



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES

Máster en Automática y Robótica

TRABAJO FIN DE MASTER

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA
INSTALACIÓN DOMÓTICA REAL
MEDIANTE EL USO DEL PROTOCOLO
KNX

Hugo de la Quintana Béjar

Tutor: Alberto Brunete González

Departamento: Ingeniería Eléctrica, Electrónica
Automática y Física Aplicada

Madrid, Julio, 2021



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES

Máster en Automática y Robótica

TRABAJO FIN DE MASTER

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA
INSTALACIÓN DOMÓTICA REAL
MEDIANTE EL USO DEL PROTOCOLO
KNX

Firma Autor

Firma Tutor

Copyright ©2021. Hugo de la Quintana Béjar

Esta obra está licenciada bajo la licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported (CC BY-NC-ND 3.0). Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es> o envíe una carta a Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, EE.UU.

Todas las opiniones aquí expresadas son del autor, y no reflejan necesariamente las opiniones de la Universidad Politécnica de Madrid.

Título: Planificación y Diseño de una Instalación Domótica Real mediante el uso del Protocolo KNX

Autor: Hugo de la Quintana Béjar

Tutor: Alberto Brunete González

EL TRIBUNAL

Presidente:

Vocal:

Secretario:

Realizado el acto de defensa y lectura del Trabajo Fin de Grado el día de de ... en, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Acknowledgements

Agradezco a

Abstract

In this project...//// El objetivo del TFM es planificar y diseñar una instalación domótica real en una residencia, así como realizar su puesta en marcha. En cuanto a las funcionalidades a implementar, se considera el control del sistema de iluminación y persianas, implementación y programación de pantallas, control de consumos, control sensorial, fusión de sistemas para el control de la climatización, protocolos de comunicación local y remota. Otros objetivos serían optimizar el diseño de la instalación para ajustarse al máximo rendimiento y ahorro energético, y establecer un sistema de contadores para realizar un sistema de control de consumo de recursos (energía, agua).

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3.

Contents

| | |
|--|------------|
| Acknowledgements | ix |
| Abstract | xi |
| Índice | xiv |
| 1 Introducción | 1 |
| 1.1 Motivación | 1 |
| 1.2 Objetivos y campos de aplicación | 1 |
| 1.3 Structure of the document | 1 |
| 2 Conceptos teóricos | 3 |
| 2.1 ¿Qué es la domótica? | 3 |
| 2.2 Marco histórico | 3 |
| 2.3 ¿Qué es KNX? | 3 |
| 2.4 Lista de materiales | 3 |
| 2.4.1 Actuadores | 3 |
| 2.4.2 Sensores | 6 |
| 2.4.3 Lectores de consumo | 9 |
| 2.4.4 Interfaces del usuario | 10 |
| 2.4.5 Módulos de entradas | 12 |
| 2.4.6 Pasarelas | 13 |
| 2.4.7 Servidores | 13 |
| 2.4.8 Fuentes de alimentación | 14 |
| 3 State of the Art | 15 |
| 3.1 ¿En qué consiste el Estado del Arte? | 15 |
| 4 How to write in Latex | 17 |
| 4.1 Estilo | 17 |
| 4.2 Citas | 17 |
| 4.3 Listas | 17 |
| 4.4 Tablas | 17 |
| 4.5 Referencia a una sección | 18 |
| 4.6 Texto | 18 |
| 4.7 Figuras | 18 |
| 4.8 Código software | 18 |
| 4.9 Pie de página | 19 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | Diseño del proyecto | 21 |
| 5.1 | Dimensionamiento del proyecto | 21 |
| 5.2 | Funcionalidad | 23 |
| 5.3 | Ubicación | 27 |
| 5.4 | Conexionado | 29 |
| 6 | Desarrollo del proyecto | 35 |
| 6.1 | Direcciones de grupo | 35 |
| 6.1.1 | 0 General | 35 |
| 6.1.2 | 1 Iluminación | 35 |
| 6.1.3 | 2 Persianas, Proyector y Puerta | 35 |
| 6.1.4 | 3 Climatizacion | 36 |
| 6.1.5 | 4 Variables climatizacion | 36 |
| 6.1.6 | 5 Consumo | 36 |
| 6.1.7 | 6 CO2 y Recuperador | 36 |
| 6.1.8 | 7 Detectores y efectores | 37 |
| 6.1.9 | 8 Centralizados | 37 |
| 6.2 | Seccion (buscar nombre en gira app) | 37 |
| 6.3 | Programación de los mecanismos | 37 |
| 6.4 | Protocolo de comunicación | 37 |
| 6.5 | Servidor | 37 |
| 7 | Results and discussion | 39 |
| 7.1 | Results | 39 |
| 7.2 | Discussion | 39 |
| 8 | Gestión del proyecto | 41 |
| 8.1 | Fases del proyecto | 41 |
| 8.2 | Metodología | 41 |
| 8.2.1 | Plan de trabajo | 41 |
| 8.2.2 | Diagrama de Gantt | 42 |
| 8.3 | Budget | 42 |
| 8.3.1 | Personal | 42 |
| 8.3.2 | Material | 42 |
| 8.3.3 | Presupuesto | 42 |
| 9 | Conclusions | 45 |
| 9.1 | Conclusin | 45 |
| 9.2 | Future work | 45 |
| A | Anexo: Documentación de la librería Travis | 47 |
| A | appendix | 49 |
| A.1 | Lorem ipsum | 49 |
| | Bibliography | 51 |

List of Figures

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Actuador tipo dimmer | 4 |
| 2.2 | Actuador tipo binario/persiana | 5 |
| 2.3 | Actuador tipo zonificación | 5 |
| 2.4 | Actuador tipo térmico | 6 |
| 2.5 | Sensor de CO ₂ | 6 |
| 2.6 | Sensor de movimiento | 7 |
| 2.7 | Sensor de presencia | 7 |
| 2.8 | Sensor de inundación | 8 |
| 2.9 | Sensor de apertura | 8 |
| 2.10 | Sensor de humo y módulo KNX | 9 |
| 2.11 | Contador consumo eléctrico y acoplador de línea | 9 |
| 2.12 | Contador de consumo de agua y gas | 10 |
| 2.13 | Pulsadores domóticos | 10 |
| 2.14 | Termostato | 11 |
| 2.15 | G1 | 12 |
| 2.16 | Módulo 6 entradas para sensores de apertura | 13 |
| 2.17 | Pasarela para sistema de aerotermia | 13 |
| 2.18 | X1 | 14 |
| 2.19 | Fuente de alimentación | 14 |
| 4.1 | Logotipo de la UPM | 18 |
| 5.1 | Comparación entre control de dos puntos con histeresis [izq] y control PI [dcha] | 26 |
| 5.2 | Ejemplos de posicionamiento de los sensores de inundación | 28 |
| 5.3 | Alcances del sensor PIR para movimiento tangencial [izq] y radial [dcha] | 28 |
| 5.4 | Alcances del sensor de presencia | 29 |
| 5.5 | Conexión de actuadores reguladores y binarios y de persianas | 32 |
| 5.6 | Conexión de módulos de medidas de consumo | 33 |

