
Figura 31. Software HouseLinc.	73
Figura 32. Configuración hub.	73
Figura 33. Selección del hub.	74
Figura 34. Dirección IP hub.	74
Figura 35. Añadir dispositivos.	75
Figura 36. Alerta dispositivos.	76
Figura 37. Dispositivos conectados.	76
Figura 38. Software IP Camera Tool.	77
Figura 39. Lista de cámaras disponibles.	77
Figura 40. Credenciales cámaras IP.	78
Figura 41. interface cámaras IP.	78
Figura 42. Real-time cámaras IP.	79

Figura 43. herramientas cámaras IP.	79
Figura 44. Selección de cuenta Z-Wave.	80
Figura 45. Selección tipo de controlador Z-Wave.	81
Figura 46. Detección de controlador Z-Wave.	81
Figura 47. Conexión del controlador Z-Wave.	82
Figura 48. Agregar dispositivos al controlador Z-Wave.	82
Figura 49. Tablero radio frecuencia.	87
Figura 50. Control remote.	88
Figura 51. Circuito power line communication.	88
Figura 52. Dispositivo Dual Band #2413UH.	89
Figura 53. Cámara de monitoreo.	89
Figura 54. Instalación apertura de puerta.	90
Figura 55. Sensores magnéticos.	91
Figura 56. Teclado insteon.	91
Figura 57. Salon k312	92
Figura 58. Centro administrativo	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Necesidades domóticas para laboratorios de electrónica.	39
Tabla 2. Especificaciones de los equipos.	49
Tabla 3. Especificaciones del cableado.	49
Tabla 4. Cantidades de obra para Laboratorio de Electrónica No 3 K-313.	50
Tabla 5. Cantidades de obra para Laboratorio de Instrumentación.	50
Tabla 6. Cantidades de obra para Laboratorio de Comunicaciones.	50
Tabla 7. Cantidades de obra para Laboratorio de Redes.	51
Tabla 8. Cantidades de obra para Laboratorio de Señales.	51
Tabla 9. Cantidades de obra para Centro Administrativo de Laboratorios.	51
Tabla 10. Cantidades de obra para Sala de Proyectos.	51
Tabla 11. Cantidades de obra para Laboratorio de Electrónica No 2 K-312.	52
Tabla 12. Cantidades de obra para Laboratorio de Medidas Eléctricas K-314.	52
Tabla 13. Cantidades de obra para Laboratorio de Máquinas.	52
Tabla 14. Cantidades de obra para Laboratorio de Control Industrial.	52
Tabla 15. Cantidades de obra para Laboratorio de Electrónica Industrial.	53
Tabla 16. Cantidades de obra para Laboratorio de Antenas.	53
Tabla 17. Presupuesto diseño domótico.	55
Tabla 18. Precio de materiales.	56
Tabla 19. Precio mano de obra.	57

Tabla 20. Precio unitario Tubería EMT 3/4".	58
Tabla 21. Precio unitario cable Dúplex.	59
Tabla 22. Precio unitario canaleta plástica.	60
Tabla 23. Precio unitario toma doble regulada.	61
Tabla 24. Precio unitario cámara IP Smarthome.	62
Tabla 25. Precio unitario sensor magnético.	63
Tabla 26. Precio unitario relé.	64
Tabla 27. Precio unitario transmisor 2450.	65
Tabla 28. Precio unitario transmisor 2413UH.	66
Tabla 29. Precio unitario computador.	67
Tabla 30. Precio unitario router.	68

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DE LA UPB BUCARAMANGA

AUTOR(ES): NELSON JAVIER CALA MAYORGA
BROILAN ARENALES

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): RAUL RESTREPO AGUDELO

RESUMEN

Debido a una necesidad latente de control y monitoreo en los laboratorios de electrónica del edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga se decide diseñar un sistema domótico con el fin de atender estas necesidades y brindar comodidad a las personas encargadas de esta área. Para esto, se hace un estudio previo de las necesidades puntuales de cada aula, que obedecen a la instalación de sensores magnéticos, cámaras de seguridad, control de encendido de luces, transmisores y una central de administración. Se realizan los planos del sistema en la herramienta de diseño Autocad, donde se determina la ubicación de los dispositivos y las rutas del cableado para cada laboratorio. Además, se elabora un documento con las especificaciones de los equipos que se requieren; la universidad cuenta con dispositivos domóticos que fueron incluidos dentro del diseño y se dejó registro del paso a paso de su configuración.

PALABRAS CLAVE:

Domótica, diseño, dispositivo, automatizar, router.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DOMOTICS SYSTEM FOR ELECTRONICS LABORATORIES IN THE PONTIFICIA BOLIVARIANA UNIVERSITY

AUTHOR(S): NELSON JAVIER CALA MAYORGA
BROILAN ARENALES

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: RAUL RESTREPO AGUDELO

ABSTRACT

Due to a latent need for control and monitoring in the electronics laboratories of UPB Bucaramanga, it was decided to design a domotic system in order to meet these needs and provide comfort for the people who are in charge of this area. For this, a preliminary study of the specific needs of each classroom was made, which are: installation of magnetic sensors, security cameras, lighting control, transmitters and a central administration. The system drawings were made in Autocad design tool, where the location of the devices and the wiring routes for each laboratory are set. In addition, a document was prepared with the specifications of the equipment required; The university has some domotic devices that were included in the design and a step-by-step record of its configuration was wrote.

KEYWORDS:

Domotics, design, device, automation, router.

Introducción

Con la llegada de la microelectrónica y con el desarrollo tecnológico en telecomunicaciones, informática y arquitectura se ha dado una relación entre ellas, originando el concepto de edificaciones inteligentes. Los fabricantes han optado por crear nuevas tecnologías con el fin de satisfacer las nuevas necesidades de los usuarios dentro de sus edificaciones. Tres factores importantes a tener en cuenta en el diseño y la construcción de edificaciones inteligentes son: integración de funciones, facilidad de uso y la interacción entre dispositivos y el usuario.

La automatización de la construcción está segmentada en tres áreas bien definidas: la domótica, la inmótica y la urbótica. La domótica se refiere a los sistemas de automatización de viviendas, aportando sistemas de seguridad contra incendios, control de acceso, vigilancia automática, aprovechamiento óptimo de la energía, manejo de diferentes equipos electrónicos de manera remota y el acceso a elementos por parte de personas que sufren discapacidades. La inmótica, también llamada BMS (Sistema de Gestión de Edificios), por sus siglas en inglés, se enfoca en la automatización de edificios, como hoteles, centros comerciales, hospitales, edificios públicos. Además de tener una concepción similar a la de la domótica, también proporciona sistemas avanzados que brindan monitoreo y control de diferentes procesos y el manejo de información para permitir tomar acciones correctivas antes, durante y después de los eventos. Por su parte, la urbótica abarca un campo mucho más amplio, pues enfoca la integración de la tecnología hacia la administración inteligente de las ciudades.

La Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con un considerable inventario de equipos domóticos, como cámaras, sensores de proximidad, dispositivos para control de iluminación, monitores de video, entre otros. Entre los equipos existentes se cuentan tecnologías como Insteon, Z-Wave, Ozom y Control4, además de accesorios de uso genérico. Todo este material domótico podría utilizarse para realizar el montaje de un sistema de control y monitoreo que sirva a los intereses de la Universidad, brindando seguridad y confort al personal de la institución y aportando a la mejora de los laboratorios.

Con base en estas consideraciones, se propone utilizar el material domótico existente para diseñar y construir un sistema de control y monitoreo de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana, el cual, además, será en sí mismo un laboratorio de domótica al servicio de los estudiantes de la Facultad.

1. Planteamiento del problema

En el edificio K de la UPB se encuentran los más importantes laboratorios de la Universidad, así como las oficinas de dirección de varias facultades como ingeniería civil, ingeniería ambiental, ingeniería mecánica e ingeniería eléctrica y electrónica, además de otras dependencias administrativas.

En el tercer piso de dicho edificio está ubicado el Centro Administrativo de Laboratorios, en donde se almacenan equipos electrónicos, se proporcionan materiales de trabajo y desde allí se autoriza el ingreso de estudiantes a los laboratorios de eléctrica y electrónica, que están situados en el mismo piso. Tres de estos laboratorios son de electrónica básica y dentro se encuentran fuentes de energía eléctrica, generadores de señales y osciloscopios cuyo costo unitario ronda los 3'000.000 de pesos. También hay otros laboratorios, como el de Instrumentación, que contiene equipos de más de 20'000.000, el Laboratorio de Comunicaciones y el de Redes.

Estos laboratorios, al igual que el Centro Administrativo de Laboratorios, no cuentan con ningún sistema de monitoreo y control, lo que los expone al riesgo de robo o daño de los dispositivos electrónicos. De hecho, la Universidad ya ha sufrido estos problemas, sin que exista en los laboratorios un sistema que permita vigilar, corregir o prevenir este tipo de situaciones.

Otro problema que se presenta en estos espacios está relacionado con el monitoreo de puertas y ventanas abiertas, lo que representa un riesgo por la penetración de agua en días lluviosos (lo que ya ha producido daños en los equipos) o en el ingreso no autorizado de personas a las salas.

Por otra parte, no existe un sistema que controle el encendido y apagado de luces de las aulas de laboratorio, lo que ocasiona que en este momento se esté presentando un desperdicio energético.

Para dar solución a estos problemas, es preciso contar con la implementación de un sistema que permita a los usuarios tener control sobre los puntos anteriormente mencionados. En un edificio como el K, y sobre todo en un piso donde concurren estudiantes de Ingeniería Electrónica, todo, o al menos una mayor parte, debería estar automatizado pues ya es una necesidad latente y si se lleva a cabo se verá reflejado en un beneficio para la Universidad.

Basados en la información anterior surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Con la implementación de un sistema domótico para los laboratorios de electrónica, la universidad se verá beneficiada? Este cuestionamiento se hace debido al hecho de que los laboratorios no cuentan con ningún tipo de sistema de seguridad, teniendo en cuenta que existen equipos muy valiosos.

2. Antecedentes

La domótica tiene sus orígenes en la década de los '70, cuando se realizaron las primeras pruebas de dispositivos domóticos, pero fue en los '80 que la domótica tomó fuerza, sacando al mercado sus primeros sistemas al mercado, con tecnología X10, el cual fue creado para el telecontrol y llevado a cabo por medio del sistema de corrientes portadoras, o Power Line Carrier (abreviado como PLC o simplemente PL), que es una tecnología que aprovecha el cableado eléctrico existente en una vivienda para enviar por allí señales de información y control. El sistema X10 se extendió rápidamente en parte de Europa y Estados Unidos gracias a que la instalación y configuración de los dispositivos resultó bastante simple, sin que fuera necesario realizar obras eléctricas en la vivienda, ni se requiriera la asesoría de personal especializado. La facilidad y la accesibilidad al protocolo hizo que fuera más sencillo el desarrollo de sensores y aplicaciones para trabajar bajo este estándar. Fue tanta la acogida de este protocolo que aún en la actualidad se desarrollan equipos con este sistema. (mejía, 2018)

Después de la aparición de X10, la Asociación de Industrias del sector electrónico (EIA) de Estados Unidos desarrolló el protocolo CEBus, el cual fue diseñado pensando en instalaciones para edificaciones pequeñas como hogares u oficinas. El lenguaje utilizado por CEBus permite controlar y asignar recursos dentro de la red por medio de un mensaje al centro de mando del sistema domótico. CEBus enfrentó grandes obstáculos: en primer lugar, su desarrollo se extendió más años de lo previsto; en segundo lugar, el precio de los dispositivos fue demasiado elevado para el mercado. Estos inconvenientes hicieron que la tecnología CEBus no lograra la difusión que esperaban las empresas desarrolladoras. Simultáneamente, surgió el estándar LonWorks, el cual ofreció un protocolo abierto que encontró gran aceptación en aplicaciones de automatización y de control, tanto en el hogar como en la industria, tanto en aplicaciones domóticas como inmóticas. Esta tecnología entrega información de forma descentralizada a pequeños nodos de control dentro de un sistema domótico más grande que se encarga de intercambiar la información. (Berdejo, 2014)

A comienzos de la década de los '90 se desarrolló el estándar Batibus, que ofreció soluciones de control de viviendas en Francia, Italia y España. También aparecieron los estándares EIB y EHS; este último se enfocó principalmente como una solución para los fabricantes de línea blanca. En 1997 estos tres estándares decidieron unir sus objetivos para desarrollar

conjuntamente los sistemas domóticos, acordando crear un nuevo estándar: KNX. En 2002 fue publicada la especificación KNX y desde ese día fue penetrando el mercado lentamente, hasta llegar a ser un estándar de cobertura mundial para el control de edificaciones, enfocado en brindar seguridad, comodidad y ahorro energético. KNX está aprobado como estándar internacional, estándar europeo y estándar nacional en China, además de que ha empezado a ser instalado fuertemente en América y otras partes del mundo.

El desarrollo tecnológico en la electricidad y electrónica han permitido que tareas y situaciones cotidianas se realicen de manera más sencilla y rápida, requiriendo un esfuerzo mínimo o nulo; como ejemplo tenemos las escaleras eléctricas, ascensores, puertas eléctricas, lavadoras, hornos, lavavajillas, entre otros. Cada vez los avances se han ido encaminando a la solución de problemas, la seguridad y el confort en los sitios de trabajo y vivienda, y se ha logrado integrar diferentes áreas de estudio como las telecomunicaciones, la informática, la electrónica y la electricidad, en algo conocido como BMS (Building Management Systems) o Sistemas de Gestión de Edificios, capaces de brindar mayor seguridad, confort y hacer la cotidianidad más práctica para los usuarios. (Arellano, 2018)

En la actualidad, en el mercado se encuentran diversos fabricantes con una amplia oferta de dispositivos de automatización para viviendas, edificios, etc., gracias a que la demanda de estos productos ha ido en aumento a pesar de que años atrás éste era un tema desconocido para la mayoría de las personas. Algunas de las marcas más conocidas que podemos encontrar en Colombia son Insteon, Ozom, Z-wave, MyHome, Control4, Panasonic, Samsung, VTA, entre otros.

Es importante implementar estas tecnologías dentro de las universidades para apuntar al avance tecnológico. Esto fue lo que hicieron Hernán Paz y otros, quienes diseñaron y pusieron en marcha una red domótica dentro de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito para el control de los laboratorios de electrónica, que se justificó por el aumento de personal en estas áreas. Con esta red se buscó obtener mejor facilidad de ingreso, control de equipos dentro del laboratorio, mejorar el servicio para los estudiantes y profesores, y obtener un ahorro energético en los laboratorios. El sistema se basó en la tecnología Power Line Communications (PLC), y se manejaron nuevas alternativas en cuanto a detección de errores, acoples, transmisión de datos, entre otros.

Quizás el concepto de “edificio inteligente” parezca ajeno para los bumangueses, pero en la ciudad tenemos algunos ejemplos. Harry May y Jorge Luis Ogliastri, contratistas de Fénix Constructores, fueron los encargados del diseño y construcción del rascacielos más grande de Bucaramanga. El Majestic es una de las edificaciones más inteligentes de la ciudad; desde su diseño se pensó en implementar cultura tecnológica por dentro y fuera de la edificación. Esta torre cuenta con apartamentos de lujo que integran sistemas de iluminación, “multiroom” de audio, e integran sistemas por medio de pantallas táctiles; también integran audio en los ascensores y la colocación de toldos inteligentes en terrazas. La característica más importante de esta construcción es que los ingenieros lograron integrar distintos protocolos, marcas y tecnologías en un mismo proyecto. (Bueno, 2015)

Otro caso es el del Hotel Punta Diamante Resort & Spa, ubicado en el Condominio Ruitoque e inaugurado en septiembre de 2015 (El Tiempo , 2015). La arquitectura con la que está construido este hotel, es tan avanzada que incluye sistemas de recolección de aguas lluvias y cuenta con sistema de paneles solares para mitigar el costo de la energía y ser amigable con el medio ambiente. Las habitaciones del hotel cuentan con un sistema domótico que permite acceder a los servicios del hotel desde cualquier parte del mundo a través de una tablet.

Desde la Universidad Pontificia Bolivariana también se han realizado proyectos que han explorado, e incluso implementado, la domótica. (Dominguez & Poveda, 2008), realizaron el control de ventanas, persianas, ventiladores y luces de entornos residenciales a través de un procesador central llamado tarjeta BeagleBone en el cual se implementó un servidor web que permite encender y apagar los pines de la tarjeta BeagleBone y de esta forma obtener el control de los circuitos eléctricos que se realizaron para la automatización de las ventanas, persianas, luces y ventiladores.

En 2017, los estudiantes de Ingeniería Electrónica Raúl Camilo Hernández y Emmanuel Santiago diseñaron un documento guía para ingenieros que quieran diseñar, presupuestar y poner en marcha un sistema domótico. El documento está enfocado en el ahorro energético de las edificaciones, concentrándose en el control de la iluminación y el aire acondicionado debido a que estas estas cargas son las que más generan costos dentro de una edificación.

El Centro Empresarial Buenavista, ubicado al norte de Barranquilla, compuesto de dos torres que albergan oficinas, cuenta con certificación LEED. Dicha certificación fue desarrollada por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos, y se concentra en los edificios

inteligentes y amigables con el ambiente, y mira aspectos relacionados con eficiencia energética, eficiencia del consumo del agua, entre otros. La edificación cuenta con ascensores automáticos que funcionan con tarjetas y un tablero digital. La luz de la edificación funciona a través de sensores de presencia. (Romero, 2018)

The Edge (Deloitte HQ) en Ámsterdam, se conoce como el edificio más inteligente del mundo ya que utiliza una aplicación de smartphone para optimizar la producción de sus empleados. La aplicación reconoce las preferencias de cada empleado para la luz y la temperatura de su área de trabajo. La edificación cuenta con sensores en la luz led. The Edge también es el edificio más ecológico del mundo ya que cuenta con sistemas de recolección de aguas lluvias y un almacenamiento de energía térmica. (Chaverra, 2017).

Conclusiones del capítulo

- En todo el mundo hay una fuerte tendencia en la implementación de sistemas de control de edificios o BMS, la cual va en aumento, ya que cada vez se le da más importancia a la seguridad de los usuarios y residentes de los edificios, al monitoreo de variables y al control de sistemas, con miras a la reducción de costos, a la comodidad y a la reducción del impacto ecológico de las edificaciones.
- En la Universidad Pontificia Bolivariana se han realizado proyectos de grado en los cuales se realizan diseños domóticos, pero ninguno se ha puesto en marcha, es por esto que se decidió realizar el proceso para implementar el sistema domótico diseñado en este proyecto.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema domótico en los laboratorios de Ingeniería Electrónica del Edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana.

3.2 Objetivos específicos

- Estudiar las necesidades de control y monitoreo de los laboratorios de Ingeniería Electrónica la Universidad Pontificia Bolivariana sede Bucaramanga, basados en un análisis del proceso de diseño de un sistema domótico.
- Diseñar un sistema domótico para los laboratorios de Ingeniería Electrónica y documentar el diseño (planos, memorias de cálculo), como guía para pruebas y futuras mejoras del sistema domótico.
- Instalar y poner en marcha el sistema domótico en una de las salas de laboratorio de electrónica, por medio de la topología de comunicación más conveniente de los sistemas domóticos, para el aumento de calidad, confort y eficiencia dentro de los laboratorios de electrónica. (objetivo sujeto a aprobación de la universidad)

4. Marco teórico

4.1 Domótica

La domótica tiene su origen en la palabra del latín “domus” que significa vivienda y el sufijo “tica” que se asocia al significado de automática. Se conoce como domótica a un sistema capaz de automatizar una casa, aportando gestión en servicios energéticos, de seguridad y comunicación los cuales pueden ser integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación inalámbricas o cableadas. Los sistemas domóticos recolectan información por medio de sensores, los cuales procesan y transmiten datos a unos actuadores. Estos sensores permiten controlar la iluminación, el agua caliente, electrodomésticos, cierre automático de puertas. La domótica permite la supervisión remota de la edificación a través de un teléfono celular o un computador, el cual nos alerta sobre irregularidades y del funcionamiento de los equipos dentro de la edificación. (Domoticaintegrada, 2017) La domótica ha evolucionado de manera considerable en las últimas décadas y ahora ofrece una oferta más amplia, brindando soluciones a todo tipo de viviendas, ofreciendo variedad de productos por menores costos, fácil instalación y manejable por cualquier usuario. (Herrera Quintero, 2005)

4.2 Inmótica

Es un conjunto de sistemas aplicados a la automatización de edificaciones no destinadas a vivienda, como centros comerciales, universidades, hospitales, hoteles y otras edificaciones terciarias, permitiendo un mejor confort entre usuario y sistema. Estos sistemas brindan control a la ventilación, calefacción, iluminación, aire acondicionado, entre otras, conllevando a una eficiencia operacional dentro de la edificación. Las funciones de control de la edificación se pueden programar desde sistemas externos como tablets, celulares y computadores.