List of Tables

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Ejemplo de tabla | 17 |
| 5.1 | Dimensionamiento | 22 |
| 5.2 | Ponderación velocidad fancoils | 25 |
| 8.1 | Diagrama de Gantt | 43 |
| 8.3 | Presupuesto | 44 |

Chapter 1

Introducción

Como pequeña introducción, es importante señalar que todo lo que aparezca en la memoria debe ser original. Si aparecen textos de otros libros, artículos o webs, deben ir convenientemente referenciados.

En este capítulo no deben faltar los siguientes apartados:

1.1 Motivación

Motivación o Marco del proyecto, es donde se cuenta cómo surgió la idea del proyecto y se da un breve resumen explicativo.

1.2 Objetivos y campos de aplicación

Es muy importante señalar el objetivo principal del TFG, así como los objetivos secundarios que se establecieron al principio o han ido surgiendo durante su elaboración.

1.3 Structure of the document

A continuación y para facilitar la lectura del documento, se detalla el contenido de cada capítulo.

- En el capítulo 1 se realiza una introducción.
- En el capítulo 2 se hace un repaso...

Chapter 2

Conceptos teóricos

En este capítulo se describen (brevemente) todos los conceptos necesarios para entender el trabajo. No se trata de copiar el contenido de los libros de texto, si no de hacer un resumen de los conceptos necesarios para facilitar la lectura del documento al lector. Se entiende que el lector de un TFG tiene que tener unos conocimientos mínimos sobre el tema.

2.1 ¿Qué es la domótica?

mimi

2.2 Marco histórico

mimi

2.3 ¿Qué es KNX?

knx, protocolos, teoria clase...)

2.4 Lista de materiales

A continuación, se detalla una lista con los múltiples dispositivos y módulos domóticos que han sido utilizados para desarrollar la solución final diseñada y la funcionalidad que les ha sido otorgada. En esta lista únicamente aparecerán los elementos incluidos en el cuadro eléctrico de domótica y los mecanismos domóticos de la instalación, quedando excluidos, por tanto, los efectores y actuadores puramente eléctricos así como su cuadro, por no encontrarse dentro de las competencias de diseño del sistema.

2.4.1 Actuadores

Estos elementos se encargan de ejecutar las acciones solicitadas desde el controlador sobre los diferentes elementos domóticos de la vivienda a los que se encuentra conectado. Existen diversas clases de actuadores que se clasifican en función de la aplicación que vayan a desarrollar. En este proyecto se utilizarán los siguientes:

- **Dimmers:**

- Descripción: actuador regulador KNX de 4 elementos.
- Características: este tipo de actuador permite el control de la regulación del elemento que se encuentra conectado a su salida mediante el uso de dispositivos TRIAC y DIAC. Cuenta con modo de accionamiento manual para modo de prueba, además de protección contra marcha en vacío, cortocircuito y sobretensión.
- Funcionalidad: la aplicación que ejecutan es la de regulación de la intensidad de la iluminación de algunas de las lámparas de la vivienda.



Figure 2.1: Actuador tipo dimmer

- **Binario + persiana:**

- Descripción: actuador de conmutación de 24 elementos / control 12 persianas.
- Características: este módulo combina la funcionalidad de dos tipos de actuadores diferentes, y permite el control tanto de elementos ON/OFF como de persianas, atendiendo a la funcionalidad con la que se programen sus salidas. Cuenta con modo de accionamiento manual para modo de prueba.
- Funcionalidad: algunas de sus salidas serán utilizadas para el control de apertura de una ventana y el despliegue de una pantalla de proyección. El resto servirán para el control binario del resto de luces de la casa y de algunas de las tomas de corriente que se han decidido “domotizar”. Otras funcionalidades puntuales de tipo binario que tienen sus salidas son las de accionamiento del timbre, de la sirena de alarma, el control de la cerradura de la vivienda, la velocidad del recuperador, el encendido de la caldera y las electroválvulas de agua y gas.

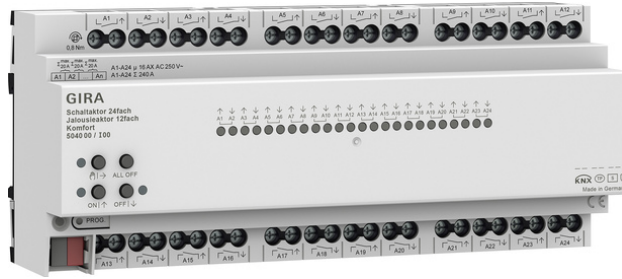


Figure 2.2: Actuator tipo binario/persiana

- **Rejilla + zonificación:**

- Descripción: actuador de control sobre 8 rejillas + 2 unidades de aire acondicionado.
- Características: esta clase de actuador combina la capacidad de control de la apertura de una rejilla con la de gestión de diferentes temperaturas mediante módulos lógicos. . Cuenta con modo de accionamiento manual para modo de prueba, además de indicadores visuales de movimiento de rejillas mediante LEDs.
- Funcionalidad: gracias a sus características, nos permite conectarlo con los termostatos distribuidos por la casa y hacer un control por zonas de la distribución del sistema de aerotermia de los fancoils, activando y adecuando la velocidad de sus ventiladores en función de la demanda.

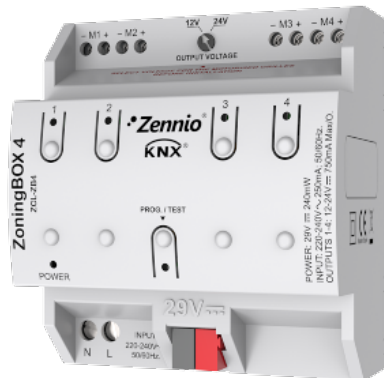


Figure 2.3: Actuator tipo zonificación

- **Accionamiento térmico:**

- Descripción: actuador de calefacción de 6 elementos.
- Características: permite la actuación de accionamientos térmicos integrado con un regulador de temperatura ambiente. Incluye la opción del conexionado en cascada de los actuadores.
- Funcionalidad: las salidas de este módulo irán conectadas a las válvulas de regulación de los entramados del suelo radiante para regular su apertura, así como a la caldera de la vivienda, indicando los momentos en los que esta debe ser activada en función de la demanda de temperatura gestionada por los termostatos.

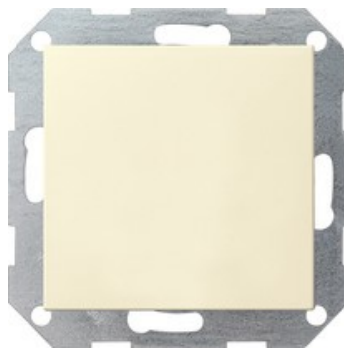


Figure 2.4: Actuador tipo térmico

2.4.2 Sensores

- **CO₂:**

- Descripción: sensor CO₂ con regulador de humedad y temperatura KNX.
- Características: supervisión del valor de partículas de ₂ y de humedad en el ambiente. Alarma de punto de rocío para prevenir la formación de moho en sistemas de refrigeración. Posee dos entradas binarias para la conexión de contactos sin tensión. El sensor de ₂ permite ajustar cuatro niveles límites diferentes.
- Funcionalidad: la funcionalidad con la que ha sido programado es la de, mediante la actuación de tres niveles de partículas de ₂, activar los tres niveles de velocidad del ventilador del recuperador en consecuencia.

Figure 2.5: Sensor de CO₂

- **Movimiento:**

- Descripción: detector de movimiento de superficie de 2,2 m.
- Características: configurable para la detección de movimiento o para la monitorización del con capacidad de cuantificar la luminosidad de la estancia para realizar un apagado de la iluminación al superar un umbral

configurable. Permite la configuración de un bloque de función para realizar las siguientes funciones: conmutación, función para escaleras, transmisor de valores de regulación, mecanismo auxiliar para escenarios, transmisor de valores de temperatura, transmisor de valores de luminosidad, conmutación de modo de funcionamiento, conmutación con posición forzada.

- Funcionalidad: serán utilizados para detectar la entrada de personas en determinadas zonas de la vivienda, y en función del modo en que se encuentre el sistema, hará las veces de ON/OFF de las luces de esas zonas o bien hará saltar el sistema de alarma ante intrusiones.



Figure 2.6: Sensor de movimiento

- **Presencia:**

- Descripción: detector presencia multifunción.
- Características: posee varios modos de funcionamiento, a saber: detector de presencia, observador de techo o detector de movimiento. La monitorización del entorno se realiza mediante el uso de tres sensores PIR y uno de luminosidad, con lo que se permite utilizar los parámetros de detección de las tres zonas y de luminosidad para hacer un control en intensidad de la iluminación zonal en sintonía con la posibilidad de utilizar las cinco funciones lógicas que permite usar. La funcionalidad de este dispositivo es similar a la del detector de movimiento, pero con los siguientes añadidos: transmisión de valores de regulación, nivel crepuscular ajustable, aplicación de retardos, función de bloqueo y la posibilidad de configuración de límites de luminosidad.
- Funcionalidad: gracias a su diseño discreto, se instala en el techo del salón con la funcionalidad de controlar la iluminación de la estancia en función de principalmente dos parámetros externos: la presencia de personas y la iluminación exterior, aplicándole un valor de sensibilidad determinado para realizar el ON a partir de la detección de cierta cantidad de luxes.

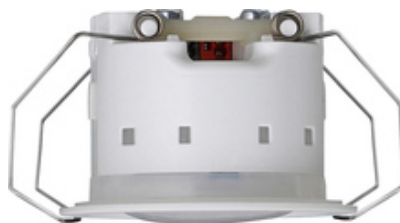


Figure 2.7: Sensor de presencia

- **Inundación:**

- Descripción: sensor de inundación.
- Características: es capaz de detectar la presencia de agua en un ambiente.
- Funcionalidad: será necesario la implementación de un módulo de entradas para poder comunicar los sensores con la instalación KNX de la vivienda.

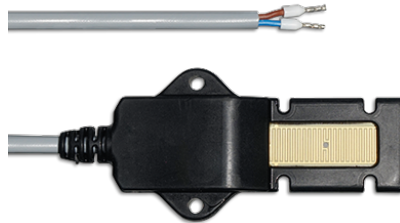


Figure 2.8: Sensor de inundación

- **Apertura:**

- Descripción: contacto magnético.
- Características: este sensor consta de dos partes: la primera irá fijada en el marco de la ventana y la segunda, en la propia ventana. Al cerrar la ventana, se cerrará el circuito eléctrico, transmitiendo así un valor por el bus opuesto al que envía al encontrarse abierto.
- Funcionalidad: su misión será la de ofrecer al sistema información acerca de si las ventanas de la casa se encuentran abiertas o cerradas.



Figure 2.9: Sensor de apertura

- **Humo:**

- Descripción: combinación de detector de humos y detector térmico.
- Características: sensor termovelocimétrico alimentado por pilas. Dos señales acústicas de alarma distintas para cada uno tipos de detección con posibilidad de atenuarse durante la fase de pruebas.

- Funcionalidad: su objetivo es el de detectar de situaciones anómalas y potencialmente peligrosas relacionadas con los incendios y dar aviso de ello a los usuarios que se encuentren en la vivienda. Para poder ser integrados en la instalación KNX, será necesario la implementación de un módulo extra, que será el encargado de comunicar el detector de humos con el sistema de control de la vivienda.



Figure 2.10: Sensor de humo y módulo KNX

2.4.3 Lectores de consumo

- **Electricidad:**

- Descripción: medidor de energía eléctrica para sistemas monofásicos o trifásicos.
- Características: permite el monitorizar la energía consumida/producida, el coste y las emisiones de CO_2 asociadas al consumo, la potencia activa y reactiva, el factor de potencia y otra información relacionada con el uso de la energía en la vivienda.
- Funcionalidad: se monitorizarán la tensión y corriente de fase instantáneos, la potencia activa consumida instantánea y la energía consumida acumulada total y en un periodo de tiempo definido por el usuario, incluyendo la tarifa y sus emisiones de carbono en esos periodos. Se realizarán dichas medidas acoplando un transformador de corriente a cada una de las líneas.



Figure 2.11: Contador consumo eléctrico y acoplador de línea

- **Agua y gas:**

- Descripción: interfaz KNX de monitorización de consumo de 4 elementos.
- Características: permite monitorizar en el bus KNX el consumo eléctrico (energía y potencia), agua y gas mediante el conteo de pulsos SO (salida

impulso optoacoplador). Estas medidas pueden visualizarse en consumo instantáneo o acumulado.