4.3 Edificio automatizado

Antes de ver de qué se trata un edificio inteligente es necesario conocer el concepto de edificio. Es una estructura vertical, compuesta generalmente por concreto y acero de refuerzo, con cimentación con zapatas y esqueleto de columnas y vigas. Que está destinada para el desarrollo de una actividad humana.

Podemos clasificarlos en dos tipos:

- Edificio residencial: Es aquella edificación que destina más del 50% de su superficie a la vivienda familiar o residencia colectiva.
- Edificio no residencial: Son edificaciones destinadas para bodegas, fabricas, plantas industriales, bancos, parqueaderos, locales agropecuarios, locales comerciales, estaciones de servicio, etc.

Así, pues, un edificio automatizado es aquella edificación que desde su diseño se implementa la automatización a sus sistemas, para permitir el ahorro de energía y facilitar su operación y mantenimiento. (Tecnelec de Antioquia , 2016). Entre los ejemplos más representativos de edificaciones automatizadas encontramos los centros comerciales, bancos, en los cuales se pueden encontrar control de iluminación, sistemas anti incendios, escaleras, entre otros.

Figura 1. Automatización de vivienda.

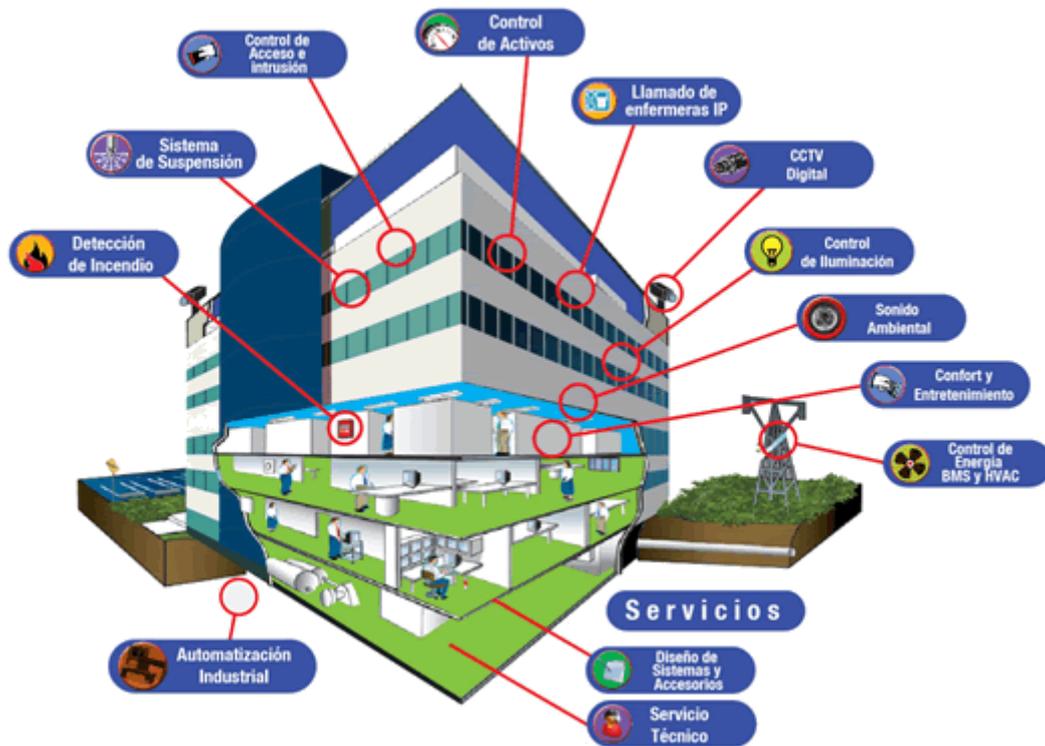


4.3.1 Edificio inteligente

Los edificios inteligentes son enlaces complejos de sistemas, tecnología y estructuras. Dentro de estas edificaciones los propietarios tienen la posibilidad de ajustar a conveniencia los sistemas de iluminación, aire acondicionado, seguridad, ventilación, entre otros con el fin de optimizar los servicios.

Estas edificaciones utilizan la tecnología de la información para mantener conectados todos los subsistemas del edificio para obtener un mejor rendimiento. Un claro ejemplo de esto es el uso de datos del sistema de seguridad para apagar las luces cuando los residentes no se encuentran dentro de la edificación. (Equipo De Expertos, 2019)

Figura 2. Edificio automatizado.

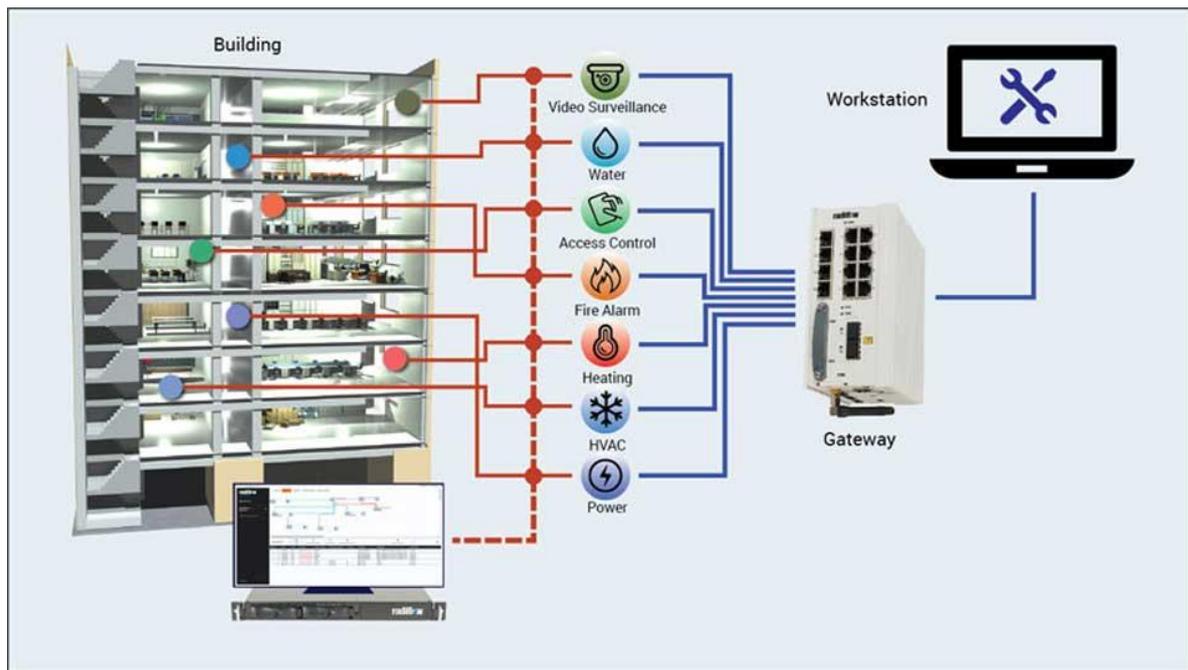


4.3.2 Building Management System (BMS)

Es un sistema que se encarga del control, supervisión y adquisición de datos de los dispositivos instalados dentro de una edificación inteligente.

El BMS fue diseñado como una herramienta de control y gestión de edificios y así poder controlar las variables energéticas por medio de patrones ya establecidos. Esta plataforma brinda un sistema único para controlar variables tipo iluminación, clima, seguridad, energía, entre otros. El sistema también entrega una lista de información energética para identificar las posibles mejoras dentro del sistema.

Figura 3. Sistema de gestión de edificios



Tomado de ([http://lebensolutions.com/Integrated-Building-Management-System-\(IBMS\)\)](http://lebensolutions.com/Integrated-Building-Management-System-(IBMS)))

4.4 Protocolos de comunicación

El protocolo de comunicación es el lenguaje del sistema domótico, por medio del cual se enlazan y comunican todos los elementos domóticos de una edificación. Existen varios tipos de protocolos ya sean de tipo propietarios o cerrados además de los tipo estándar o abiertos. (Domotizados, 2018)

4.4.1 Protocolos de comunicación propietarios

Este tipo de protocolos cuentan con una configuración por medio de un software, lo cual permite un ahorro de costos y tiempo. Otra de las ventajas de estos protocolos es el soporte técnico brindado por el desarrollador del software para programar los equipos asociados a ese protocolo.

Por otra parte, una desventaja de los protocolos cerrados es la limitación de expansión impuesta por el desarrollador. El bajo desarrollo de protocolos cerrados permite que las empresas aumenten el valor de este tipo de protocolos. (Hernández, 2017)

4.4.2 Protocolos de comunicación estándar

Los protocolos abiertos brindan diferentes beneficios en cuanto a disponibilidad de equipos, costos, disponibilidad de información. Estos protocolos son implementados por varios fabricantes, los cuales realizan constantes actualizaciones al protocolo. Se conocen principalmente tres protocolos de tipo estándar que son implementados de manera internacional: KNX, Lonworks, BACnet. Estos protocolos pueden ser utilizados en un mismo sistema. (Hernández, 2017)

4.4.2.1 KNX

El sistema KNX es un protocolo de comunicación estándar entre dispositivos, definido por las normas ISO/IEC 14543 y EN 50090. Como ya se mencionó, KNX es el resultado de la fusión de los estándares europeos BatiBus, EIB y EHS, y, como tal, su desarrollo se concentró en superar las debilidades de los estándares predecesores y en convertirse en un sistema de cobertura mundial. Una instalación con un protocolo de comunicación estándar KNX ofrece gran escalabilidad, pues puede crecer sin inconvenientes gracias a que se le pueden añadir nuevos dispositivos a medida que la edificación lo requiera; además, el sistema puede organizarse fácilmente por medio de la herramienta Engineering Tool Software (ETS), que es un software desarrollado por KNX para permitir la programación y configuración del sistema BMS. Las aplicaciones del sistema KNX se orientan hacia el confort, la seguridad, el ahorro energético. El sistema puede trabajar sobre diversos medios de transmisión, como par trenzado (o TP, por Twsted Pair), corrientes portadoras (o PL, por Power Line), radiofrecuencia (o RF), rayos infrarrojos (o IR) o fibra óptica (OF). KNX cuenta con más de 370 empresas miembros, tiene acuerdos de colaboración con más de 44.000 compañías en 128 países, 100 universidades y 300 centros de formación. Esto representa aproximadamente el 80% de los elementos de control de edificaciones y pone a KNX como un estándar de comunicación con gran respaldo a nivel mundial. (KNX, 2012)

4.4.2.2 BACnet

Este protocolo de comunicación es considerado por algunas personas como el más completo de la automatización de edificaciones. El protocolo fue desarrollado para ser utilizado en todos los niveles de automatización de edificios, para todos los sistemas, ya sea iluminación, seguridad o climatización. Fue desarrollado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers o Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) en colaboración con otros expertos; en

2003, Bacnet fue reconocido como un estándar mundial para la automatización de edificios, a través de la norma ISO16484-5.

La fortaleza de BACnet se basa en que fue diseñado especialmente para el control de BAS (Building Automation System) y HVAC (heating, Ventilating, air conditioned), mientras que algunos protocolos anteriores a él no fueron diseñados para cubrir la complejidad de los sistemas BAS/HVAC.

El protocolo de comunicación BACnet ofrece varios beneficios y ventajas respecto a otros protocolos de comunicación, entre las cuales sobresale la posibilidad de hacer integración de sistemas de diferentes marcas y tecnologías. BACnet es un estándar abierto que está disponible para todos los fabricantes del mercado y por este motivo se reduce la dependencia del fabricante. En este protocolo se pueden integrar todas las funciones de automatización dentro de un mismo sistema, reduciendo costos en mantenimiento y operación del mismo. (Delta Controls , 2017)

4.4.2.3 LonWorks

Es un protocolo de comunicación estándar desarrollado por Echeleon Corporation, aceptado y certificado con varias normas internacionales y aprobado como estándar mundial desde el año 2009.

Este estándar se basa en un esquema expuesto por LON (Local Operating Network), el cual no está a sujeta a buses físicos. Si se utiliza el transmisor ideal los mensajes podrán ser transmitidos por cualquier soporte conocido (PL, RF, OF, etc). LonWorks ofrece muchas ventajas para el control de un sistema domótico, entre las cuales se pueden encontrar: Robustez de la red, lenguaje optimizado, capacidad de red, inteligencia en cada punto, tecnología abierta, etc. En cuanto a desventajas, se puede mencionar que LonWorks necesita un hardware específico basado en un circuito integrado conocido como el Neuron. (Párraga, 2017)

4.5 Topologías

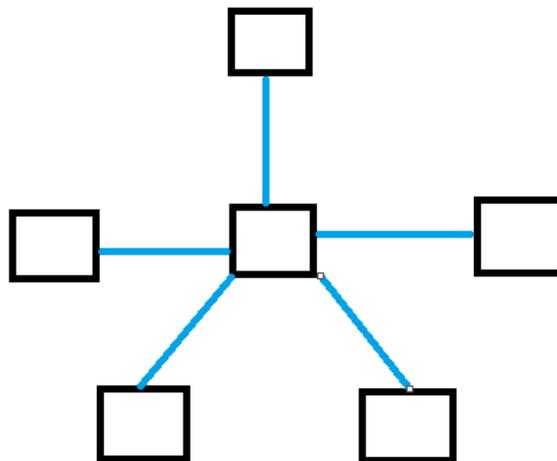
La topología de red es muy importante al momento de realizar un diseño de una red de computadores. Es la disposición de una red, donde incluimos todos sus nodos y puntos de conexión. Existen varios tipos de topología de red: estrella, árbol, malla, anillo, híbrida y bus,

estos definen la forma en la cual se encuentran conectadas las computadoras entre sí, para intercambiar datos. (Rouse, 2016)

4.5.1 Topología en estrella.

En este tipo de topología la distribución de la información se lleva a cabo desde un punto central o también conocido como concentrador en dirección a todos los nodos conectados a la red, tal como se muestra en la figura 4. Esta topología no presenta conexión alguna entre las computadoras debido a que toda la información debe pasar por el punto central. Si un nodo falla la red seguirá funcionando, pero la red si depende del correcto funcionamiento del punto central. La topología en estrella es una de las más usadas en la actualidad, gracias a su eficiencia y simpleza. (Andreu, 2011)

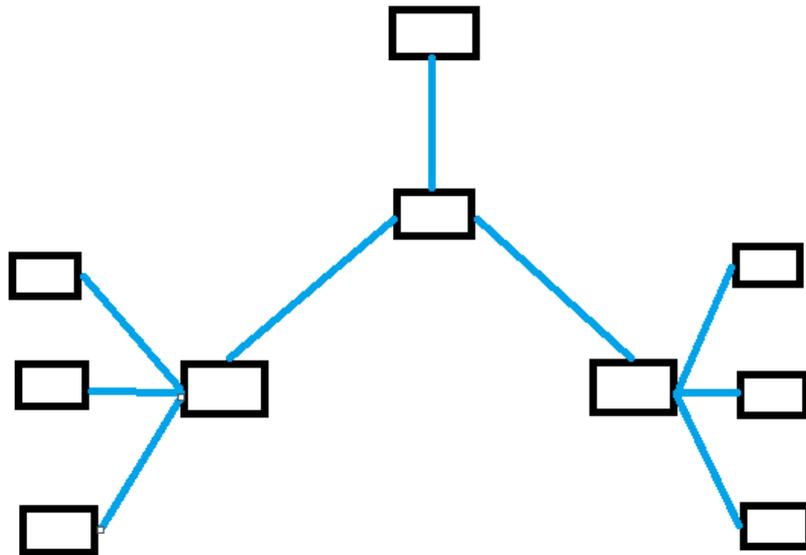
Figura 4. Topología en estrella.



4.5.2 Árbol

Este tipo de topología es una de las más sencillas. Las conexiones de los nodos están en forma de árbol con una punta y una base, se puede visualizar en la figura 5. Es semejante a la topología estrella y se basa en la topología de bus, con la ventaja de que si un nodo deja de funcionar no daña la comunicación de toda la red. Esta topología es muy usada en instalación de redes telefónicas con centrales municipales, comerciales, locales, etc. (Andreu, 2011)

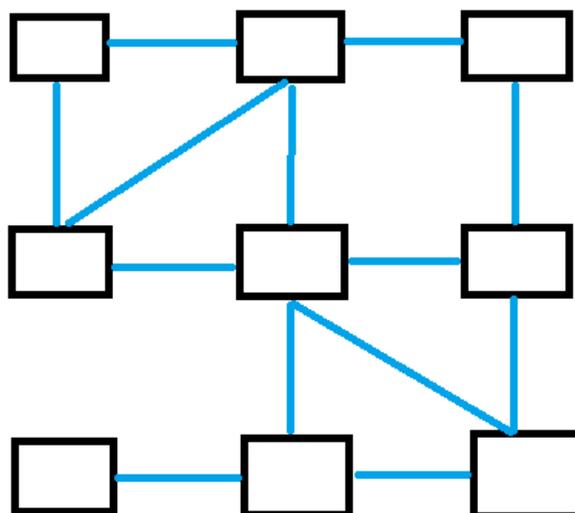
Figura 5. Topología en Árbol.



4.5.3 Malla

En la topología de malla cada uno de los nodos se encuentra conectado a todos los otros nodos, un ejemplo se puede ver en la figura 6. De esta manera la información puede ser llevada de un nodo a otro por diferentes caminos. Este tipo de topología es costoso a la hora de implementar, pero es muy robusto en cuanto a fallos del sistema. Si la malla se encuentra armada correctamente no se presentarán interrupciones en la comunicación. (Andreu, 2011)

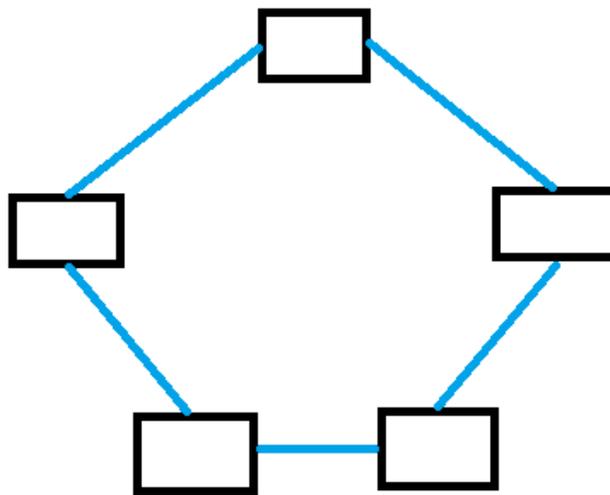
Figura 6. Topología en malla.



4.5.4 Anillo

Es un tipo de topología de red muy simple, en donde la red de comunicación se encuentra conectada entre sí, en forma de un anillo, es decir, tomando la forma de un círculo. Cada nodo dispondrá de una sola conexión de entrada y una sola conexión de salida, esto trae desventajas debido a que la información es transferida en un solo sentido y si falla un nodo de conexión dejará de funcionar toda la red de comunicación. Estas topologías se usan para redes de fibra óptica. (Andreu, 2011). Mirar figura 7.