- Funcionalidad: estos módulos serán utilizados para hacer un conteo del consumo acumulado total y desde una fecha determinada por el usuario del agua y el gas gastados en la vivienda. También se utilizará su funcionalidad de cálculo de tarifas, para que el cliente pueda consultar el gasto en cualquier periplo. Irá conectado directamente a los instrumentos de medida de la vivienda.



Figure 2.12: Contador de consumo de agua y gas

2.4.4 Interfaces del usuario

- **Pulsadores domóticos:**

- Descripción: mecanismo acoplador de bus.
- Características: de la variedad de características que pueden presentar este tipo de elementos, se han escogido los acopladores de bus con pulsación sobre dos elementos con mando de un punto, es decir, pulsadores de dos teclas con posibilidad de pulsarse únicamente en una dirección.
- Funcionalidad: control de las lámparas, tanto las binarias como las dimmeables, los enchufes, activación de las velocidades del recuperador, subir y bajar la pantalla del proyector, abrir y cerrar la ventana y activación del timbre.



Figure 2.13: Pulsadores domóticos

- **Termostatos:**

- Descripción: panel táctil capacitivo con display.
- Características: posee 4 botones con multidisplay de 4 indicadores personalizables. Incluye funcionalidad de termostato, detector de movimiento y 2 puertos de entradas de tipo binario o lectura desde una sonda de temperatura.
- Funcionalidad: se utilizará su función de termostato para gestionar el sistema de climatización. Desde estos dispositivos se efectuarán las llamadas de demanda tanto al sistema de suelo radiante como a los fancoils, en función de las temperaturas sensadas en cada habitación mediante el uso de una de sus entradas como sonda de temperatura. Uno de los termostatos llevará en su segunda canal de entrada una sonda térmica utilizada para conocer la temperatura exterior a la vivienda. Además, sus botones serán utilizados para las siguientes funciones:
 - * Los botones en el cuadrante inferior serán utilizados para subir y bajar la temperatura de consigna de la zona en la que se encuentra el termostato.
 - * El botón en el cuadrante superior derecho tendrá la funcionalidad de variar el flujo de aire cedido por los equipos de aire acondicionado. Al ser un único botón, la secuencia que efectuará será cíclica con el siguiente patrón: +, ++, +++, A, +. ++, +++, A, ... Siendo A la ejecución del modo automático, que seleccionará la velocidad de los ventiladores en función de la demanda y la ponderación otorgada a cada zona o habitación.
 - * El botón en el cuadrante superior izquierdo servirá para cerrar la rejilla de esa habitación, evitando así el paso del aire de los fancoils.



Figure 2.14: Termostato

- **G1:**

- Descripción: es un dispositivo multifunción que permite visualizar y controlar numerosas funciones del edificio relacionadas con el control de los módulos instalados en ellos.

- Características: posee una infinidad de funcionalidades, por lo que se mencionan únicamente las que poseen un enfoque más focalizado hacia las buscadas en este proyecto: una pantalla táctil con altavoz y micrófono integrados, capacidad de reconocimiento facial y reproducción de vídeo. Es posible personalizar su interfaz de usuario con la posibilidad de utilizar más de 320 iconos de función organizadas por carpetas con un manejo muy intuitivo.
- Funcionalidad: será utilizado como monitor y como puesto de control principal de la vivienda, representando la programación volcada sobre el X1. Esta pantalla hará las veces de display para mostrar las cadenas de texto o los datos que puedan resultar de interés para el usuario, como pudieran ser mensajes de alarma, de consumo, de avería o error...



Figure 2.15: G1

2.4.5 Módulos de entradas

- **Para sensores de apertura:**

- Descripción: entrada binaria KNX de 6 elementos.
- Características: este módulo posee 6 entradas binarias que transforman sus valores en telegramas KNX. Permite ejecutar dos acciones diferentes por cada flanco, tanto de subida como de bajada, de cada una de las salidas.
- Funcionalidad: en este proyecto, este mecanismo tendrá como entradas una serie de contactores magnéticos, cuya tarea es la de sensar el estado de las ventanas (abierto o cerrado), para que, en caso de pasar una cantidad de tiempo determinada en estado abierto, desconecte el sistema de climatización para esa estancia.



Figure 2.16: Módulo 6 entradas para sensores de apertura

2.4.6 Pasarelas

- **Para sistema de aerotermia:**

- Descripción: pasarela Daikin – KNX.
- Características: permite la comunicación bidireccional entre los sistemas Daikin VRV y las instalaciones KNX.
- Funcionalidad: su principal misión será la de servir de puente de comunicación entre el sistema propio de los sistemas de fancoil de la vivienda y el sistema domótico KNX, permitiendo así su control a través del bus mediante el envío de telegramas y su decodificación.



Figure 2.17: Pasarela para sistema de aerotermia

2.4.7 Servidores

- **X1:**

- Descripción: servidor de visualización para terminales móviles.
- Características: este mecanismo permite la visualización de una interfaz personalizada en tu móvil o tablet a través de internet, así como el control de hasta 250 funciones mediante el uso de comandos de voz o bien mediante la aplicación. Capacidad de uso de hasta 250 temporizadores, 36 bloques lógicos diferentes y 1450 datapoints.

- **Funcionalidad:** contendrá los módulos lógicos programados para desarrollar las funcionalidades especiales del resto de módulos y el software sobre el que se programa la interfaz de visualización tanto del G1 como de la aplicación móvil. También permitirá la conexión remota a través de la aplicación móvil al alojar un servidor propio a través de la conexión Wi-Fi de la vivienda.



Figure 2.18: X1

2.4.8 Fuentes de alimentación

Esta función será desarrollada por un módulo único compartido por ambos cuadros domóticos de la vivienda. Su cometido es el de transformar la corriente alterna proveniente de la acometida pública que llega a las casas con una tensión de 230V entre fase y neutro, en corriente continua de 29V, que es el potencial de bus necesario para alimentar los dispositivos. Este dispositivo no cuenta con ningún tipo de distribuidor de intensidad, por lo que la corriente nominal será repartida de manera discrecional en las salidas, hasta un máximo de 640 mA. Para prevenir posibles comportamientos anómalos de la red eléctrica, este dispositivo cuenta con una bobina de choque integrada en su interior, un componente electrónico de muy alta reactancia que hará las veces de filtro de las corrientes alternas, eludiendo futuras fallas o roturas de los mecanismos domóticos..



Figure 2.19: Fuente de alimentación

Chapter 3

State of the Art

En este capítulo...

3.1 ¿En qué consiste el Estado del Arte?

Tal y como indica Wikipedia ¹, *en el ámbito de la investigación científica, el SoA (por sus siglas en inglés) hace referencia al estado último de la materia en términos de I+D, refiriéndose incluso al límite de conocimiento humano público sobre la materia.*

Dentro del ambiente tecnológico industrial, se entiende como “estado del arte”, “estado de la técnica” o “estado de la cuestión”, todos aquellos desarrollos de última tecnología realizados a un producto, que han sido probados en la industria y han sido acogidos y aceptados por diferentes fabricantes.

Es muy importante no confundir el estado del arte con un marco teórico o una guía de tecnologías o productos. En el estado del arte se sitúa al lector en el marco tecnológico en el que se ha desarrollado el TFG, comparándolo con desarrollos o productos parecidos.

¹https://es.wikipedia.org/wiki/Estado_del_arte

Chapter 4

How to write in Latex

4.1 Estilo

Al ser un documento científico-técnico, debe ser expuesto en tercera persona del singular. También se admite usar la primera persona cuando son apreciaciones personales del autor.

4.2 Citas

Esto es un ejemplo de cita de un artículo [1].

4.3 Listas

Ejemplo de lista de puntos:

- Ejemplo1.
- Ejemplo2.

Y lista numerada:

1. Elemento 1
2. Elemento 2

4.4 Tablas

Ejemplo de tabla. Como se aprecia en la tabla 4.1...

Table 4.1: Ejemplo de tabla

| One | Two | Three |
|-----|-----|-------|
| F1A | F1B | F1C |
| F2A | F2B | F2C |



Figure 4.1: Logotipo de la UPM

4.5 Referencia a una sección

Ejemplo de referencia a la sección 4.5

4.6 Texto

Texto en **negrita** y *cursiva*.

4.7 Figuras

Ejemplo de referencia a figura (figura 4.1). Es importante que todas las figuras que aparezcan estén referenciadas, así como las tablas. En general las figuras se colocarán al principio o al final de cada página ([tb] en latex), a no ser que por alguna necesidad se deban colocar en una posición exacta ([h]).

Muy importante!: Todas las figuras no originales que aparezcan en la memoria deben ir referenciadas.

4.8 Código software

Existen muchas formas de escribir código en el TFG. Aquí se muestra una de ellas. En general es interesante numerar las líneas para que sean referenciables y destacar palabras clave del lenguaje correspondiente. Ver código 4.1.

Código 4.1: Hola Mundo

```

1 | #include <iostream>
2 |
3 | using namespace std;
4 |
5 | int main(int argc, char *argv[]) {
6 |     cout << "Hola mundo" << endl;
7 |     return 0;
8 | }
```

En general no se debe incluir mucho código en la memoria. El código debe ir en el Anexo.

4.9 Pie de página

Esto es un pie de página ¹. Y para usar direcciones web y no tener problemas con caracteres especiales (como el “_”), se usa el comando url ²

¹Pie de página

²https://es.wikipedia.org/wiki/Estado_del_arte

Chapter 5

Diseño del proyecto

En este capítulo se tratarán los temas relacionados con la fase de diseño del proyecto, es decir, con el estudio previo que se ha realizado de todos los componentes que se encuentran involucrados en él. En esta agrupación se ve envuelta, por ejemplo, la propia vivienda y su composición estructural, ya que es necesario conocer, entre otros, el espacio físico con que se cuenta para colocar los mecanismos y dispositivos situados en los cuadros eléctricos y domóticos, las dimensiones de las habitaciones para establecer que dispositivos cumplirán correctamente sus funciones o cuales requerirán de una mayor inversión en sus capacidades como pueden ser los sensores de movimiento o los sistemas de aerotermia; e incluso conocer los materiales de paredes y techo para no aportarles una carga superior, tanto de peso como temperatura, humedad o cualquier otra magnitud, a la que podrían aceptar a la hora de instalar y albergar máquinas en su interior sin sufrir ningún tipo de daño.

Este estudio tomará especial relevancia una vez que el diseño y el desarrollo hayan concluido, y comience la fase de instalación y volcado de las programaciones, donde los elementos deberán ser colocados en sus respectivos puestos y comenzar a funcionar según se les ha indicado. Esto se deba a que en este punto, sin la validación adecuada del diseño previo, podrían presentarse graves problemas que no harían más que encarecer y alargar temporalmente el proyecto, lo que lo alejaría de la meta de que el cliente se encuentre satisfecho con el resultado de la domotización de su vivienda, a la par de resultar económicamente viable para la empresa.

5.1 Dimensionamiento del proyecto

A la hora de diseñar una instalación domótica para una vivienda es importante no pasar por alto una serie de factores restrictivos para que todo el sistema funcione correctamente. Dos de estos parámetros que han de ser tomados en cuenta son el tamaño físico de los módulos y la demanda de potencia que reclaman.

El factor de tamaño viene ligado simplemente a la capacidad de alojar distintos mecanismos que permite el cuadro eléctrico de domótica. En el caso de esta vivienda además, se ha de tener en cuenta la modularidad del sistema, por lo que la opción escogida pasa por duplicar estos armarios, conteniendo cada uno de ellos en su interior los elementos que permitiesen a los subsistemas funcionar de manera independiente en caso de querer dividir la vivienda en dos casas diferentes. El único mecanismo que compartirán ambas viviendas será la fuente de alimentación de 640 mA, por lo

que la suma de corriente total no deberá nunca superar este valor. Para realizar este estudio, se han escogido las corrientes máximas que pueden llegar a demandar los mecanismos, en lugar de sus corrientes nominales, cerciorándonos así de que bajo ninguna circunstancia o condición adversa, el sistema quedará sin alimentación por una demanda de intensidad superior a la proporcionada. Para simplificar la visualización de los límites que plantean ambos parámetros, se ha elaborado una lista (tabla 5.1) para facilitar esta tarea:

| Descripción | Cantidad | Consumo ud. (mA) | Tamaño ud. (DIN) | Consumo Total (mA) | Tamaño Total (DIN) |
|---|----------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Detect. Movimiento Komfort 2,2m KNX | 4 | 10 | 0 | 40 | 0 |
| Detect. Presencia KNX Mini Komfort | 1 | 10 | 0 | 10 | 0 |
| Detect. Movimiento KNX Standard 2,2m | 1 | 10 | 0 | 10 | 0 |
| Sensor CO2 + Humedad KNX | 1 | 25 | 0 | 25 | 0 |
| Pulsador KNX de 2 elem. con mando de 1 punto | 37 | 5 | 0 | 185 | 0 |
| Fuente alimentacion 640mA KNX | 1 | -640 | 4 | (-640*) | 4 |
| Actuador de conmutación 24 outs / 12 persianas 16A | 2 | 24 | 12 | 24 | 12 |
| Actuador calefaccion 6 elementos KNX | 2 | 12 | 4 | 48 | 8 |
| Entrada binaria KNX de 6 elem. 10-230 V CA/CC | 4 | 7,5 | 2 | 30 | 8 |
| Detector de humos | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gira X1 | 1 | 10 | 2 | 10 | 2 |
| Gira G1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Actuador de regulacion 4 elementos Komfort KNX | 4 | 15 | 4 | 60 | 16 |
| Interfaz KNX para contadores de consumo | 2 | 15 | 2 | 30 | 4 |
| Panel táctil capacitivo con display | 6 | 25 | 0 | 150 | 0 |
| Actuador de clima con zonificación de 4 zonas | 2 | 10 | 4,5 | 20 | 9 |
| Medidor de energía eléctrica KNX KES Plus | 2 | 17,5 | 2 | 35 | 4 |
| | | | TOTALES | 691 (51*) | 75 |