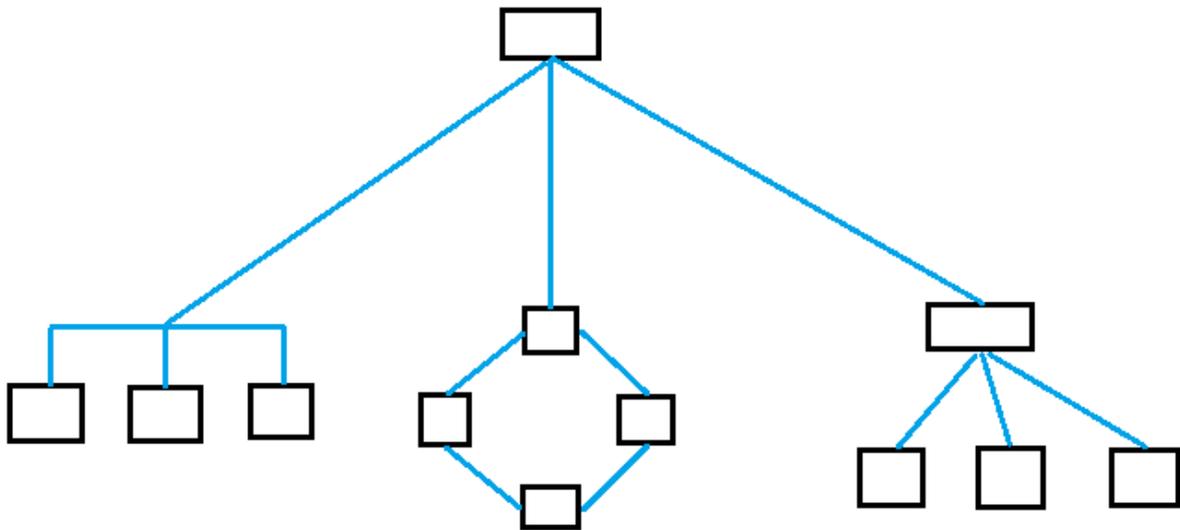
Figura 7. Topología en Anillo.



4.5.5 Híbrida

También conocida como topología mixta y es una mezcla que combina dos o más topologías de redes de comunicación para conectarse entre sí. Este tipo de topología es la más frecuente, ya que permite tomar las ventajas de cada topología, mezclarlas y ajustar a la estructura física donde estará instalada la red y así usarlas para la satisfacción del cliente. Esta topología se implementa cuando se cuenta con un gran número de dispositivos a conectar. Cabe aclarar que la implementación de este tipo de topología tiene un costo muy elevado ya que cuenta con segmentos de diferentes tipos de redes de comunicación. (Andreu, 2011). Ver figura 8

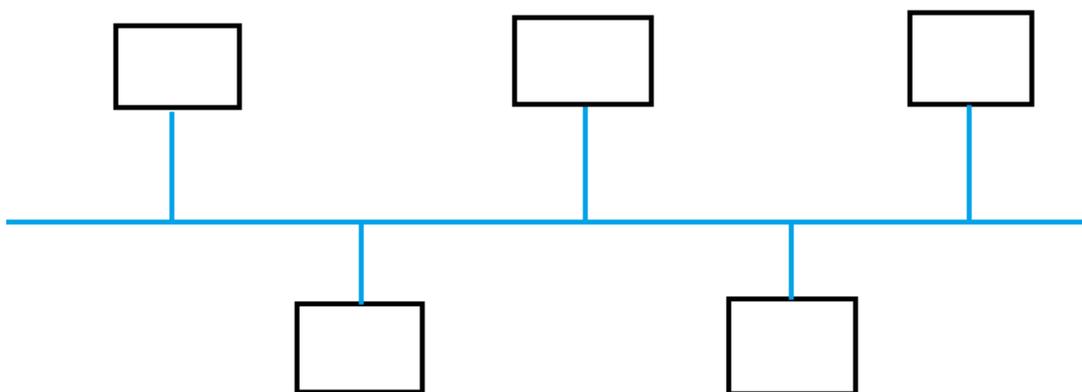
Figura 8. Topología Híbrida.



4.5.6 Bus

Esta topología de red se basa en un cable central llamado bus, troncal o backbone, el cual pasa por todos los nodos de la red de comunicación y no existe otro tipo de conexión entre los nodos de la red, como en la figura 9. Una de sus ventajas es la manera tan sencilla para implementarse, sin embargo, cuenta con varias desventajas como lo son: limitación de dispositivos, si falla el cable central falla toda la red, difícil reconfiguración, etc. En la actualidad este tipo de topología es muy poco utilizada (Andreu, 2011)

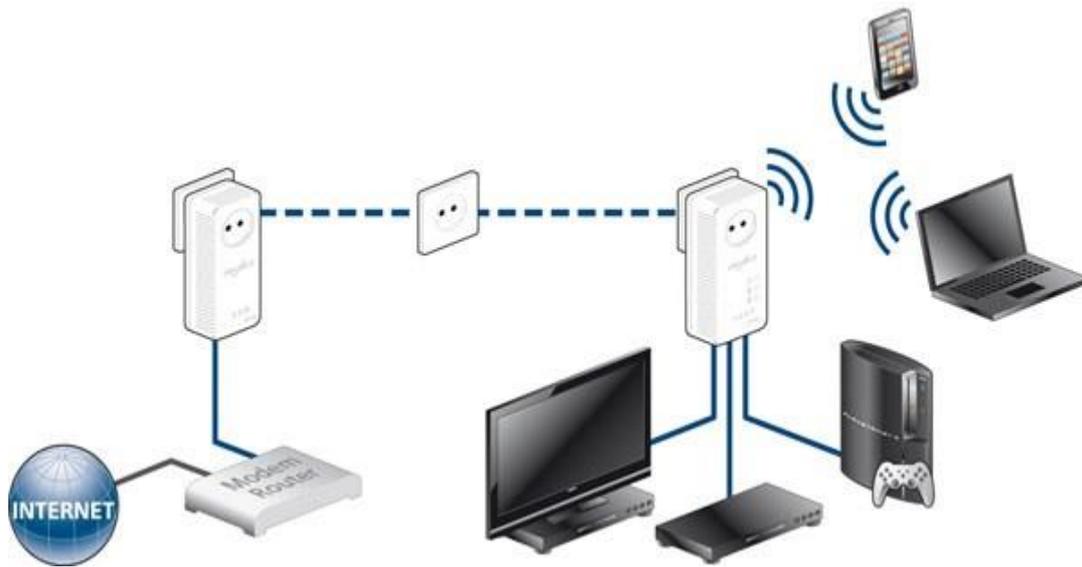
Figura 9. Topología tipo bus.



4.6 Tipos de instalaciones domóticas

Podemos encontrar dos grandes clases en las que podemos clasificar las instalaciones domóticas, las cuales son por cable o por radiofrecuencia, aunque en los últimos años también se están realizando muchas instalaciones mixtas, este tipo de instalación fusiona las instalaciones por cable y las instalaciones por radio frecuencia. (Domoticaintegrada, 2017). En la figura 10 podemos ver una ilustración.

Figura 10. Enlace de dispositivos.



4.6.1 Cableada

En este tipo de instalaciones domóticas podemos encontrar diferentes tipos y se caracterizan por ser eficaces y por su estabilidad ya que la información se transmite de manera rápida y la carencia de obstáculos para que la información llegue de forma correcta hasta el punto de control. Estas instalaciones son clasificadas de dos maneras según su función pueden ser de cable exclusivo o cable compartido. (Domoticaintegrada, 2017)

4.6.2 Inalámbrica

En estas instalaciones domóticas no se utilizan cables para la transmisión de señales entre emisor y receptor, sino que se utilizan ondas de radiofrecuencia que reciben y ponen en marcha las diferentes órdenes. La ventaja que manejan estos sistemas es que se pueden acoplar a cualquier tipo de proyecto, ya sea una edificación en proceso o una ya construida y su proceso de instalación y mantenimiento será mucho más sencilla que una cableada; sin embargo, las

instalaciones inalámbricas tienen que ser equipadas con baterías que se deben cambiar después de cierto tiempo y esto lo hace una desventaja debido a que el usuario no sabe en qué momento el sistema dejará de funcionar por falta de batería. (Domoticaintegrada, 2017)

4.6.3 Mixta

Cuando se habla de instalaciones mixtas, se hace referencia a la unión de sistemas cableados y sistemas inalámbricos, esto con el fin de aprovechar al máximo las ventajas de cada una y así brindar un mejor servicio al consumidor final. En estos sistemas se utiliza un control único, el cual realiza el cambio de información con los demás dispositivos. Las instalaciones mixtas tienen como objetivo brindar una solución adecuada a los grandes proyectos domóticos, que tengan una gran cantidad de dispositivos a controlar. (Domoticaintegrada, 2017)

4.7 Elementos presentes en un sistema automatizado

Es de vital importancia conocer los elementos más utilizados dentro de un sistema automatizado, y así obtener conocimiento para realizar un adecuado uso de sensores, actuadores, controladores, entre otros. (Domoticaintegrada, 2017)

4.7.1 Sensores

Cuando se habla de sensores, se hace referencia a los dispositivos que reciben la información de la instalación, detectan variables, también conocidos como input. Estos dispositivos son capaces de transformar cantidades químicas o físicas en magnitudes eléctricas. Algunos sensores tienen un módulo especial para captar la señal, estos son llamados sensores inteligentes. Dentro de la domótica se encuentran los siguientes tipos de sensores: Sensor de temperatura, Sensor de agua, Sensor de iluminación, Sonda de humedad, Detector de fugas de gas, Detector de humo y/o fuego, Sensor de presencia. (Mecafenix, 2017). La figura 11 contiene ejemplos de algunos sensores.

Figura 11. Tipos de sensores.



Sensor de temperatura

Estos sensores están capacitados para detectar cualquier cambio de la temperatura ambiental y la ventilación. El coeficiente del termistor es negativo, por lo tanto, cuando la temperatura tiende a aumentar la resistencia disminuye. Un termopar puede detectar el cambio de temperatura mediante dos metales diferentes, cuando los dos metales se calientan, el potencial varía y así es como se pueden usar para calcular los cambios de temperatura. (Harke, 2010)

Sensor de lluvia

Este dispositivo permite conocer las precipitaciones de lluvia, la temperatura existente y la fuerza del viento. Algunos sensores de lluvia cuentan con detectores de congelamiento, los cuales ayudan a que los sensores no operen en temperaturas bajo cero. Gracias a estos sensores de lluvia se pueden evitar riesgos innecesarios, evitando que el sistema desperdicie agua. (alexbleck, 2012)

Sensor de iluminación

Estos sensores se conocen también con el nombre de transmisores de luces infrarrojas. Funcionan emitiendo rayos infrarrojos con una frecuencia promedio de 300 GHz. El sensor de iluminación manda una señal de radio frecuencia a un módulo receptor y según su programación ejecuta una acción. (Harke, 2010)

Sensor de movimiento

Este tipo de sensores actúa por ondas ultrasónicas o por infrarrojos, detectando de forma inmediata los movimientos que se están realizando en su área de cobertura. Estos sensores se han vuelto de uso común, debido a la gran variedad de usos posibles. Un claro ejemplo de ellos es cuando estos sensores están conectados a sistemas de grabación y hacen funcionar las cámaras de seguridad cuando se activan. Los sensores de movimiento con detección por infrarrojos son los más usados por su sencillez en cuanto a la instalación. (USS Seguridad, 2018)

Sensores de sonido

Estos sensores se pueden encontrar actualmente en muchos dispositivos, y las señales detectadas por los sensores se convierten en señales eléctricas. Existen diferentes tipos de sensores de sonido, como los de condensador, los dinámicos o de bobina móvil, los de granos de carbón, los de cristal, los de cinta, entre otros. Los sensores ultrasónicos detectan frecuencias por encima de 20 KHz; estos sensores son usados para medir la distancia entre el transmisor (ultrasónico) y el objeto a medir, así como para determinar la velocidad de objetos en movimiento. (Rodríguez, 2014)

Sensores táctiles

Este tipo de sensores son utilizados principalmente en pantallas táctiles como las instaladas en las tabletas y en los teléfonos inteligentes. Existen dos tipos de sensores táctiles: sensores de tipo resistivo y de tipo capacitivo. (Lahoz, 2016)

Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos utilizados en domótica se usan para detectar la apertura de puertas y ventanas, lo que les da gran aplicación en los sistemas de alarma contra intrusos. También son usados para desconectar el aire acondicionado y así evitar pérdidas energéticas. (José Javier Bermúdez Luque, 2014)

Detectores de humo

Estos dispositivos se basan en la reflexión de luz en las partículas de humo. Cuando se está en condiciones normales, el dispositivo emite haces de luz que se dispersan en el ambiente; sin

embargo, si hay humo en el medio, la luz se refleja en las partículas y el sensor se percata y emite un sonido de alerta. (José Javier Bermúdez Luque, 2014)

4.7.2 Controladores (Central de gestión)

Al hablar de un controlador en domótica e inmótica, se hace referencia a un procesador central que captura toda la información que le entregan los sensores de la instalación domótica, la procesa y, de acuerdo con lo que se haya configurado en su programa, determina la operación de los actuadores que se encuentran en la instalación. La información recibida es procesada y luego se ejecutan diferentes órdenes a los actuadores, para que estos realicen las funciones finales. En los controladores se puede realizar la configuración del sistema y se ajustan los parámetros de funcionamiento de una edificación automatizada. El controlador es la parte más importante del sistema domótico. (José Javier Bermúdez Luque, 2014). En la figura 12 vemos un controlador domótico llamado Homey, el cual puede ser controlado desde el celular vía WiFi.

Figura 12. Controlador domótico



Tomado de: <http://www.domoticadomestica.com/homey/>

4.7.3 Actuadores

Los actuadores son los encargados de realizar las acciones sobre un elemento específico en la edificación, de acuerdo con las señales que se reciben por medio de los controladores o sensores instalados. Un ejemplo de actuador puede ser una válvula, el motor de una persiana, las lámparas, los calefactores, etc. De acuerdo con sus posibilidades de operación, los actuadores

pueden clasificarse en actuadores proporcionales, que son activados mediante salidas analógicas del controlador, o actuadores On/Off o Todo/Nada, que se activan mediante salidas digitales del controlador. (José Javier Bermúdez Luque, 2014). La figura 13 muestra algunos actuadores, como bombillas, sistemas de audio y persianas eléctricas.

Figura 13. Actuadores



Actuadores todo o nada

Estos actuadores son utilizados generalmente en el encendido o apagado de calefactores, apertura de puertas, y, para no limitarse a la capacidad de corriente de la salida del controlador, suelen activarse por medio de relés o contactores. (José Javier Bermúdez Luque, 2014)

Actuadores análogos

Por medio de estos se realiza la activación de dispositivos que pueden tener salidas con valores intermedios entre el mínimo y el máximo, como es el caso de iluminación dimerizable, variadores de velocidad, entre otros. Estos actuadores inciden directamente sobre la carga, como ocurre en el caso de un balasto electrónico que recibe una señal de 5,5V y genera una salida de potencia al 50% sobre las lámparas que tiene conectadas. (José Javier Bermúdez Luque, 2014)

Conclusiones del capítulo

- La topología en forma de malla es la más segura en cuanto a la entrega de la información, ya que su conexión hace el sistema inmune a fallos. Por otro lado, la

topología en anillo representa el sistema más inestable pues la falla de cualquier nodo implica que toda la red de comunicación deje de funcionar debido a la simpleza de su conexión.

- La automatización de edificaciones, además de permitir control de sistemas y variables dentro de viviendas, edificios y plantas, también contribuye a un desarrollo sostenible por medio del ahorro energético y la integración de energías limpias.
- Conocer los dispositivos presentes en un sistema domótico permite realizar un adecuado diseño, reservar los espacios correctos para la instalación de cada dispositivo ya sea controlador, sensor o actuador.

5. Descripción del proceso de diseño de un sistema domótico

Antes de realizar la instalación de un sistema domótico, es necesario llevar a cabo ciertos pasos que van a permitir enfocar la visión del sistema deseado. En estas etapas previas, se trata la planificación y la puesta en marcha, de acuerdo con las necesidades y requerimientos del usuario.

5.1 Estudio previo

Lo primero que se debe hacer es un estudio previo para determinar las necesidades y objetivos que requiera el usuario. En esta fase se presta atención a todo aquello relacionado con seguridad, comunicaciones, sistemas de control y monitoreo, confort, control de iluminación, calefacción y ahorro de energía.

5.2 Análisis y diseño del sistema domótico

De acuerdo con el estudio y la información obtenida del paso anterior, son generadas las especificaciones técnicas sobre el sistema.

Se realizan los planos, donde se indica la ubicación de los dispositivos domóticos que van a ser instalados: centro de control, actuadores, sensores. También, se representan los sistemas que serán controlados tales como ventanas, calefacción, iluminación, electrodomésticos, acceso y alarmas.

Con el fin de determinar cuál será el protocolo de comunicación que se utilizará, se describen las especificaciones de los elementos domóticos que se utilizarán en la instalación que se está diseñando. Además de la localización de los elementos, en los planos se define también la ubicación y el tipo de canalizaciones de la instalación, o sea los elementos por los que se enviarán los cables; estas canalizaciones están compuestas específicamente por tubos, canaletas y bandejas portacables.

En general, los planos deben contener la información suficiente para que con ellos se pueda hacer el montaje completo, sin que se pierdan los detalles que ha definido el diseñador.

5.3 Preinstalación e instalación de un sistema domótico

La preinstalación de un sistema domótico se refiere a la infraestructura básica que se instala en la vivienda durante la construcción, para que más adelante se pueda realizar una instalación

domótica. La preinstalación incluye, entonces, las canalizaciones (tubos, bandejas portacables, cajas de paso) que permitan realizar las conexiones de manera que no se deban realizar nuevas obras una vez se haya terminado la construcción, lo que podría representar problemas.

El siguiente paso es indicar en la construcción la ubicación de los dispositivos, la localización del tablero de distribución y el bus de conexión. También, se debe marcar la trayectoria de las canalizaciones que permitirán la conexión entre los dispositivos. Finalmente, se procederá a realizar la instalación de acuerdo con las indicaciones dadas.

Si en una edificación no se ha hecho la preinstalación, la obra de la instalación domótica puede encontrar fuertes inconvenientes, pues puede ser necesario romper muros para instalar las canalizaciones, lo cual resulta traumático para todos los involucrados en una obra de este tipo. Una alternativa que existe para evitar esos inconvenientes es escoger una tecnología que no requiera el tendido de cableado nuevo, como ocurre con las tecnologías de corrientes portadoras (PL) o de radio frecuencia (RF).

5.4 Configuración del sistema domótico

En la etapa de configuración, es necesario tener en cuenta el protocolo de comunicación que utilizan los elementos del sistema para poder lograr la configuración del sistema. Los dispositivos domóticos serán configurados teniendo en cuenta su funcionalidad y las necesidades que tenga el usuario.

Los dispositivos se configuran con el fin de lograr administrarlos y controlarlos, estos pueden ser luces, cámaras, sensores, control de luces, alarmas, termostatos, entre otros. Algunos de estos dispositivos requieren de un computador o tablet y un software específico para realizar la configuración.

5.5 Pruebas del sistema y puesta en funcionamiento

Después de haber realizado la instalación y la configuración del sistema es necesario realizar pruebas para detectar fallos y finalmente lograr el correcto funcionamiento. Las pruebas obedecen a verificar que todos los dispositivos cumplan las funciones para las cuales fueron instalados y que la comunicación se realice de manera efectiva. Si las fases anteriores fueron realizadas de manera correcta, esta fase no debe representar un problema. Lo que se busca con las pruebas es garantizar la eficiencia y eficacia del sistema.

5.6 Capacitación para el usuario final

Después de haber realizado las etapas anteriores, lo siguiente será formar al usuario por medio de información para el uso correcto del sistema y su mantenimiento.

Conclusiones del capítulo

- Todas las etapas mencionadas anteriormente son necesarias y están en un orden lógico que permitirá el desarrollo del diseño, instalación y puesta en marcha del sistema, teniendo como base las necesidades del usuario. Lo ideal es hacer la determinación de necesidades previamente a realizar la vivienda para preparar las canalizaciones y facilitar la instalación del sistema.

6. Diseño del sistema

6.1 Determinación de necesidades

En esta etapa, se hizo un estudio de las necesidades de monitoreo y control de los laboratorios de electrónica ubicados en el edificio K. Se realizó un recorrido por todos los laboratorios determinando los equipos que iban a ser necesarios instalar, teniendo en cuenta factores como el área del laboratorio, la seguridad de los equipos, el ingreso de personas y la concurrencia de estudiantes.

Para la puerta de entrada de cada uno de los laboratorios, se estableció que es necesario instalar un sensor magnético que dé aviso de cuando se encuentre abierta una puerta para que éstas permanezcan siempre cerradas si nadie está haciendo uso de los laboratorios; para las ventanas de los laboratorios. También son necesarios sensores magnéticos que permitan conocer si las ventanas se encuentran cerradas, pues la lluvia siempre ha sido un problema que amenaza el buen funcionamiento de los equipos.

Debido a que los laboratorios se encuentran sin cámaras de seguridad, para cada laboratorio se determinó que era necesario instalar al menos una cámara, incluso dos cámaras en algunos dependiendo de su área y del costo de los equipos que allí se encuentren.

Se determinó que para cada laboratorio es necesario contar con un sistema de control de iluminación que permita encender o apagar las luces de manera remota, para evitar el desperdicio energético y para brindar comodidad a los encargados del laboratorio, quienes podrán controlar la iluminación de los salones desde su puesto de trabajo.

Una vez que se definieron las necesidades particulares de cada laboratorio, se consignó la información en la tabla 1, en la que se indica cuáles elementos deben instalarse para lograr el propósito de control y monitoreo buscado.

Tabla 1. Necesidades domóticas para laboratorios de electrónica.

AULA	CANTIDAD		
	Sensor magnético	Cámara	Control de luces ON/OFF
Laboratorio de Instrumentación	12	2	1
Laboratorio de Comunicaciones	5	1	1
Laboratorio de Antenas	3	1	1
Laboratorio de Redes	6	1	1
Laboratorio de Señales	6	1	1
Centro Administrativo	7	2	1
Sala de Proyectos	8	1	1
Laboratorio de Electrónica #1 – 312	5	1	1
Laboratorio de Electrónica #2 – 313	6	1	1
Laboratorio de medidas y protecciones eléctricas	5	1	1
Laboratorio de Máquinas	11	2	1
Laboratorio de Control Industrial	12	1	1
Laboratorio de Electrónica Industrial	8	1	1

6.2 Ubicación de dispositivos en el plano y definición de cableado y canalizaciones

Después de haber determinado las necesidades para cada aula, el siguiente paso fue ubicar los dispositivos en el plano. En este caso, los planos fueron facilitados por la Universidad en formato .dwg y, haciendo uso del software AutoCAD, se realizaron los anexos, que corresponden a los dispositivos (cámaras, transmisores, sensores magnéticos) y a las rutas para las conexiones (tubos, bandejas portacables y canaletas).

Los transmisores utilizados, que tienen un relé interno, fueron ubicados al lado de las cajas de paso eléctricas de cada laboratorito que están vinculadas directamente al switch que enciende y apaga las luces del aula, para colocarlos en serie con la fase con el fin de poder interrumpir la conexión y establecer un control de luces por medio de dicho relé y manejarlo de manera remota.

Figura 14. Convenciones para cableado y canalizaciones

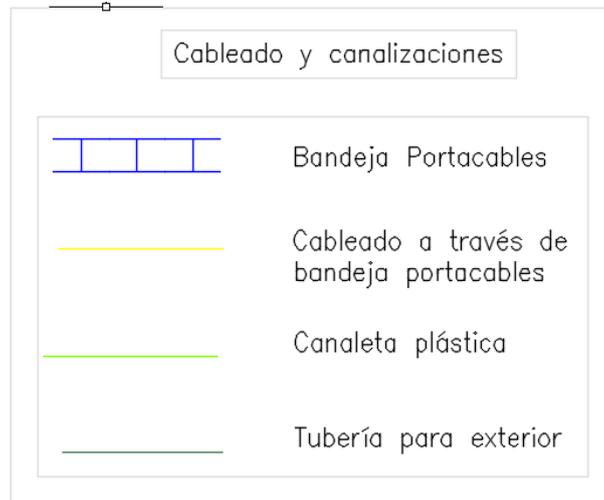


Figura 15. Convenciones para dispositivos



Figura 16. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Señales

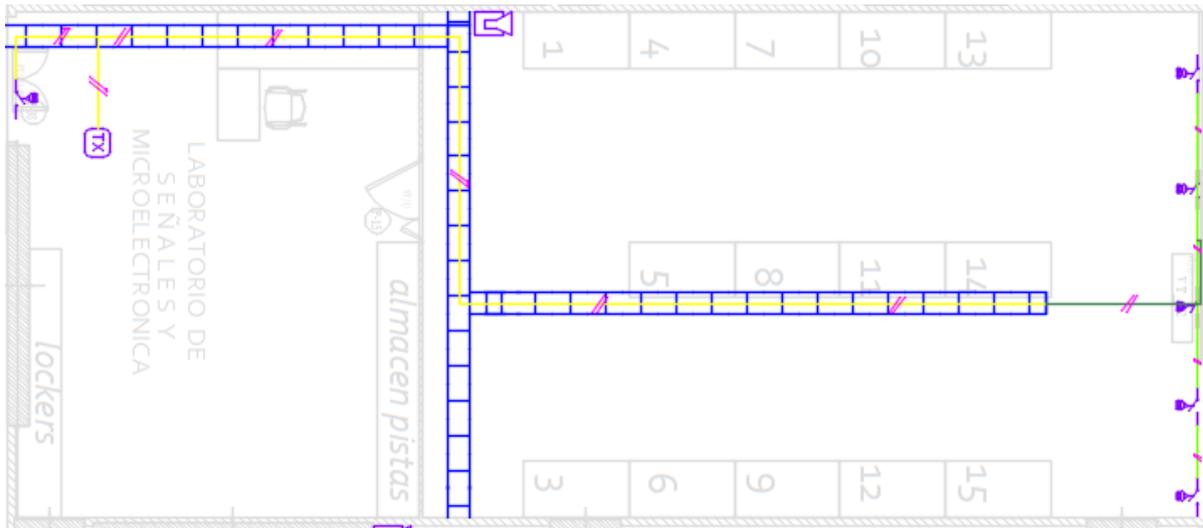


Figura 17. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Redes.

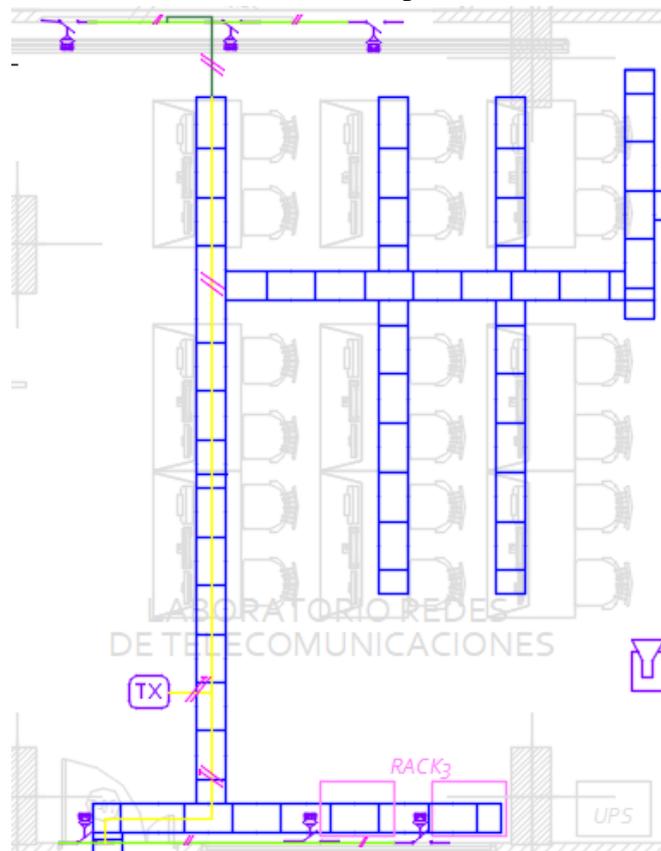


Figura 18. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Instrumentación.

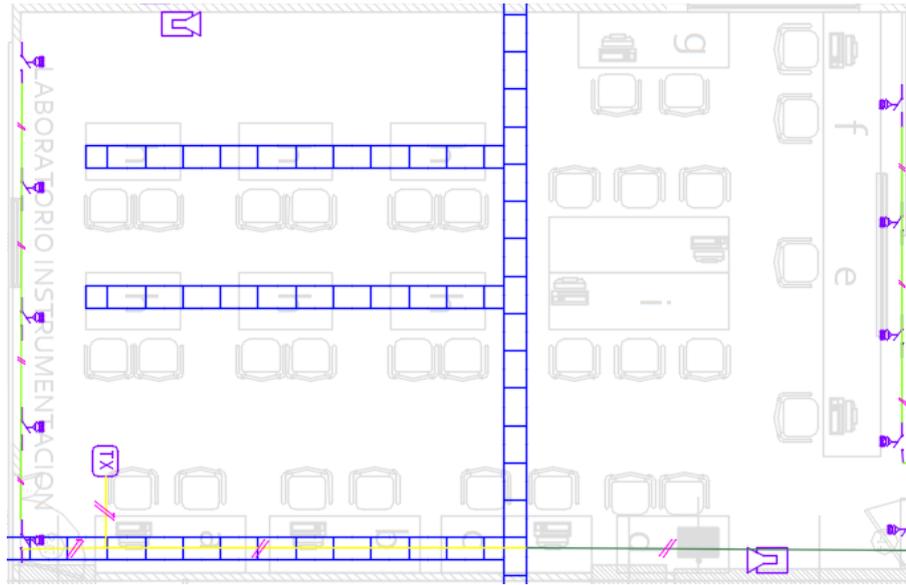


Figura 19. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Máquinas

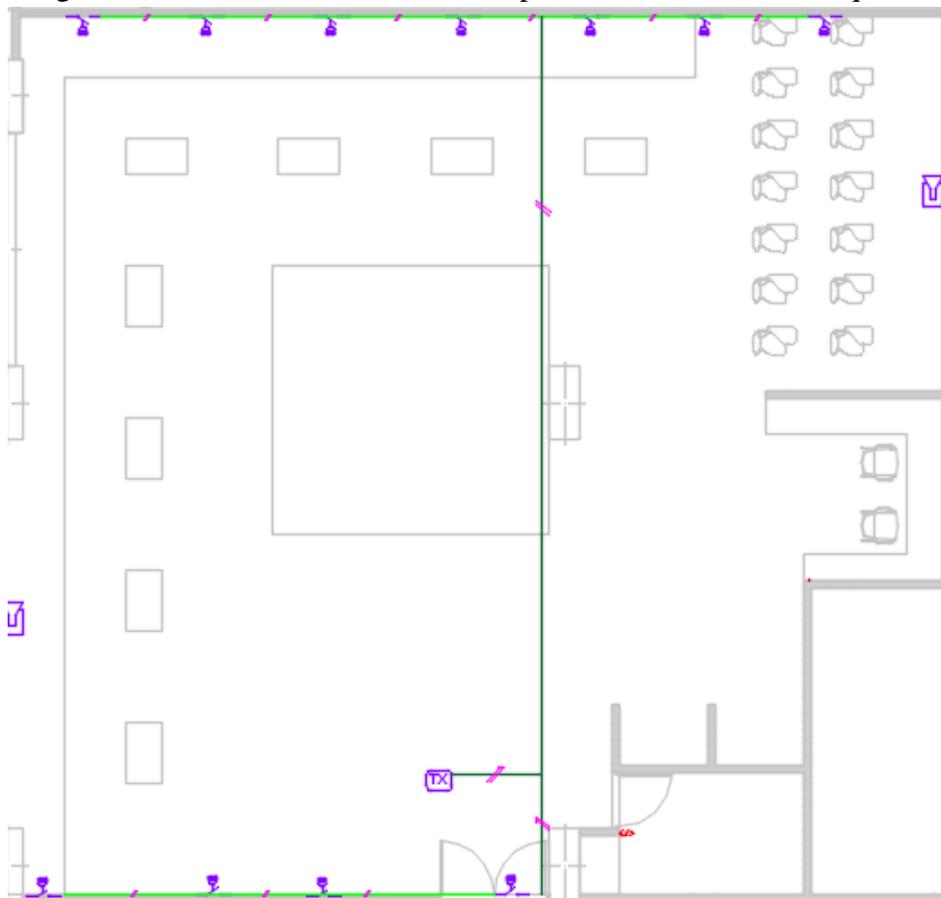


Figura 20. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica Industrial.

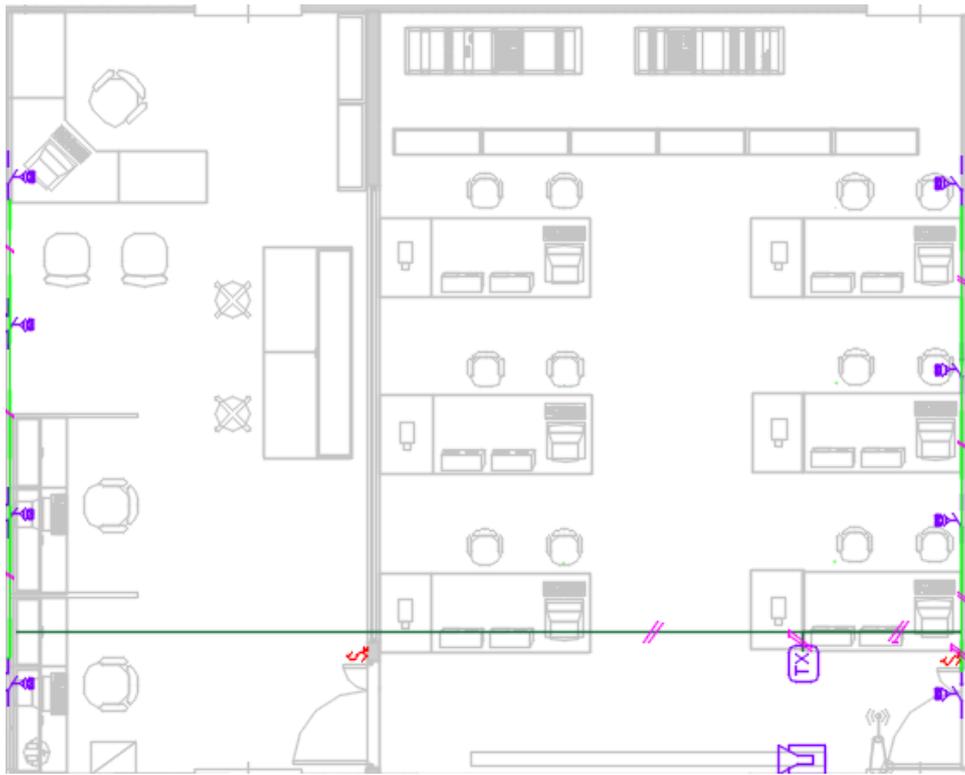


Figura 21. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica K-314

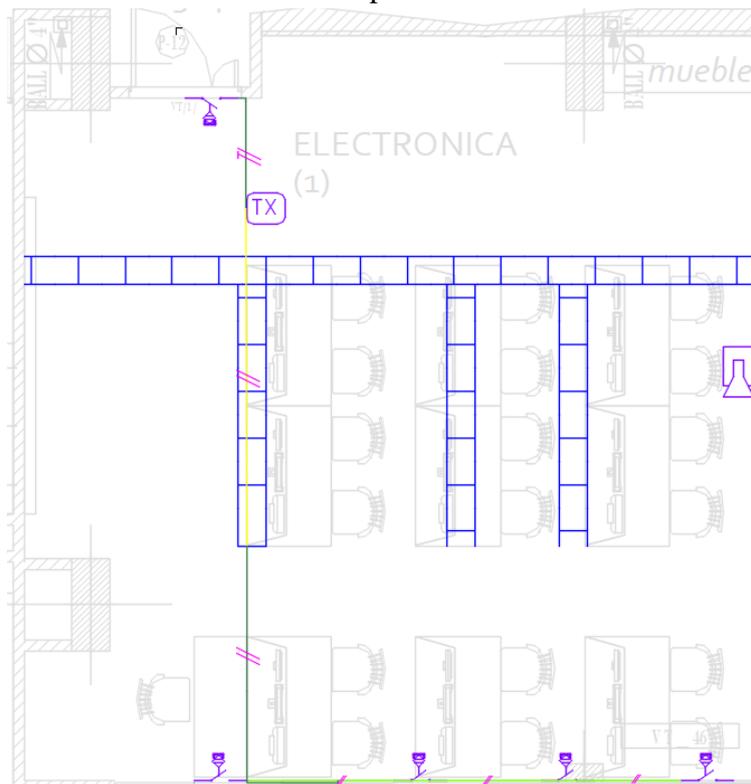


Figura 22. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica K-313.

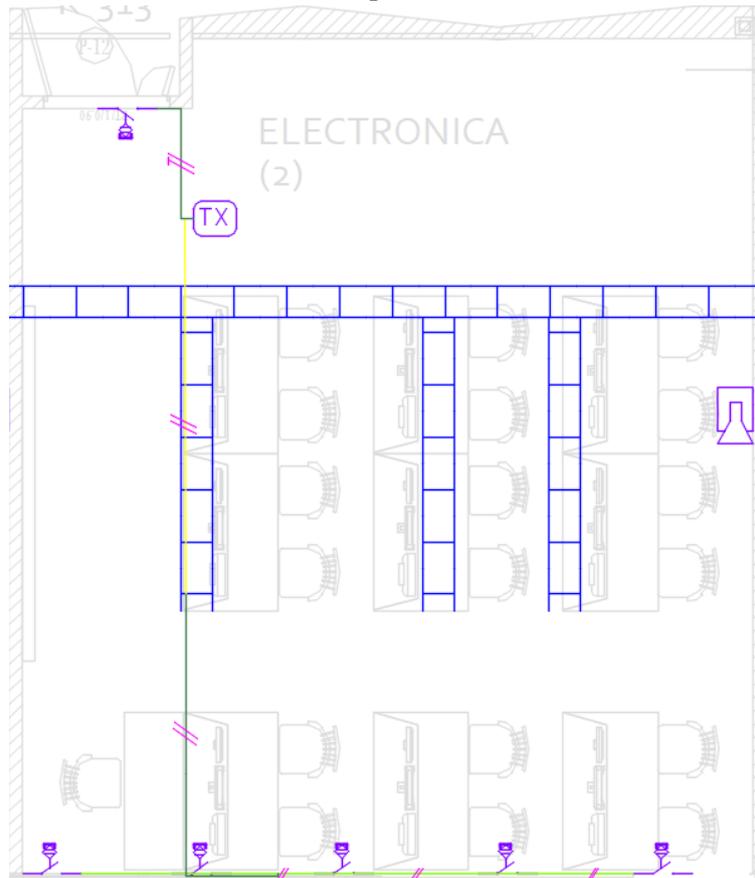


Figura 23. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Electrónica K-312.

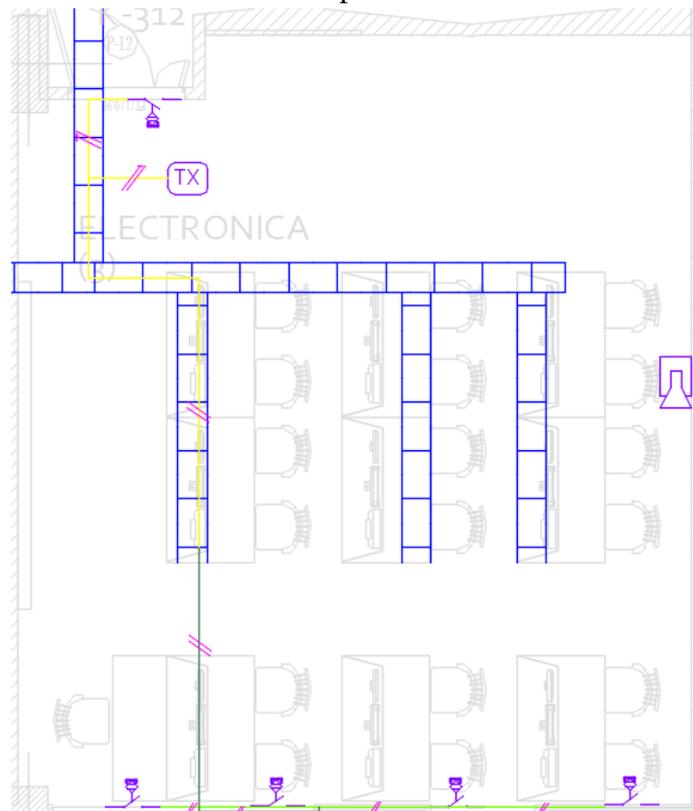


Figura 24. Plano del diseño domótico para la Sala de proyectos de Electrónica.