Table 5.1: Dimensionamiento

En la tabla anterior (5.1) aparecen elementos con un tamaño DIN igual a cero, lo

que es debido, no a su inexistencia, si no a que son elementos que no se instalarán en el cuadro, sino en otros lugares de la vivienda como en paredes o cajas de aplique, por lo que su tamaño no afectará al dimensionamiento final de los cuadros eléctricos y tendrá una menor repercusión a la hora de su implementación al sistema, ya que cuentan con un tamaño bastante reducido.

Otro dato relevante se presenta en el consumo total, donde aparecen dos valores: el de consumo total y entre paréntesis el balance del consumo total, en el que se ha tenido en cuenta la insuflación de intensidad de la fuente, permitiendo así conocer el margen existente en la instalación de cara a la implementación futura de nuevos módulos.

5.2 Funcionalidad

- **Iluminación:** en esta sección se agrupan todos los elementos de la vivienda que comparten el mismo desempeño: iluminar, independientemente de si se tratan de luminarias del tipo ON/OFF o del tipo regulable. Cada punto de luz se controlará independiente del resto de puntos, y se podrá hacer desde uno o más de los pulsadores instalados, desde la pantalla del G1 o desde la aplicación del móvil. Se han habilitado mediante programación los llamados servicios centralizados, permitiendo así controlar conjuntos de luminarias como por ejemplo, el centralizado general, que permite apagar todas las luces de la vivienda, permitiendo así al cliente poder salir de la vivienda con la seguridad de no estar malgastando energía, ahorrando de esta manera en su factura eléctrica.

Para esta sección también se ha hecho uso de los sistemas sensoriales de movimiento, presencia y luminosidad: la luminaria del trastero, las de los pasillos y el hall se encienden de manera automática al detectar movimiento en ellos; en el salón, sin embargo, se ha utilizado un detector de presencia al no tratarse de una zona de paso, que en combinación con la cuantificación de luminosidad en la estancia, enciende de manera automática la lámpara si detecta a alguna persona y la regula en función del valor de luminosidad sensado.

- **Recuperador de CO₂:** esta sección contará con un detector de partículas de CO₂, que activará la señal para dar la orden a un sistema de extracción y renovación de aire mediante un sistema de ventiladores. De manera habitual, el sistema de recuperación debe permanecer en funcionamiento con el menor nivel de ventilación activado, y deberá ser apagado y reactivado por el cliente de manera manual mediante un switch habilitado tanto en la G1 como en la aplicación del móvil.

Si el sistema se encuentra operativo, el sensor lanzará señales de activación de los diferentes niveles de velocidad de los ventiladores en función de la cantidad de partículas detectadas. Concretamente, se han programado tres límites: el primero de ellos, cuando se detectan entre 500 y 1000 partículas de CO₂ por millón analizadas, un segundo límite que activa el siguiente nivel de velocidad de los ventiladores cuando detecta entre 1000 y 1500 partículas por millón, y finalmente el tercer límite, que activa la máxima velocidad al detectar una cantidad superior a las 1500 partículas por millón. Por añadidura, al activar

cualquier luz de alguno de los baños, el ventilador entrará en velocidad máxima durante 10 minutos, independientemente de los valores sensados, al igual que al accionar una de las teclas de los pulsadores, que ha sido programada para lanzar esta función de recuperación.

- **Seguridad ante incendios:** esta sección contará con detectores de humo instalados en diferentes habitaciones de la vivienda, que una vez activados, enviarán una señal de activación a la sirena de alarma y cortarán el suministro de gas mediante el cierre de la electroválvula. Esta alarma enviará una notificación tipo Push a los dispositivos móviles conectados con la instalación, permitiendo la desactivación de la señal acústica, manteniendo el cierre de la electroválvula.
- **Seguridad ante intrusiones:** para evitar en la medida de lo posible la irrupción de personas no deseadas en la vivienda, esta sección hace uso de los sensores de movimiento y presencia utilizados en la sección de iluminación, para lanzar la señal de alarma que activa la sirena y envía un mensaje Push a los dispositivos móviles conectados con la aplicación.
- **Seguridad ante inundaciones:** esta sección tendrá un funcionamiento similar a la referida a seguridad frente incendios, únicamente cambiarán los sensores de humo por otros de inundación, que estarán ubicados en las zonas húmedas de la casa, como son los baños y la cocina.
- **Clima:** esta sección será la encargada de controlar la temperatura de la vivienda haciendo uso de diversos elementos. Entre ellos encontramos los termostatos, que harán las veces de interfaz con el usuario en cada habitación gracias a sus pulsadores y displays, permitiendo controlar la velocidad de los ventiladores en caso de que se encuentren en funcionamiento, controlar si se desea o no aclimatar esa estancia y que temperatura es la requerida por el cliente. Internamente, también se encargará de gestionar al resto de equipos, indicando cuando y como deben encenderse y actuar en función de la temperatura sensada y la temperatura de consigna deseada.
Durante el verano, el equipo de refrigeración se basará únicamente en el uso del equipo de fancoil, evitando así la aparición de hongos y humedades producidos por la condensación proveniente del uso del suelo radiante. El usuario podrá elegir entre dos modalidades de actuación: la manual, en la que podrá seleccionar entre tres niveles la velocidad a la que desea que se expulse el aire refrigerado en el equipo fancoil, o bien el modo automático, en el que el módulo de actuación de las rejillas seleccionará de entre las tres velocidades mencionadas anteriormente una de ellas en función de un factor de ponderación. Este factor, limitado a un máximo de 100 puntos, será implementado durante su programación, dotando de un valor numérico a cada habitación en función de diversos parámetros como pudiera ser su tamaño o el nivel de confort que requiera. Un ejemplo claro de esto pudiera ser la actuación de uno de los equipos instalados que se encargaría de controlar la temperatura de la cocina, el salón y una de las habitaciones, a los que se les ha otorgado una ponderación de 15 puntos,