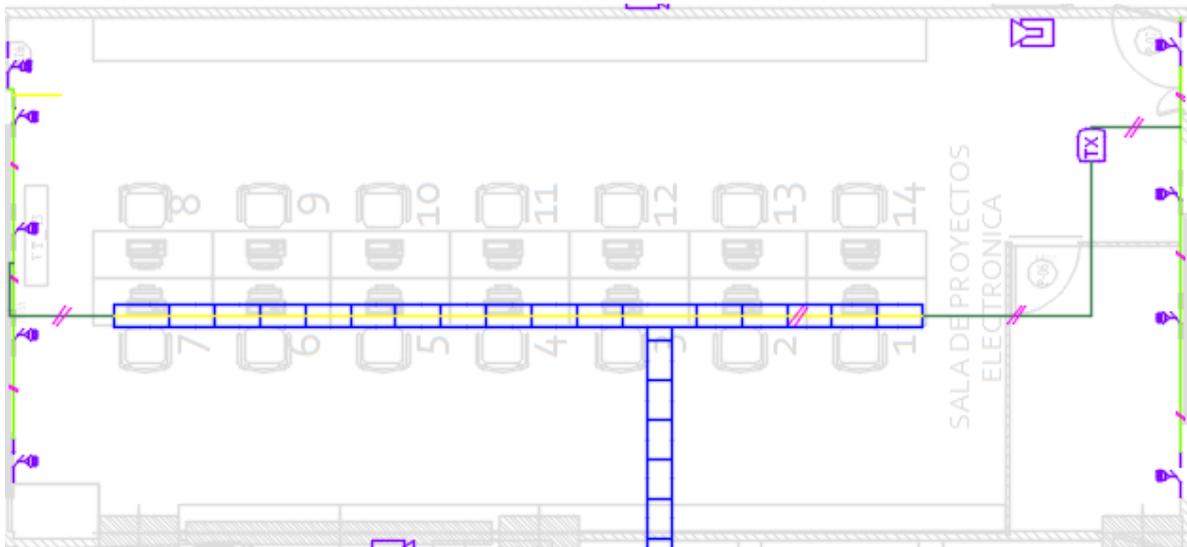


Figura 25. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Antenas.

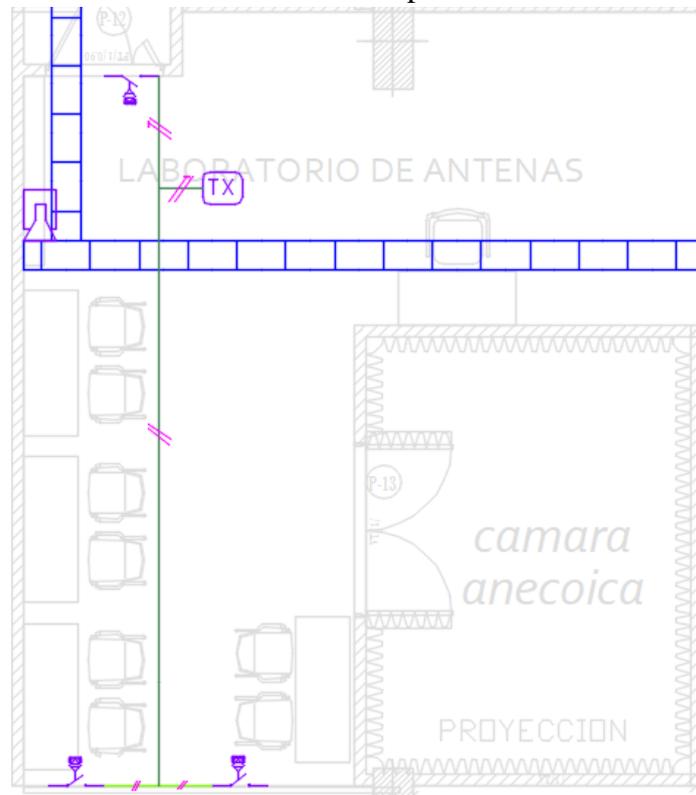


Figura 26. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Comunicaciones básicas.

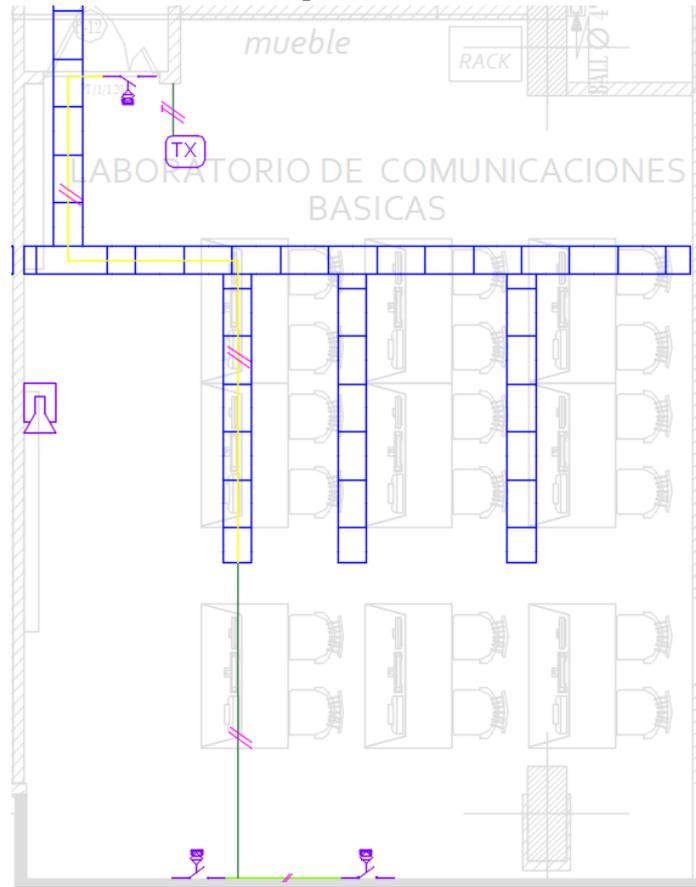


Figura 27. Plano del diseño domótico para el laboratorio de Control de Procesos.

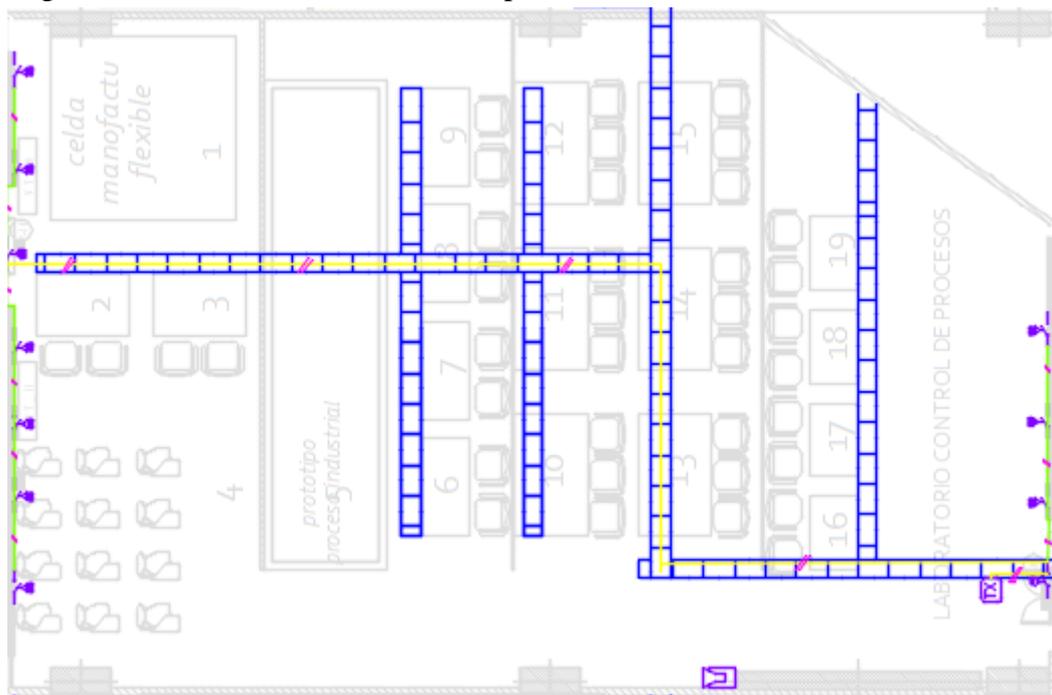
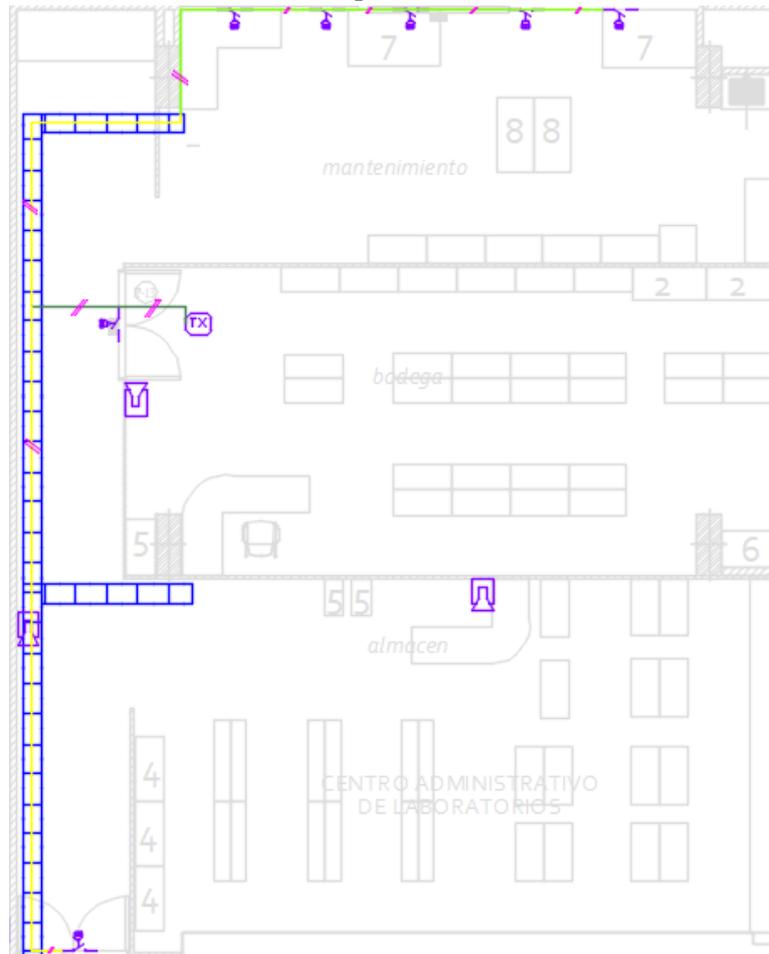


Figura 28. Plano del diseño domótico para Centro Administrativo de Laboratorios.



6.3 Memoria de cálculo

6.3.1 Información preliminar

Como ya se sabe, el objetivo de este proyecto es diseñar un sistema domótico que satisfaga las necesidades básicas de monitoreo previamente definidas para los laboratorios de Electrónica que se encuentran en el primero, segundo y tercer piso del Edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Bucaramanga.

6.3.2 Consideraciones básicas para el cableado

Habrán tres tipos de canalizaciones para hacer el tendido del cableado:

- Tubería EMT ¾" para el cableado a través del techo y pared.
- Canaleta plástica para cableado sobre las ventanas metálicas
- Bandejas portables que ya se encuentran instaladas en el edificio.

La tubería que quede expuesta y que contenga conductores eléctricos será metálica galvanizada (TMG), según la norma NTC 2050 SECCIÓN 348. TUBERÍA ELÉCTRICA METÁLICA - NTC 105 (Tipo EMT)

Se ubicarán sensores magnéticos para la puerta y las ventanas de cada laboratorio. Estos sensores irán conectados en serie; el cableado que conectará los sensores de las ventanas con el transmisor pasará por medio de una canaleta plástica ubicada en la parte superior del marco de las ventanas y la puerta; luego irá por una tubería EMT de 3/4" que lo conducirá a través de la pared, y posteriormente por el techo hasta la bandeja de datos, a donde irá sin protección hasta el otro extremo del laboratorio, y posteriormente seguirá la misma ruta hasta llegar al transmisor INSTEON. En los salones en donde la bandeja de datos no llegue a la puerta principal, se utilizará otro tramo de tubería EMT para llegar al otro extremo.

Un extremo del grupo de sensores magnéticos conectados en serie estará cableado al terminal GND (tierra) del transmisor, y el otro extremo estará conectado al terminal S del transmisor. Cuando este circuito se encuentre abierto, es decir, cuando una ventana o la puerta se abra, el transmisor emitirá una señal. Para la conexión de los sensores, el cable a utilizar será Dúplex calibre 22, pues la corriente máxima será de 10mA.

Para el caso del centro administrativo de laboratorios y los laboratorios de Señales, Comunicaciones Básicas, Antenas, Medidas Eléctricas, Electrónica Básica (K-312 y K-313) en el extremo del aula que limita con el pasillo sólo irá un sensor que estará instalado en la puerta principal, pues no hay ventanas.

Los transmisores también cumplirán la función de controlar las luces y esto se hará colocándolos en serie con la fase que va al interruptor principal de cada salón. El dispositivo Insteon 2450 tiene internamente un relé que activará la bobina de un relé externo capaz de manejar grandes cargas, permitiendo que se puedan apagar y encender las luces de manera remota.

Relé

Para el control de luces se realizaron los cálculos de la potencia consumida por las lámparas de cada salón. En el caso de los laboratorios, cada uno cuenta con 9 lámparas, cada una de ellas consume 60 vatios, es decir, cada salón consume una potencia aproximada de 540 vatios en iluminación. Para determinar la capacidad del relé se calculó la corriente que debía soportar, dividiendo la potencia total entre 120 voltios de la red eléctrica:

$$540W/120V= 4,5A$$

Si se quiere controlar la iluminación de cada salón por independiente, entonces se necesita un relé de 4,5 amperios o más a 120 voltios.

Las frecuencias de comunicación de los dispositivos Insteon son:

Power Line Comunnication: 130kHz

Radio Frecuencia: 868MHz

Normatividad para domótica

En Colombia la única normatividad que se acerca a esto es el RITEL pero al revisar la norma no habla nada de domótica específicamente.

6.3.3 Sistema de Administración

Para controlar los transmisores, se instalará un hub INSTEON; la comunicación se efectuará por medio de la tecnología PLC (PowerLine Communication) a través de la red eléctrica del edificio, lo que ahorrará el trabajo de conectar directamente cada dispositivo hasta una central de mando. El hub estará conectado a un router al que tendrán acceso las personas encargadas del control de los laboratorios.

Serán instaladas cámaras IP inalámbricas para cada salón y desde el router se accederá a ellas; este dispositivo estará ubicado estratégicamente en medio de los laboratorios garantizando la conexión vía WiFi a las cámaras.

En el Centro Administrativos de Laboratorios se instalará un computador de escritorio que tendrá conexión cableada a un router (por medio de cable UTP) de manera que tenga acceso al hub y, a su vez, a las cámaras tipo IP instaladas en cada laboratorio.

Las especificaciones que se requieren para los equipos están en las siguientes tablas:

Tabla 2. Especificaciones de los equipos.

Equipo o parte	Especificaciones
Transmisor Domótico	Transmisor y receptor. Relé interno Tecnología PLC (power line communication) 120V
Transmisor Domótico Dual-band	Transmisor y receptor. Relé interno Tecnología PLC (power line communication) Conexión RF (radio frequency) 120V
Hub	Compatible con INSTEON Tecnología PLC (power line communication) 120V
Router de 4 puertos 10/100Mbps, con firewall integrado.	4 puertos Firewall integrado 120 V
Sensor magnético	Cableado con cable UTP.
Cámara IP	Puerto RJ45 Conexión inalámbrica 120V.
Relé	Potencia de 10W
Computador de mesa	4GB Ram 1 TB de almacenamiento

Tabla 3. Especificaciones del cableado.

Aplicación	Tipo de cable
Circuito cerrado	Cable Dúplex calibre 22
Transmisión de datos	Cable UTP Cat 5E

6.4 Determinación de cantidades de obra

Según las necesidades encontradas para los laboratorios de electrónica y el diseño realizado, la cantidad de equipos necesarios para la instalación del sistema domótico es la consignada en las siguientes tablas:

Tabla 4. Cantidades de obra para Laboratorio de Electrónica No 3 K-313.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	6	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	8	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	18	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	6	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 5. Cantidades de obra para Laboratorio de Instrumentación.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	14,5	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	7	Metro lineal
Tomacorriente	3	Unidad
Cable Dúplex	29,5	Metro lineal
Cámara IP	2	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	12	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 6. Cantidades de obra para Laboratorio de Comunicaciones.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	1,5	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	3,5	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	13,5	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	5	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 7. Cantidades de obra para Laboratorio de Redes.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	6,5	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	2	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	18,5	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	6	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 8. Cantidades de obra para Laboratorio de Señales.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	7,3	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	4	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	35,8	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	6	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 9. Cantidades de obra para Centro Administrativo de Laboratorios.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	11	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	2	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	33	Metro lineal
Cámara IP	2	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	7	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 10. Cantidades de obra para Sala de Proyectos.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	13	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	8,5	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	35,5	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	8	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 11. Cantidades de obra para Laboratorio de Electrónica No 2 K-312.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	6	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	4	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	17	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	5	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 12. Cantidades de obra para Laboratorio de Medidas Eléctricas K-314.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	6	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	7	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	18	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	5	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 13. Cantidades de obra para Laboratorio de Máquinas.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica		Metro lineal
tubería EMT 3/4"		Metro lineal
Tomacorriente	3	Unidad
Cable Dúplex		Metro lineal
Cámara IP	2	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	11	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 14. Cantidades de obra para Laboratorio de Control Industrial.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	10	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	14	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	24	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	12	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 15. Cantidades de obra para Laboratorio de Electrónica Industrial.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	5	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	12	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	17	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	8	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Tabla 16. Cantidades de obra para Laboratorio de Antenas.

MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Canaleta plástica	1,5	Metro lineal
tubería EMT 3/4"	10	Metro lineal
Tomacorriente	2	Unidad
Cable Dúplex	11,5	Metro lineal
Cámara IP	1	Unidad
Transmisor	1	Unidad
Sensor magnético	8	Unidad
Relé 120V - 10A	1	Unidad

Conclusiones del capítulo

- La estructura general de la red de comunicaciones del edificio es tal que facilita la instalación y el mantenimiento del sistema. Las bandejas portacables de comunicaciones que se encuentran en el edificio, serán usadas como ruta para el cableado del sistema domótico.

- La realización de la memoria de cálculo permite tener una guía del procedimiento llevado a cabo para verificar y acatar criterios determinados durante el estudio previo del proyecto.
- Al realizar los planos se tuvo en cuenta las instalaciones existentes en el edificio de manera que no se presentaran inconvenientes con la red eléctrica y de comunicaciones y se aprovecharan los elementos presentes para reducir gastos, de igual modo se crearon nuevas rutas para la conexión.

7. Elaboración de presupuesto

7.1 Presupuesto de la obra

Para llevar a cabo el proceso de elaboración del presupuesto del diseño domótico, se necesita hacer un análisis de precios unitarios (APU), el cual incluye el rubro conocido como AIU, que corresponde a lo asociado con la Administración, los Imprevistos y las Utilidades de la obra.

El análisis de precios unitarios (APU) ayuda a conocer el valor de una actividad por unidad de medida. Por lo general el APU lo componen la mano de obra, valoración de los materiales, herramienta y equipos a instalar.

El concepto del AIU se utiliza en general en procesos de contratación y es un término totalmente familiar para los contratistas. Está comprendido por los costos administrativos del contratista (arriendos, personal de oficina, servicios públicos, etc.), un porcentaje para la estimación de los imprevistos de la obra, más las utilidades que se esperan del contrato y que representan la ganancia al finalizar la obra. Este último rubro, la utilidad, es la base para la liquidación del Impuesto al Valor Agregado (IVA) que se agrega al valor de la obra, como se verá más adelante en la propuesta económica diseño domótico.

Tabla 17. Propuesta económica diseño domótico

OFERTA ECONÓMICA						
Cod	Descripción	Cant.	Un.	Valor unitario	Valor total	Valor total
1	Diseño domótico					
1.1	Materiales				\$	\$
1.1.1	Tubería EMT 3/4"	75	ML	\$ 20.400,00	\$ 1.530.000,00	\$ 1.698.300,00
1.1.2	Cable dúplex 2X22	355	ML	\$ 250,00	\$ 88.750,00	\$ 98.512,50
1.1.3	Canaleta plástica 25X25	53	ML	\$ 11.234,00	\$ 595.402,00	\$ 660.896,22
1.1.4	Toma doble regulada Dexson	28	UN	\$ 11.000,00	\$ 308.000,00	\$ 341.880,00
1.1.5	Cámara IP Smarthome 75790	17	UN	\$ 96.714,00	\$ 1.644.138,00	\$ 1.824.993,18
1.1.6	Sensor magnético	99	UN	\$ 5.800,00	\$ 574.200,00	\$ 637.362,00
1.1.7	Relé 10A	14	UN	\$ 3.500,00	\$ 49.000,00	\$ 54.390,00
1.1.8	Transmisor I/O #2450	14	UN	\$ 354.000,00	\$ 4.956.000,00	\$ 5.501.160,00
1.1.9	Transmisor I/O #2413UH	6	UN	\$ 430.000,00	\$ 2.580.000,00	\$ 2.863.800,00
1.1.10	Computador de escritorio	1	UN	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.998.000,00
1.1.11	Router	1	UN	\$ 330.000,00	\$ 330.000,00	\$ 366.300,00
	COSTO DIRECTO				\$ 14.455.490,00	\$16.045.593,90
	Administración		5%		\$ 722.774,50	
	Improvistos		3%		\$ 433.664,70	
	Utilidad		5%		\$ 722.774,50	\$ 3.613.872,50
	IVA sobre utilidad		19%		137.327,16	\$ 686.635,78
	Total costos				\$ 16.472.030,86	\$20.346.102,18
	TOTAL PRESUPUESTO				\$ 16.472.030,86	\$20.346.102,18

Tabla 18. Precio de materiales

MATERIALES PARA PRESUPUESTO			
COD.	DESCRIPCIÓN	VALOR	VALOR AJUSTADO
1A	ACCESORIOS	\$ 2.000,00	\$ 2.220,00
2A	CABLE PARA SENSORES 2X22	\$ 88.700,00	\$ 98.457,00
3A	TUBO EMT 3/4"	\$ 6.800,00	\$ 7.548,00
4A	ABRAZADERA DOBLE ALA 3/4"	\$ 600,00	\$ 666,00
5A	UNION EMT DE 3/4"	\$ 520,00	\$ 577,20
6A	ADAPTADOR TERMINAL EMT DE 3/4"	\$ 512,00	\$ 568,32
7A	CAJA CUADRADA GALVANIZADA	\$ 700,00	\$ 777,00
8A	CANAleta PLÁSTICA	\$ 5.520,00	\$ 6.127,20
9A	TOMA DOBLE REGULADA	\$ 11.000,00	\$ 12.210,00
10A	SENSOR MAGNÉTICO	\$ 5.800,00	\$ 6.438,00
11A	RELÉ 10 ^a	\$ 3.500,00	\$ 3.885,00
12A	TRASMISOR I/O	\$ 430.000,00	\$ 7.300,00
13A	CÁMARA IP	\$ 96.714,00	\$ 107.352,54
14A	COMPUTADOR	\$ 1.800.000,00	\$1.998.000,00

Tabla 19. Precio mano de obra

COD.	DESCRIPCIÓN	VALOR	VALOR AJUSTADO
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	\$ 65.000,00	\$ 83.850,00
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	\$ 34.000,00	\$ 43.860,00
3B	AYUDANTE TÉCNICO	\$ 27.000,00	\$ 34.830,00
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	\$ 6.000,00	\$ 7.740,00
5B	BROCA	\$ 5.500,00	\$ 7.095,00

7.1 Análisis de Precios Unitarios

Tabla 20. Precio unitario tubería EMT ¾

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.1.	TUBERIA EMT ¾				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
3A	TUBO EMT 3/4"	1	ML	\$ 7.548	\$ 7.548
4A	ABRAZADERA DOBLE ALA 3/4"	1	ML	\$ 666	\$ 666
5A	UNION EMT DE 3/4"	1	UN	\$ 577	\$ 577
6A	ADAPTADOR TERMINAL EMT DE 3/4"	1	UN	\$ 568	\$ 568
7A	CAJA CUADRADA GALVANIZADA	1	UN	\$ 777	\$ 777
				SUB TOTAL	\$ 12.357
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,07	JR	\$ 43.860	\$ 3.070
3B	AYUDANTE TÉCNICO	0,11	JR	\$ 34.830	\$ 3.831
				SUB TOTAL	\$ 7.321
				VALOR TOTAL	\$ 20.271

Tabla 21. Precio unitario cable Dúplex

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.2.	CABLE DÚPLEX				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
2A	CABLE PARA SENSORES	1	ML	\$ 250	\$ 250
				SUBTOTAL	\$ 2.470
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUBTOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,07	JR	\$ 43.860	\$ 3.070
3B	AYUDANTE ELÉCTRICO	0,67	JR	\$ 34.830	\$ 23.336
				SUBTOTAL	\$ 26.826
				VALOR TOTAL	\$ 29.889

Tabla 22. Precio unitario canaleta plástica

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.3.	CANALETA PLÁSTICA				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
8A	CANALETA PLÁSTICA	1	ML	\$ 6.127	\$ 6.127
				SUB TOTAL	\$ 8.347
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,07	JR	\$ 43.860	\$ 3.070
3B	AYUDANTE ELÉCTRICO	0,32	JR	\$ 34.830	\$ 11.146
				SUB TOTAL	\$ 14.635
				VALOR TOTAL	\$ 23.576

Tabla 23. Precio unitario toma doble regulada

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.4.	TOMA DOBLE REGULADA				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
9A	TOMA DOBLE REGULADA	1	ML	\$ 12.210	\$ 12.210
				SUBTOTAL	\$ 14.430
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUBTOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,13	JR	\$ 43.860	\$ 5.702
				SUBTOTAL	\$ 6.121
				VALOR TOTAL	\$ 21.144

Tabla 24. Precio unitario cámara IP Smarthome

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.5.	CÁMARA IP SMARTHOME				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
13A	CÁMARA IP SMARTHOME	1	ML	\$ 107.353	\$ 107.353
				SUB TOTAL	\$ 109.573
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,05	JR	\$ 83.850	\$ 4.193
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,4	JR	\$ 43.860	\$ 17.544
				SUB TOTAL	\$ 21.737
				VALOR TOTAL	\$ 131.902

Tabla 25. Precio unitario sensor magnético.

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.6.	SENSOR MAGNÉTICO				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
10A	SENSOR MAGNÉTICO	1	ML	\$ 6.438	\$ 6.438
				SUB TOTAL	\$ 8.658
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,23	JR	\$ 43.860	\$ 10.088
				SUB TOTAL	\$ 10.507
				VALOR TOTAL	\$ 19.758

Tabla 26. Precio unitario relé

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.7.	RELÉ				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
11A	RELÉ	1	ML	\$ 3.885	\$ 3.885
				SUB TOTAL	\$ 6.105
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 3.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,4	JR	\$ 3.860	\$ 17.544
				SUB TOTAL	\$ 17.963
				VALOR TOTAL	\$ 24.662

Tabla 27. Precio unitario transmisor 2450

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.8.	TRANSMISOR #2450				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
12A	TRANSMISOR #2450	1	ML	\$ 477.300	\$ 477.300
				SUB TOTAL	\$ 479.520
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,07	JR	\$ 43.860	\$ 3.070
				SUB TOTAL	\$ 3.489
				VALOR TOTAL	\$ 483.603

Tabla 28. Precio unitario Transmisor 2413UH

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.9.	TRANSMISOR #2413UH				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
12A	TRANSMISOR #2413UH	1	ML	\$ 477.300	\$ 477.300
				SUB TOTAL	\$ 479.520
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
5B	BROCA	0,04	UN	\$ 7.095	\$ 284
				SUB TOTAL	\$ 593
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,005	JR	\$ 83.850	\$ 419
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,07	JR	\$ 43.860	\$ 3.070
				SUB TOTAL	\$ 3.489
				VALOR TOTAL	\$ 483.603

Tabla 29. Precio unitario computador.

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.10.	COMPUTADOR				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
12A	COMPUTADOR	1	ML	\$ 1.998.000	\$ 1.998.000
				SUB TOTAL	\$ 2.000.220
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
				SUB TOTAL	\$ 310
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,05	JR	\$ 83.850	\$ 4.193
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,3	JR	\$ 43.860	\$ 13.158
				SUB TOTAL	\$ 17.351
				VALOR TOTAL	\$ 2.017.880

Tabla 30. Precio unitario router.

COD.	DESCRIPCION	CANT.	UN.	VALOR UN	VALOR TOTAL
1.1.11.	ROUTER				
MATERIALES					
1A	ACCESORIOS	1	GL	\$ 2.220	\$ 2.220
12A	ROUTER	1	ML	\$ 366.000	\$ 366.000
				SUB TOTAL	\$ 368.220
EQUIPO					
4B	HERRAMIENTA ELÉCTRICA	0,04	UN	\$ 7.740	\$ 310
				SUB TOTAL	\$ 310
MANO DE OBRA					
1B	OFICIAL ELECTRÓNICO	0,05	JR	\$ 83.850	\$ 4.193
2B	TÉCNICO ELECTRÓNICO	0,9	JR	\$ 43.860	\$ 39.474
				SUB TOTAL	\$ 43.667
				VALOR TOTAL	\$ 412.196

Conclusiones del capítulo

- En la elaboración del presupuesto resulta indispensable tener en cuenta la totalidad de los costos de la obra, así como las cantidades de obra, además de liquidar acertadamente los costos administrativos, los imprevistos, la utilidad esperada y los costos tributarios asociados con los trabajos que se presupuestan.

8. Configuración de equipos

La Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, cuenta con una gran variedad de dispositivos domóticos de diferentes tecnologías, entre las cuales se pueden encontrar Insteon, Z-Wave, Ozom y Control-4. Se ha creado una rúbrica de instalación y configuración de los dispositivos utilizados para el sistema domótico diseñado.

Para el adecuado control del sistema domótico, fue necesario adquirir un router para dejar una red independiente y así tener total acceso y control del sistema. A continuación, se mostrarán las credenciales y el proceso de configuración de dicho router.

- Ingresar a la dirección IP del router y realizar el ingreso (login)

Los datos para el acceso del router BELKIN se encuentran a continuación:

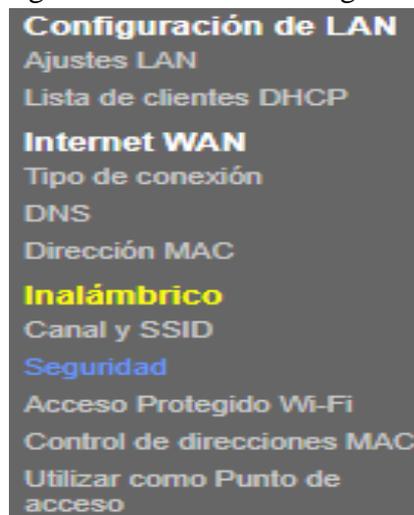
Dirección IP: 192.168.2.1

Nombre del usuario: Vacío

Contraseña: Vacío

- El router se encuentra con la red WI-FI abierta. Realizar la configuración y asignar una clave a la red. Para hacer esto, se debe dar click en *inalámbrico* (figura 29).

Figura 29. Protocolo de seguridad.



Tomado de (software Belkin)

- A continuación, seleccionamos el tipo de seguridad, en nuestro caso será WPA/WPA2. Luego introducimos la contraseña que se asignará al router (en este

caso se asignó la contraseña “Electronica2019”) y aplicamos los cambios realizados. Ver figura 30

Figura 30. Asignación de clave.

Inalámbrico > Seguridad

Aquí podrá establecer sus ajustes de seguridad inalámbrica o encriptación. Se deberá activar la seguridad para garantizar la máxima seguridad inalámbrica. El WPA (Acceso inalámbrico protegido) proporciona cambios dinámicos de clave y constituye la mejor solución de seguridad. En entorno inalámbricos, donde no todos los dispositivos admiten WPA, se deberá emplear WEP (Privacidad equivalente a la del cable). [Más información](#)

Modo de seguridad >	WPA/WPA2 ▼
Autenticación >	Password(PSK) ▼
Password(PSK) type >	Passphrase (8~63 characters) ▼
Password(PSK) >
<input checked="" type="checkbox"/> Ocultar PSK	
To enable Guest Access which allows guest to access only the Internet connection and not the local network please enter a password below for guest to use.	
Guest Password(PSK) >
<input type="button" value="Aplicar cambios"/> <input type="button" value="Borrar cambios"/>	

Tomado de (software Belkin)

De esta manera ya se encuentra configurado el router, para el debido funcionamiento.

8.1 Insteon

Es una tecnología domótica que, utilizando los medios de transmisión PL y RF, permite crear una red de sensores y actuadores sin requerir trabajos de instalación dispendiosos, al tiempo que pueden configurarse y reconfigurarse muy fácilmente. Cada dispositivo puede transmitir, recibir y repetir cada mensaje de la tecnología Insteon. Ya que cada dispositivo actúa como repetidor de cada señal que recibe, la red puede crecer teóricamente sin límite, lo que permite lograr sistemas con grandes áreas de cobertura.

A continuación, se encuentra un registro de la configuración de algunos dispositivos INSTEON con los que previamente contaba la Universidad Pontificia Bolivariana.

Para la configuración de los dispositivos INSTEON, se utilizó el software Houselinc.

- El primer paso es descargar el software y sus controladores. En la figura 31 vemos la pantalla de inicio del programa.

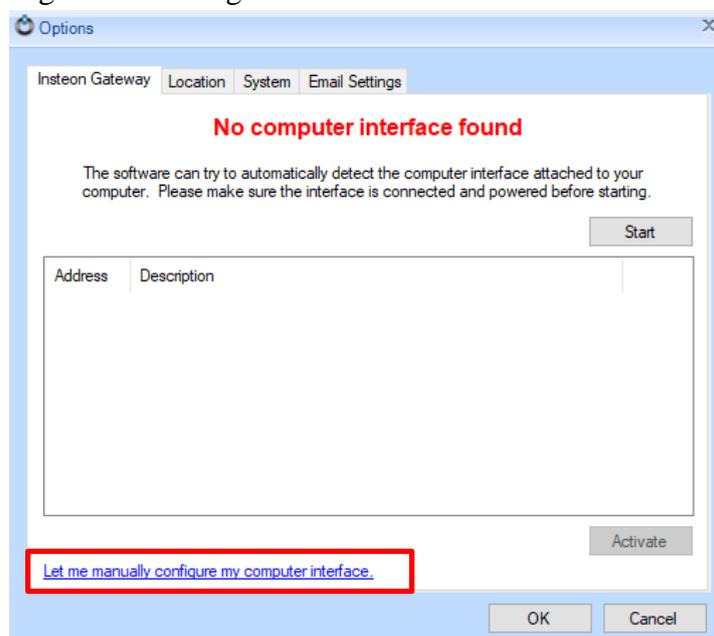
Figura 31. Software HouseLinc.



Tomado de (software Insteon)

- Para la configuración del HUB Insteon 2242-222. Realizaremos los siguientes pasos:
 - Ingresar a HouseLinc. El software desplejará una ventana emergente (figura 32) y dar click en *let me manually configure my computer interface*.

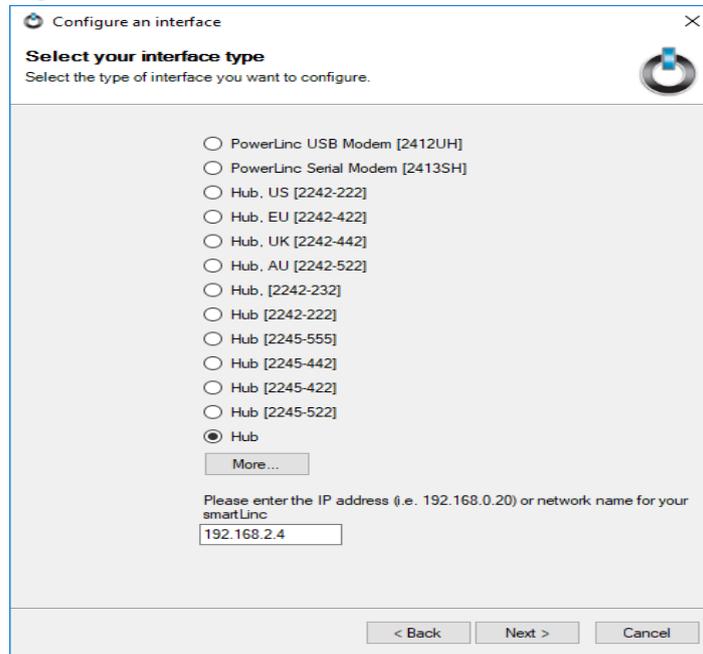
Figura 32. Configuración hub.



Tomado de (software Insteon)

- En la nueva ventana emergente damos click en *next*. Luego seleccionamos la referencia del Hub (figura 33) y agregamos la dirección IP.

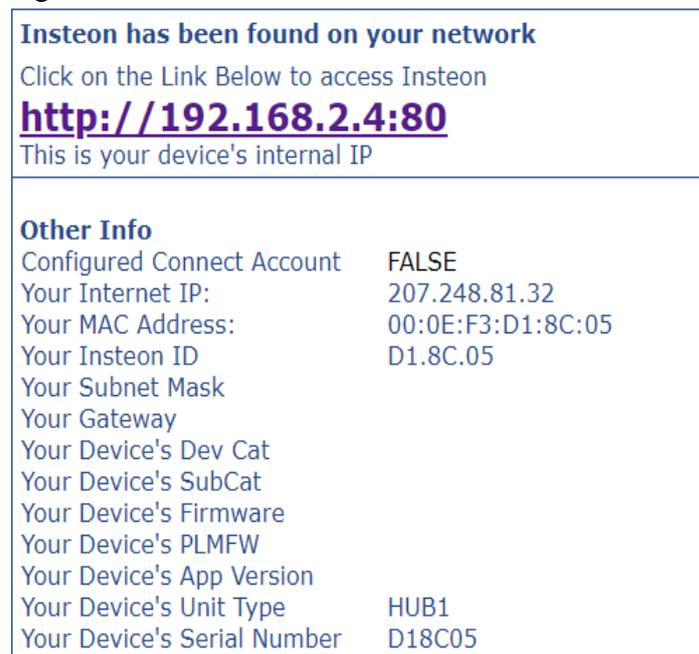
Figura 33. Selección del hub.