55 puntos y 30 puntos respectivamente. Si en una primera situación, hubiese demanda de la cocina y la habitación, al sumar 45 puntos no llegarían al requerimiento del segundo nivel de velocidad, activando así el primer nivel; mientras que si se activasen cocina y salón simultáneamente, al superar el baremo, sí que entraría en funcionamiento la segunda velocidad del equipo.

| Valor ponderado de demanda | Nivel activo |
|----------------------------|--------------|
| 0 | OFF |
| 1-33 | Velocidad 1 |
| 34-66 | Velocidad 2 |
| 67-100 | Velocidad 3 |

Table 5.2: Ponderación velocidad fancoils

En cambio, durante el modo invierno el equipo principal que actuará será el de suelo radiante. En este caso el termostato se encargará de enviar una orden de apertura a las válvulas de las habitaciones en las que la temperatura se encuentra por debajo de la demanda, y una señal de arranque a la caldera en cuanto que una de estas válvulas es abierta, haciendo circular el agua caliente a través del entramado de tuberías instaladas en el suelo. En el momento que la temperatura de la habitación y la de consigna tienen una diferencia mayor de 3°C , se ha programado el comienzo de actuación del sistema secundario: el sistema de fancoil. El sistema de aerotermia tendrá exactamente el mismo modo de funcionamiento que en el modo verano, activando sus velocidades en función de la ponderación de las habitaciones que se encuentren en demanda al encontrarse funcionando en modo automático, o pudiendo ser elegida por el usuario en el modo manual.

Para evitar el uso prolongado e indebido de los equipos que componen el sistema, se han programado un control del tipo proporcional integral (PI), debido a que se ajusta mejor al comportamiento que este ofrece frente a la alternativa del control de dos puntos con histéresis. Se trata de un método de control regido por un algoritmo de control lineal basado tanto en la diferencia entre las temperaturas de consigna y de referencia como en los datos del histórico del sistema, reduciendo así las franjas de oscilación de la temperatura del habitáculo, estabilizando paulatinamente su valor en el entorno de la temperatura de consigna establecida por el usuario.

Como se puede apreciar en la Imagen 5.1, se ofrece una comparativa entre los dos métodos de control para que el sistema proporcione a la estancia una temperatura de 25°C . Por el método, descartado, de control mediante dos puntos se establecen los límites inferior y superior de temperatura en los que el sistema debe encenderse y apagarse, respectivamente. Con este método más sencillo de programar, el sistema no se encuentra funcionando constantemente, pero sufre picos de alto consumo energético para alcanzar el límite superior desde una temperatura ligeramente menor al límite inferior, con el añadido de que la estancia se encuentra, casi en la totalidad del tiempo, lejos de la temperatura

de consigna. En cambio, el método de control proporcional integral, se encuentra constantemente en funcionamiento y trabaja regulando la temperatura de exhalación del aire para mantener la temperatura en un valor más ajustado al de consigna de manera constante, sin provocar tiempos de funcionamiento a marchas forzadas de la máquina de aerotermia o de la caldera, evitando así los picos de alta demanda energética por parte del sistema.

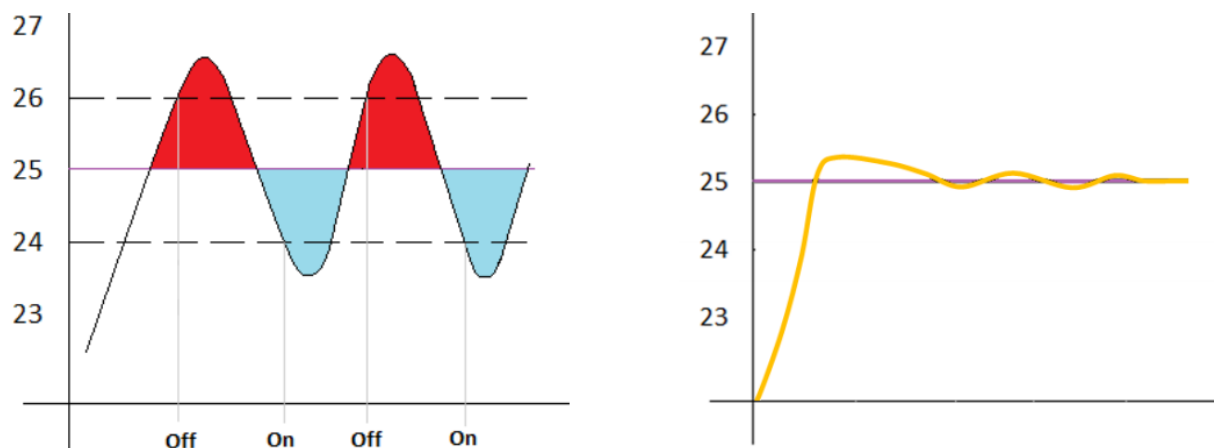


Figure 5.1: Comparación entre control de dos puntos con histeresis [izq] y control PI [dcha]

La programación de este algoritmo requerirá de la configuración de tres parámetros esencialmente:

- La constante de proporcionalidad (K) expresada en grados centígrados, encargada de que el error estacionario se reduzca a cero produciendo el menor valor posible de sobreoscilación de la señal.
- El tiempo integral (T) expresado en minutos, será un valor asociado a la inercia térmica del sistema de aerotermia que permite ajustar el error de aproximación en función del tiempo transcurrido, es decir, la velocidad de impacto que tiene el sistema para variar la temperatura.
- El tiempo de ciclo, también expresado en minutos, que condicionará la frecuencia de muestro y actualización de la señal de control enviada tanto a la caldera como a las máquinas de aerotermia.

Se ha establecido un valor de $K=4$ y $T=90\text{min.}$ tanto para el modo enfriar como calentar de la máquina de aerotermia, mientras que para el suelo radiante, los valores escogidos han sido $K=5$ y $T=240\text{min.}$ El tiempo de ciclo que se ha encontrado más optimizado respecto a las condiciones de ahorro energético y confort térmico ha sido de 15min.

El control de los sistemas de fancoil normalmente se ejecuta a través de comunicaciones vía infrarrojos, protocolo que no entra dentro del alcance de la tecnología KNX, por lo que ha sido necesaria la implementación de un sistema de pasarelas para poder establecer el nexo de comunicación entre el equipo y el bus KNX de manera remota, sin uso de señales infrarrojas. Esta pasarela será conectada al mando de control original de la máquina de aerotermia, que no

será removido de la instalación debido a su alta fiabilidad a la hora de identificar los posibles errores o fallos que sufra el equipo. Adicionalmente, el cliente tendrá la opción de cambiar entre modo invierno/verano desde la pantalla del G1 o desde la aplicación del móvil, en función de si desea que el sistema proporcione calor o frío, respectivamente.