Tomado de (software Insteon)

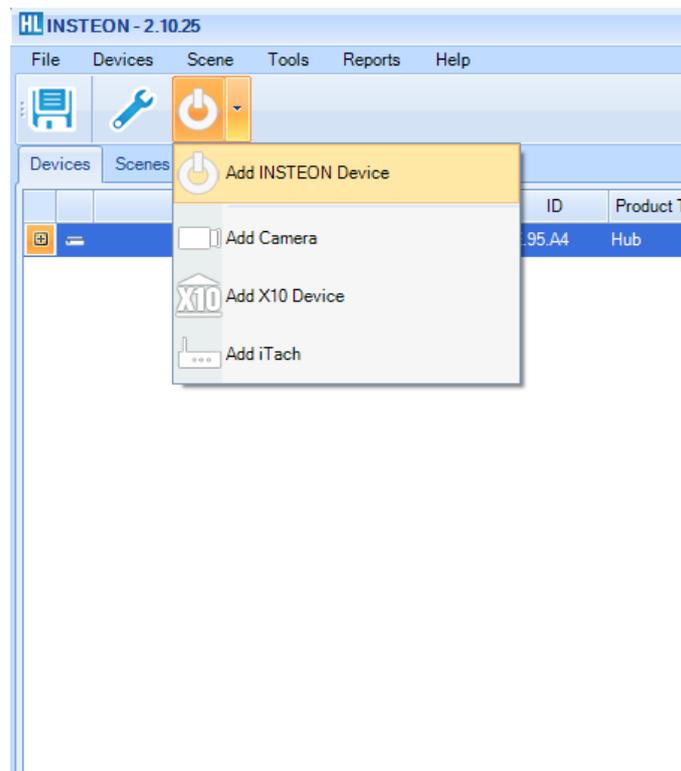
NOTA: para conocer la IP y el puerto al cual está conectado nuestro router, podemos ingresar al siguiente enlace: connect.Insteon.com/getinfo.asp ahí encontrará un recuadro como el que se muestra en la figura 34.

Figura 34. Dirección IP hub.



- Luego de esto, ya tendremos conectado nuestro HUB al software y podremos realizar la configuración de los equipos necesarios para el sistema domótico.
- Para vincular un dispositivo a nuestro HUB debemos seleccionar el hub y luego hacer clic en “agregar dispositivo”, como se muestra en la siguiente imagen:

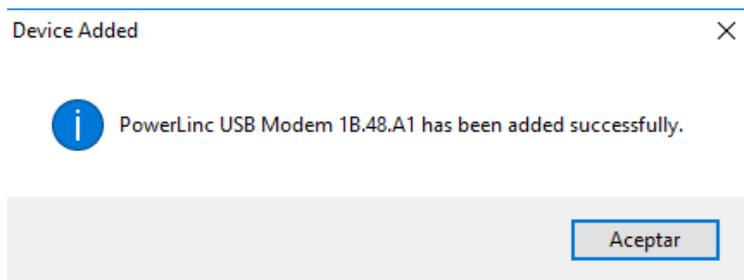
Figura 35. Añadir dispositivos.



Tomado de (software Insteon)

- Conectar el dispositivo Insteon a la red eléctrica y luego presionar el botón SET hasta que escuchar un sonido proveniente del dispositivo (cuatro segundos) que indicará que se encuentra en modo de vinculación. El software mostrará una alerta indicando que el dispositivo se agregó correctamente, mostrando su dirección (figura 36).

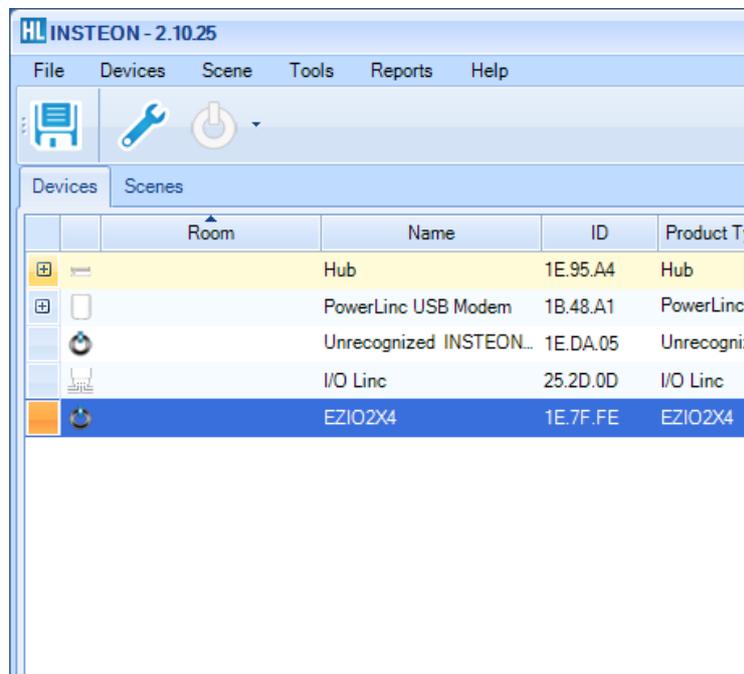
Figura 36. Alerta dispositivos.



Tomado de (software Insteon)

- De este modo, estará listo el dispositivo. A continuación, se muestra la tira de equipos enlazados al HUB.

Figura 37. Dispositivos conectados.



Tomado de (software Insteon)

- Realizar los pasos anteriores con todos los dispositivos a utilizar en la red domótica.
- Para la configuración de las cámaras SmartHome es necesario descargar el software *IPcameratool*. En este caso se hizo desde un computador.

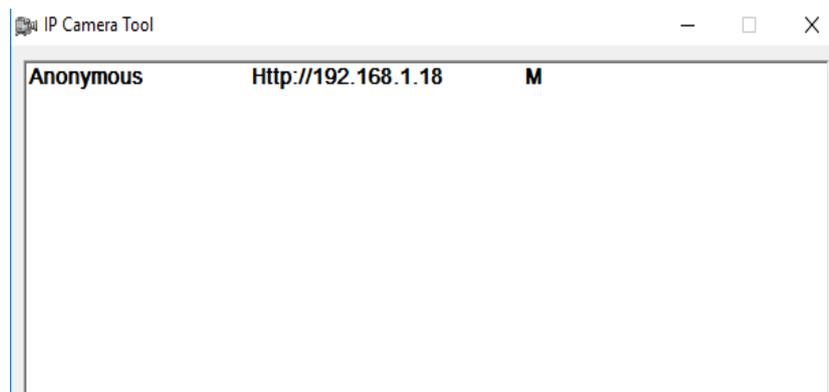
Figura 38. Software IP Camera Tool.



Tomado de (software IP Camera Tool)

- Luego de descargar el software conectar la cámara a la corriente y al router, el mismo al que está conectado el computador, por medio de cable ethernet. Acceder al software y automáticamente mostrará las cámaras conectadas y la dirección IP. (figura 39).

Figura 39. Lista de cámaras disponibles.



Tomado de (software IP Camera Tool)

- Hacer clic en la cámara que pretende configurarse y automáticamente abrirá el explorador predeterminado del equipo y desplegará una ventana emergente, en la cual se debe ingresar usuario y clave. A continuación, se encuentra la clave y el usuario de las cámaras ya configuradas para la red doméstica.

Figura 40. Credenciales cámaras IP.

Acceder

http://192.168.1.18

Tu conexión con este sitio no es privada

Nombre de usuario

Contraseña

Tomado de (software IP Camera Tool)

- Dar click en acceder y la página desplegará una ventana como la que se encuentra en la figura 41. Hacer clic en **login**.

Figura 41. interface cámaras IP.



Tomado de (software IP Camera Tool)

- El navegador mostrará una nueva ventana, donde se encuentra toda la información de la cámara conectada a la red. Dar click en **live video** para acceder al video en tiempo real. Figura (42).

Figura 42. Real-time cámaras IP.

The screenshot shows the 'Real-time IP Camera Monitoring System' interface. On the left, there is a vertical sidebar with three menu items: 'Device Status', 'Live Video', and 'Device Management'. The main content area displays a table titled 'Device Status' with the following information:

Device Status	
Device ID	000C5DDC9C9C
Device Firmware Version	11.37.2.56
Device Embedded Web UI Version	2.1.18.2
Alias	Anonymous
Alarm Status	None
DDNS Status	No Action
UPnP Status	No Action
MSN Status	No Action

- A continuación, desplegará una ventana con el video en vivo y un recuadro con las herramientas básicas para el control de la cámara. Figura (43).

Figura 43. herramientas cámaras IP.

The screenshot shows the 'Live Video' control interface. At the top, it has a title bar with 'Device Status' and 'Live Video'. Below this is a circular video preview window with directional arrows for panning. To the right of the preview are six circular buttons: a zoom-in button, a zoom-out button, a refresh button, a snapshot button, an audio icon, and a close button. Below the preview are two checkboxes: 'Flip' and 'Mirror'. Further down are dropdown menus for 'Resolution' (set to 640*480) and 'Mode' (set to 50 HZ). There are also sliders for 'Brightness' (set to 7) and 'Contrast' (set to 5). A 'Preset' section shows 'set 1' and a 'go' button. At the bottom, there are several text links: 'refresh camera params', 'refresh video', 'Snapshot', 'audio', and 'Close.Audio'. The interface ends with a 'Device Management' button at the very bottom.

- Repetir los pasos anteriores para la configuración de las cámaras Smarthome del sistema domótico.

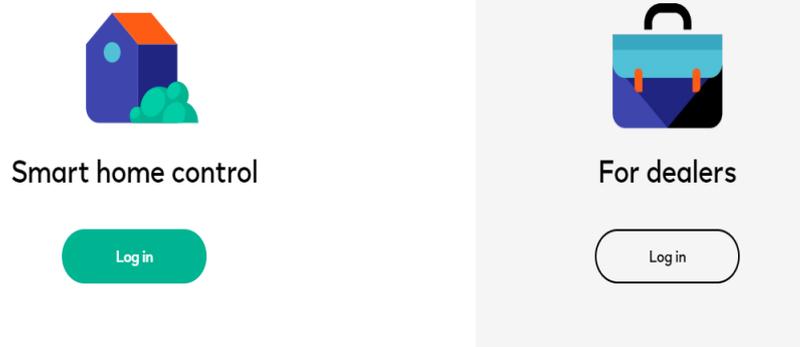
8.2 Z-Wave

Esta tecnología domótica ha crecido rápidamente debido a que es un estándar abierto, lo que permite que diversos fabricantes produzcan dispositivos compatibles, independientemente de la marca. La tecnología Z-Wave se basa en un tipo de red llamado “red de malla”, que, al igual que Insteon, le permite lograr grandes coberturas sin que se requieran transmisores de gran potencia. Los dispositivos Z-Wave transmiten la información por medio de radiofrecuencia. En el mercado existen cientos de dispositivos Z-Wave, algunos los cuales son compatibles con otras tecnologías, como Insteon, lo que permite la interconexión con otros estándares.

A continuación, se describirá la configuración algunos dispositivos Z-Wave.

- La configuración de equipos Z-wave se realiza a través de la siguiente página web:
<https://getvera.com/>
 - hacer click en Log in y aparecerá una ventana emergente, en la cual debe seleccionar **Smart home control**. Como lo muestra la figura 44.

Figura 44. Selección de cuenta Z-Wave.



Tomado de (software Z-Wave)

Realizar el registro para obtener una cuenta en Vera. Luego realizar el login con la cuenta registra. Los equipos de la universidad se encuentran asociados a una cuenta, la cual se podrá obtener mediante el ingeniero Raúl Restrepo.

- Para añadir un controlador, hacer click en **Add Another Controller**.
 Selecciona el controlador disponible. En la figura 45 podemos ver algunos controladores.

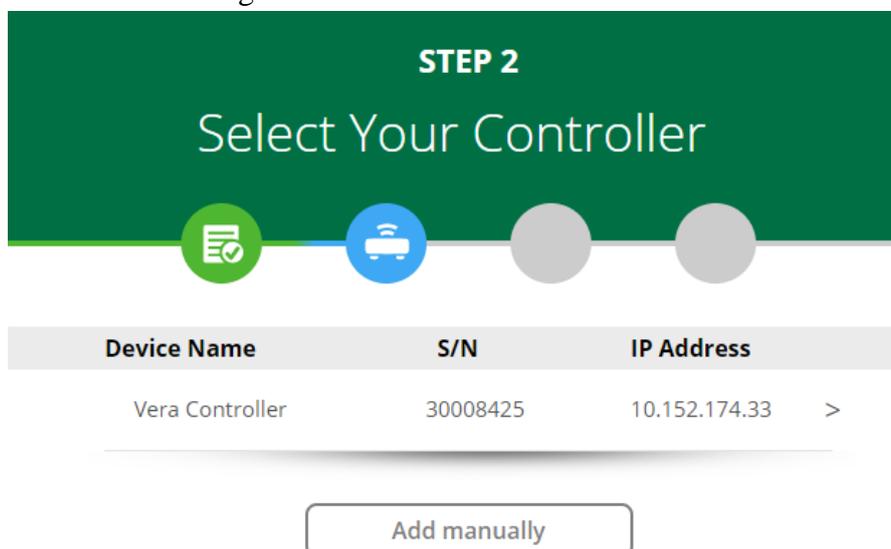
Figura 45. Selección tipo de controlador Z-Wave.



Tomado de (software Z-Wave)

- Luego de seleccionar el controlador, el sistema detecta automáticamente las credenciales del controlador y lo agrega automáticamente. En la figura 46 podemos encontrar un ejemplo.

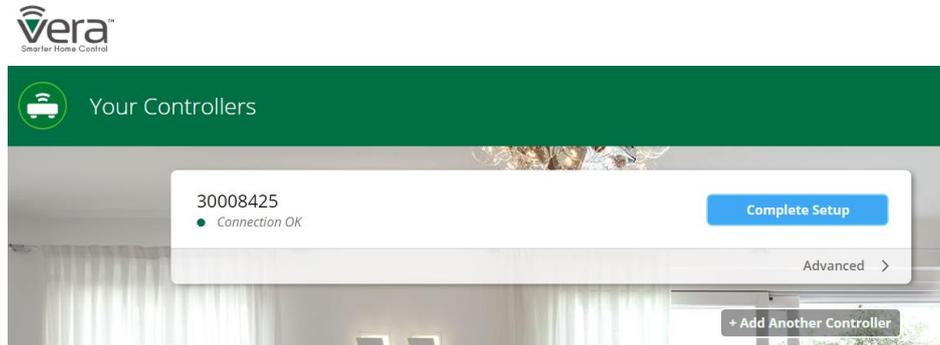
Figura 46. Detección de controlador Z-Wave.



Tomado de (software Z-Wave)

- Después de configurado el controlador, hacer click en **Go to dashboard**. Cargará nuevamente la página principal y mostrará el controlador ya conectado. Como lo ilustra la figura 47.

Figura 47. Conexión del controlador Z-Wave.



Tomado de (software Z-Wave)

- Hacer click en **Complete Setup**. Luego hacer click en **Dispositivos** para agregar equipos al controlador seleccionado. Como se muestra en la figura 48.

Figura 48. Agregar dispositivos al controlador Z-Wave.



Tomado de (software Z-Wave)

Z-Wave es una tecnología que podemos usar en conjunto con otras tecnologías, por tanto, nos permite vincular dispositivos de diferentes tecnologías y realizar el control por medio del controlador Z-Wave.

Conclusiones del capítulo

- Algunos de los dispositivos con los que cuenta la Universidad son versiones de hace ya varios años y resulta difícil en algunos casos encontrar en línea información para su configuración. A pesar de esto, fue posible verificar el correcto funcionamiento de estos dispositivos.
- Entre las tecnologías que se encuentran en la Universidad, es importante tener en cuenta el uso que requiera cada dispositivo pues existen pros y contras en cada una de ellas. Por ejemplo, los dispositivos Ozom requieren de una conexión a Internet estable para su funcionamiento; Z-wave utiliza ondas de radio para comunicarse; Insteon utiliza también radio frecuencia y, además, PLC (Power Line Communication) por lo que la comunicación entre dispositivos es más estable. Para edificaciones ya terminadas se recomienda realizar la instalación de sistemas domóticos con tecnología Insteon ya que ésta es la más fiable del mercado y cuenta con numerosas ventajas con respecto a las otras mencionadas en este capítulo.
- Las tecnologías Z-wave e Insteon pueden ser conectadas entre ellas gracias a que cuentan con dispositivos de contacto seco y los controladores de estas tecnologías no se limitan a reconocer dispositivos de su marca, sino que cuentan con este tipo de contacto.
- Es importante tener un router exclusivo para el manejo del sistema domótico debido a que se necesita acceder a la configuración de éste en repetidas ocasiones para la vinculación y correcto funcionamiento de los dispositivos.

9. Puesta en marcha del sistema

Para la instalación y puesta en marcha del sistema domótico, fue necesaria la autorización de la unidad de planta física de la universidad, en la cual, se deben tramitar algunos documentos, para llevarse a cabo el proceso de instalación. Después de varios meses de espera, no se recibió respuesta de aceptación alguna por parte de la unidad de planta física, por tanto, se procedió a instalar un prototipo del sistema domótico.

Basados en las necesidades planteadas en el primer capítulo del documento, se procedió a realizar el montaje de los prototipos de control de luces, cámaras de monitoreo, apertura y cierre de puertas y ventanas, en un laboratorio de electrónica y en el centro administrativo de laboratorios.

9.1 Control de luces

El control de luces fue realizado de dos maneras distintas, debido a los medios de comunicación soportados por la tecnología insteon, se implementaron los dos prototipos: radio frecuencia y power line communication.

9.1.1 Radio frecuencia

Este prototipo se implementó con ayuda de una tesis ya realizada, en la cual, implementaron tableros domóticos. De ahí aprovechamos el sistema de iluminación ya establecido y un interruptor con tecnología de radio frecuencia.

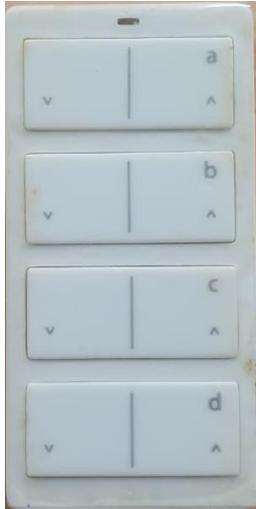
Figura 49. Tablero radio frecuencia



Tomado de (laboratorio k312)

A continuación, se realizó un enlace con el control remoto insteon, el cual funciona con tecnología de radio frecuencia, de esta manera ya obtenemos el control de luces deseado en este prototipo.

Figura 50. Control remoto



Tomado de (laboratorio k312)

9.1.2 Power line communication

El prototipo de power line communication se llevó a cabo implementando una simulación de la iluminación en una de las salas de laboratorio, realizando el control mediante un dispositivo insteon con tecnología de power line communication, como se observa en la figura 51.

Figura 51. Circuito power line communication



Tomado de (laboratorio k312)

En el diseño del sistema se menciona la implementación de un relé para el control de iluminación, este relé representa la carga que maneja el aula en el cual se va a instalar. A continuación, se realizó un ejemplo con los datos exactos de las bombillas del laboratorio k312.

Bombillas: 18

Vatios por bombilla: 30W

Carga del relé: $18 \times 30 = 540W$

Un relé de estado sólido de 15 A nos permitiría controlar la iluminación de dos aulas del edificio.

Realizar el control de iluminación de este prototipo nos exige conectar los dos medios de comunicación manejados por insteon, debido a que el control trabaja por radio frecuencia y el dispositivo a controlar el sistema de iluminación funciona por power line communication.

Figura 52. Dispositivo Dual Band #2413UH



Tomado de (laboratorio k312)

El dispositivo dual band debe estar conectado en la misma fase que el dispositivo power line communication para establecer que el comando también sea repetido por radio frecuencia. Luego ya se podrá realizar el control de iluminación por medio del control remoto.

9.2 Cámaras de monitoreo

Sé implementaron dos cámaras para el prototipo. En el capítulo de configuración de equipos se mostró la manera de adecuar las cámaras. En la figura 53 miramos la cámara instalada provisionalmente en una de las bandejas portacable.

Figura 53. Cámara de monitoreo.

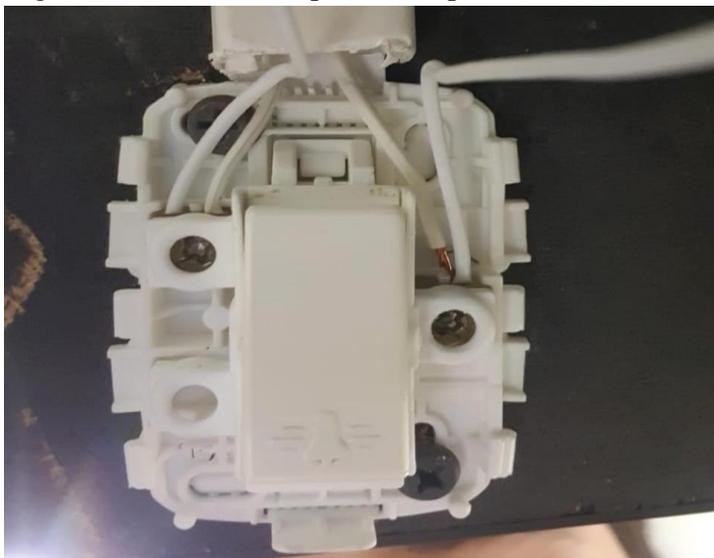


Tomado de (laboratorio k312)

9.3 Apertura y cierre de puertas y ventanas

El prototipo de apertura y cierre de puertas se realizó en el centro administrativo de las aulas de electrónica, controlando una cantonera eléctrica por medio del control remoto Insteon.

Figura 54. Instalación apertura de puerta.



Para realizar la apertura de la puerta, se instaló un dispositivo insteon #2450 en el centro administrativo de laboratorios, el cual cuenta con un relé interno que controla el paso de corriente a la cantonera. El relé se activará desde el control remoto. Al igual que en el control de luces por power line communication, se necesita de un dual band que repita la señal de la fase a través de radio frecuencia.

Al realizar el monitoreo de ventanas, se implementó un sistema de sensores magnéticos, conectados en serie, que avisarán cuando una ventana del aula quede abierta. En la figura 55 vemos los sensores ubicados en las ventanas del laboratorio.

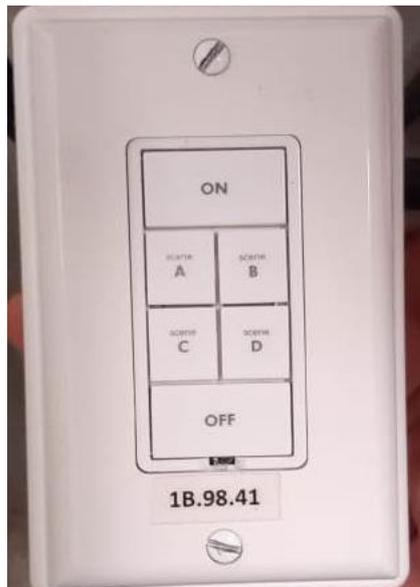
Figura 55. Sensores magnéticos.



Tomado de (laboratorio k312)

El circuito serie de sensores está conectado a un dispositivo insteon #2450, el cual permitirá enviar una señal de cierre o apertura a un teclado insteon (figura 56) en el que se podrá identificar si se encuentra cerrado o abierto el circuito de sensores, pues este dispositivo funciona tanto como receptor como para emisor.

Figura 56. Teclado insteon.



El diseño de la instalación realizada se puede ver en las siguientes figuras, 57 y 58.

Figura 57. Salón k312

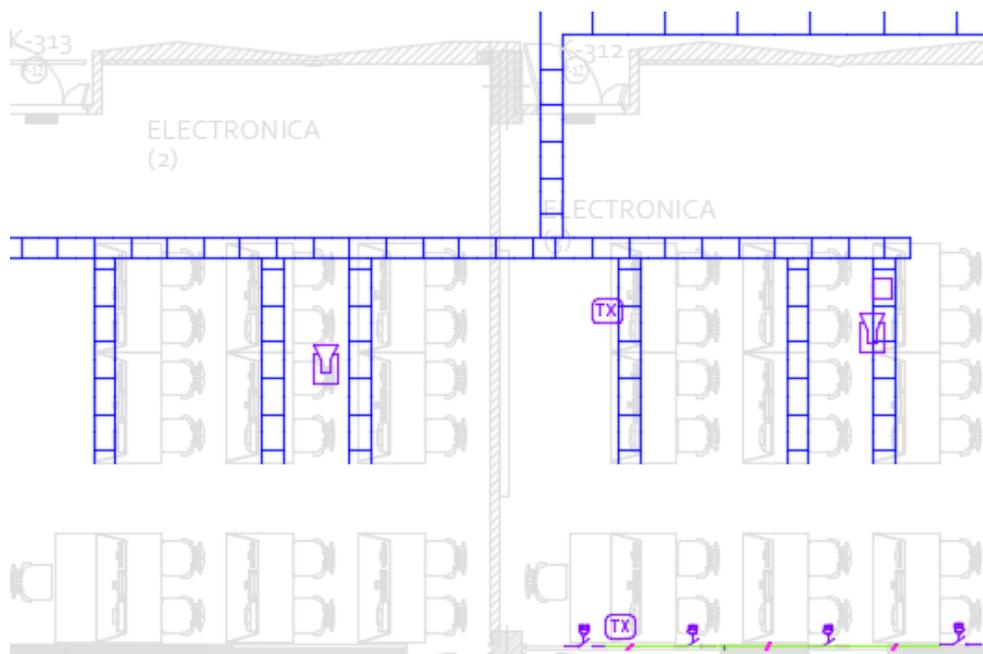
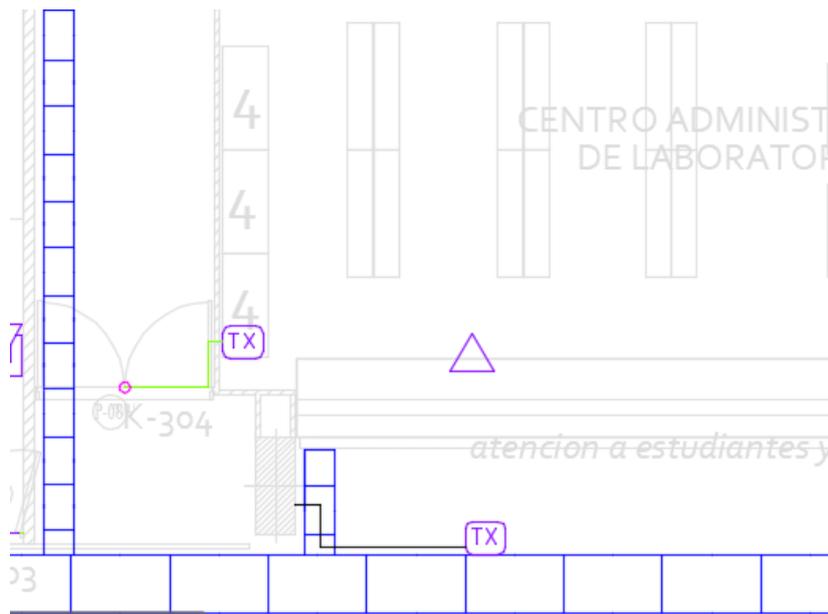


Figura 58. Centro administrativo



Para la conexión inalámbrica de los dispositivos Insteon se presentaron algunos problemas al momento de enlazar. Se encontró que las rejillas metálicas de las bandejas portacables obstaculizan la señal inalámbrica, actuando como antenas pasivas y añadiendo ruido a la señal. Por eso fue necesario encontrar una línea de vista despejada entre dispositivos.

Los dispositivos con una carga no lineal, como los computadores y videobeams, agregan ruido a la red eléctrica e impide la comunicación entre dispositivos por PLC. En teoría, dos dispositivos ubicados en una misma fase deberían intercomunicarse exitosamente, pero debido a que la red eléctrica es un medio muy contaminado, en ocasiones es necesario colocar un dispositivo adicional en un punto medio para que actúe como repetidor y lograr el enlace entre los dispositivos.

Según el fabricante, el tiempo de respuesta que debería haber entre una orden y la acción es de 100ms, en la práctica vemos que puede haber un delay de hasta 5 segundos.

La universidad cuenta con dispositivos de tecnología Insteon de dos fabricantes diferentes, SmartHome y Smartenit. Al comprobar su funcionamiento, se concluyó que los dispositivos Smartenit ocasionalmente se desconfiguran con el corte de energía, por lo que es necesario volver a enlazar.

Se había pensado en realizar todo el control desde un computador y/o un celular, lo cual no fue posible debido a que la versión del Hub con el que cuenta la universidad no permite la conexión con estos dispositivos porque es la primera versión existente, la cual no contaba con esta opción. Por eso se decidió realizar el control por medio de controles remotos.

Al principio se pensó implementar Insteon y Z-wave. No se pudo garantizar la conexión debido a las diferencias frecuencias en las que operan.

Cámaras

Para la conexión de las cámaras IP inalámbricas se contaba con dos routers, uno de marca Netgear y un Belkin. Inicialmente se estableció la conexión con el router Netgear pero después de unos minutos de funcionamiento se reiniciaba y no establecía una conexión estable, por lo cual fue descartado; por otro lado, el router Belkin trabajó de manera correcta.

Se encontró que las cámaras tienen retardos de hasta 5 segundos al funcionar por medio de wifi y se comprobó que por cable es imperceptible este retardo. Como se requiere mínima o nula latencia se tomó la decisión de hacer la conexión por cable para garantizar una conexión estable y en tiempo real.

Relé

Para el control de luces se realizaron los cálculos de la potencia consumida por las lámparas de cada salón. En el caso de los laboratorios, cada uno cuenta con 9 lámparas, cada una de ellas consume 60 vatios, es decir, cada salón consume una potencia de 540 vatios. Para determinar la capacidad el relé se calculó la corriente que debía soportar, dividiendo la potencia total entre 120 voltios de la red eléctrica de la universidad.

$$540W/120V= 4,5A$$

Si se quiere controlar la iluminación de cada salón por independiente, entonces se necesita un relé de 4,5 amperios o más a 120 voltios.

El dispositivo Insteon 2450 tiene internamente un relé con el que se pretende controlar la iluminación. Para lograr dicho control, se añade un relé adicional al circuito capaz de soportar una corriente de 4,5A y que es controlado por el relé interno del 2450.

El 2450 tiene una fuente interna que suministra 5V y según las especificaciones su máxima corriente de salida es de 10mA.

Se tenían tres opciones: la primera era utilizar un relé electromagnético, cuya bobina tiene una resistencia de 20 ohmios.

$$5V/20 \text{ Ohm} = 250mA$$

Al realizar las pruebas se encontró que el dispositivo funcionaba correctamente unos segundos y posteriormente se descontrolaba, evidentemente, pues excedía su capacidad. Por lo cual fue descartada esta opción.

La segunda era alimentar el relé electromagnético con una fuente externa que suministre la corriente requerida, al realizar las pruebas con este método, se logró controlar correctamente.

La tercera opción era una alternativa que no requiera ninguna fuente externa, un relé de estado sólido que consume 10mA y es posible activarlo con solo 3V hasta 32V, es decir, la fuente interna del 2450 podría lograr controlarlo. Se hicieron las pruebas con los tres esquemas y se opta con la decisión de instalar el relé de estado sólido.

Conclusiones del capítulo.

- Al hacer la instalación, uno de los problemas encontrados al intentar realizar la conexión mediante power line communications, se encontró que en muchas ocasiones no era posible a pesar de que los dispositivos estaban en la misma fase, esto se debe a que la red eléctrica está muy contaminada de ruido, y era necesario colocar dispositivos en un punto medio como repetidor para mantener la conexión.
- Las bandejas portables tienen rejillas metálicas que actúan como antenas pasivas y añaden ruido a la señal inalámbrica, por eso es necesario tener una línea de vista despejada para lograr el enlace entre dispositivos por Radio Frecuencia.

10. Conclusiones

- En todo el mundo hay una fuerte tendencia en la implementación de sistemas de control de edificios o BMS, la cual va en aumento, ya que cada vez se le da más importancia a la seguridad de los usuarios y residentes de los edificios, al monitoreo de variables y al control de sistemas, con miras a la reducción de costos, a la comodidad y a la reducción del impacto ecológico de las edificaciones.
- En la Universidad Pontificia Bolivariana se han realizado proyectos de grado en los cuales se realizan diseños domóticos, pero ninguno se ha puesto en marcha, es por esto que se decidió realizar el proceso para implementar el sistema domótico diseñado en este proyecto.
- La topología en forma de malla es la más segura en cuanto a la entrega de la información, ya que su conexión hace el sistema inmune a fallos. Por otro lado, la topología en anillo representa el sistema más inestable pues la falla de cualquier nodo implica que toda la red de comunicación deje de funcionar debido a la simpleza de su conexión.
- La automatización de edificaciones, además de permitir control de sistemas y variables dentro de viviendas, edificios y plantas, también contribuye a un desarrollo sostenible por medio del ahorro energético y la integración de energías limpias.
- Conocer los dispositivos presentes en un sistema domótico permite realizar un adecuado diseño, reservar los espacios correctos para la instalación de cada dispositivo ya sea controlador, sensor o actuador. Lo ideal es hacer la determinación de necesidades previamente a realizar la vivienda para preparar las canalizaciones y facilitar la instalación del sistema.
- La estructura general de la red de comunicaciones del edificio es tal que facilita la instalación y el mantenimiento del sistema. Las bandejas portacables de

comunicaciones que se encuentran en el edificio, serán usadas como ruta para el cableado del sistema domótico.

- La realización de la memoria de cálculo permite tener una guía del procedimiento llevado a cabo para verificar y acatar criterios determinados durante el estudio previo del proyecto.
- Al realizar los planos se tuvo en cuenta las instalaciones existentes en el edificio de manera que no se presentaran inconvenientes con la red eléctrica y de comunicaciones y se aprovecharan los elementos presentes para reducir gastos, de igual modo se crearon nuevas rutas para la conexión.
- En la elaboración del presupuesto resulta indispensable tener en cuenta la totalidad de los costos de la obra, así como las cantidades de obra, además de liquidar acertadamente los costos administrativos, los imprevistos, la utilidad esperada y los costos tributarios asociados con los trabajos que se presupuestan.
- Algunos de los dispositivos con los que cuenta la Universidad son versiones de hace ya varios años y resulta difícil en algunos casos encontrar en línea información para su configuración. A pesar de esto, fue posible verificar el correcto funcionamiento de estos dispositivos.
- Entre las tecnologías que se encuentran en la Universidad, es importante tener en cuenta el uso que requiera cada dispositivo pues existen pros y contras en cada una de ellas. Por ejemplo, los dispositivos Ozom requieren de una conexión a Internet estable para su funcionamiento; Z-wave utiliza ondas de radio para comunicarse; Insteon utiliza también radio frecuencia y, además, PLC (Power Line Communication) por lo que la comunicación entre dispositivos es más estable. Para edificaciones ya terminadas se recomienda realizar la instalación de sistemas domóticos con tecnología Insteon ya que ésta es la más fiable del mercado y cuenta con numerosas ventajas con respecto a las otras mencionadas en este capítulo.

- Las tecnologías Z-wave e Insteon pueden ser conectadas entre ellas gracias a que cuentan con dispositivos de contacto seco y los controladores de estas tecnologías no se limitan a reconocer dispositivos de su marca, sino que cuentan con este tipo de contacto.
- Es importante tener un router exclusivo para el manejo del sistema domótico debido a que se necesita acceder a la configuración de éste en repetidas ocasiones para la vinculación y correcto funcionamiento de los dispositivos.
- Para la instalación y puesta en marcha del sistema, se propuso realizar un piloto del sistema en el laboratorio de medidas y protecciones eléctricas K-314 y dejar el resto del diseño del sistema como una propuesta que resulta beneficiosa para la universidad y pueda retomarse más adelante. Se llevó a cabo el debido proceso, ante las oficinas encargadas de autorizar el proyecto, pero no fue posible debido a ciertos permisos que aún no fueron autorizados por el área de jurídica de la universidad y cuya aprobación se encuentra en trámite esperando una respuesta para instalarla en un futuro cercano.
- Al hacer la instalación, uno de los problemas encontrados al intentar realizar la conexión mediante power line communications, se encontró que en muchas ocasiones no era posible a pesar de que los dispositivos estaban en la misma fase, esto se debe a que la red eléctrica está muy contaminada de ruido, y era necesario colocar dispositivos en un punto medio como repetidor para mantener la conexión.
- Las bandejas portacables tienen rejillas metálicas que actúan como antenas pasivas y añaden ruido a la señal inalámbrica, por eso es necesario tener una línea de vista despejada para lograr el enlace entre dispositivos por Radio Frecuencia.

11. Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de https://domoticaintegrada.com/instalaciones-domoticas/#Elementos_de_las_instalaciones_domoticas
- alexbleck. (13 de 11 de 2012). Obtenido de <https://www.bolsamania.com/kmph/el-sensor-de-lluvia/>
- Andreu, J. (2011). *Redes locales de datos*. Editex.
- Arellano, A. G.-2. (s.f.). Obtenido de <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2677>
- Arellano, A. G.-2. (2018). Obtenido de <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2677>
- Berdejo, m. (2014). Obtenido de <https://www.seas.es/blog/automatizacion/que-es-knx/>
- Bueno, J. (2015). Obtenido de <https://www.elmundo.es/economia/2015/10/27/562e4eb022601dbe6c8b465a.html>
- Chaverra, d. (2017). Obtenido de <https://www.acrlatinoamerica.com/201703077233/noticias/empresas/top-8-de-edificios-inteligentes-en-el-mundo.html>
- Delta Controls . (2017). Obtenido de <http://www.controlli.es/protocolo-bacnet-automatizacion-de-edificios.html>
- Dominguez, C., & Poveda, c. (2008). Obtenido de <https://biblioteca.bucaramanga.upb.edu.co/application/index/material/16680>
- Domosis. (s.f.). Obtenido de <https://domosis.com/soluciones/automatizacion-y-edificios-inteligentes/>
- Domoticaintegrada. (2017). Obtenido de https://domoticaintegrada.com/instalaciones-domoticas/#Instalacion_domotica_con_cableado
- Domotizados. (13 de 02 de 2018). Obtenido de <https://domotizados.co/protocolos-populares-domotica/>
- El Tiempo . (2015). Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16229858>
- Equipo De Expertos. (28 de 02 de 2019). Obtenido de <https://www.universidadviu.com/edificios-inteligentes-definicion-y-funcionamiento/>
- Harke, W. (2010). *Domótica para Viviendas y Edificios*. Marcombo.
- Hernández, J. (03 de 05 de 2017). Obtenido de <https://innoti.ca/blog/articulo/protocolos-de-comunicacion-cual-es-mejor>
- Herrera Quintero, L. F. (2005). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64325207.pdf>
- José Javier Bermúdez Luque, M. Á. (2014). *Montaje en instalaciones domóticas en edificios*. ELES0208. IC Editorial.
- KNX. (2012).
- Lahoz, A. (2016). Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69022/L%C3%93PEZ%20-%20Sensores%20t%C3%A1ctiles%20para%20aplicaciones%20rob%C3%B3ticas%20de%20manipulaci%C3%B3n.pdf?sequence=2>

Mecafenix, F. (11 de 04 de 2017). Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/>

mejía, j. s. (mayo de 2018). Obtenido de <https://prezi.com/p/lqa1uigpb9yi/protocolo-cebus-y-dmx/>

Párraga, P. (21 de 06 de 2017). Obtenido de <https://spacioinmotica.wixsite.com/blog/single-post/2017/06/21/Protocolo-de-comunicaci%C3%B3n-LonWorks>

Rodriguez, A. (06 de 03 de 2014). Obtenido de <https://prezi.com/ucealvf3m09u/sensores-del-sonido/>

Romero, v. (2018). Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/edificios-inteligentes-en-colombia-203976>

Rouse, M. (12 de 2016). Obtenido de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Topologia-de-red>

Tecnelec de Antioquia . (08 de 11 de 2016). Obtenido de <https://tecnelec.com.co/caracteristicas-edificio-inteligente/>

USS Seguridad. (11 de 10 de 2018). Obtenido de <https://uss.com.ar/corporativo/sensor-de-movimiento/>

ANEXOS

Anexo 1. Planos del tercer piso en formato .dwg