- **Consumos:** por petición del cliente, se debe hacer un seguimiento de los consumos tanto de luz, como de agua y gas que se dan en la vivienda, por lo que se han habilitado lectores adicionales a los respectivos instalados por las compañías de suministro, permitiendo visualizar en la pantalla del G1 o en la aplicación del móvil el consumo instantáneo de tensión, corriente, potencia, agua o gas; el consumo total de energía, de agua y gas durante diversos periodos, como por ejemplo el consumo del mes anterior, el consumo desde el día 1 del mes en el que se encuentren o incluso en un periodo definido por el propio usuario.

5.3 Ubicación

Otro factor (esta en el word)...

La ubicación respecto del resto de elementos de la vivienda también es un factor a tener presente a la hora de realizar el diseño previo de la instalación, ya que de no tenerse en cuenta podría dar lugar a funcionamientos inesperados, la inhabilitación del mecanismo o llegar incluso a provocar situaciones de peligro para el usuario. El caso del detector de humos es uno de ellos, y es que una colocación incorrecta podría dar lugar a que el sensor no detectase los cambios en la temperatura de la habitación o que al contar esta con grandes dimensiones, no fuese capaz de detectar la presencia de humos nocivos para la salud adecuadamente. Es por ello que, y siguiendo las recomendaciones del fabricante, estos sensores deberán colocarse en el centro de una habitación no más grande de 60 m² y a una distancia mínima de 50 centímetros otros elementos como lámparas o paredes, sin superar los 6 metros de altura.

Los detectores de inundación también deberán ser instalados siguiendo una serie de pautas para asegurar su correcto funcionamiento. Entre otras normas, se puede destacar que debe colocarse de manera sobre una superficie que no tenga una inclinación demasiado pronunciada, siendo óptimo que esta sea totalmente horizontal y al nivel más bajo posible de altura tal y como se muestra en la imagen 5.2, debido a que será necesario el contacto físico entre el sensor y el elemento líquido para hacer saltar la alarma. Es importante también una situación de cercanía con las fuentes de caudal y los electrodomésticos o elementos sobre los que se desea hacer el control, ya que la detección de la fuga será más temprana. Pese a su reducido tamaño, se deberá contar con el espacio que ocuparán estos sensores a la hora de la planificación.

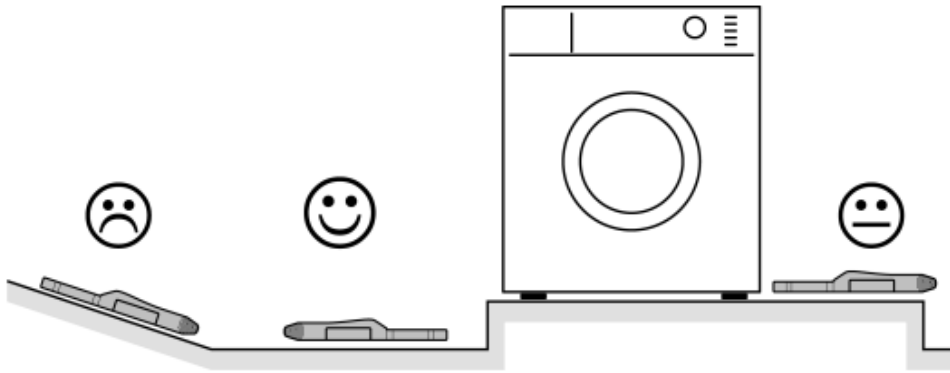


Figure 5.2: Ejemplos de posicionamiento de los sensores de inundación

Otro ejemplo de la importancia de la ubicación de los elementos la encontramos en los sensores de movimiento de tipo PIR: la geometría de la lente que lo recubre le permite detectar la radiación térmica con un amplio margen de amplitud, unos 180° aproximadamente. Esta capacidad será aprovechada al máximo siguiendo una serie de criterios como, por ejemplo, la altura a la que se encuentre y la posición en la habitación respecto de otros enseres que en ella se encuentren. Según las indicaciones del fabricante, el sensor debe ser colocado a una altura de 2,20 m con una leve inclinación hacia el suelo, permitiendo así una mayor dispersión de los haces detectores por la sala. También es necesario tener en consideración el tipo de movimiento que se va a realizar en las salas donde van a ser instalados, ya que el alcance de estos sensores varía en función de si se trata de un movimiento de tipo radial o tangencial.

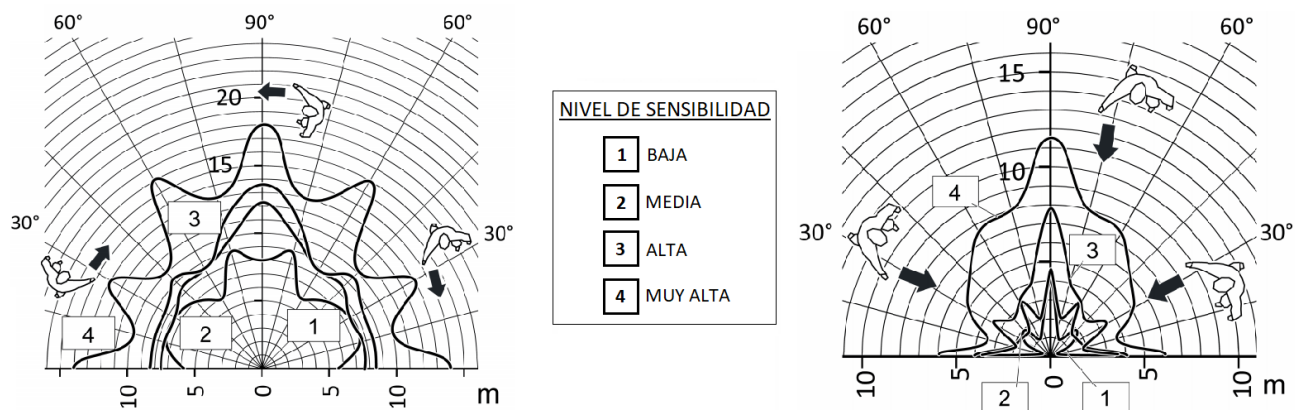


Figure 5.3: Alcances del sensor PIR para movimiento tangencial [izq] y radial [dcha]

Como la función que tienen asignada estos sensores es la de detectar el movimiento en los pasillos y el hall de la vivienda para activar la orden de encendido de las luces, se han colocado estratégicamente en los extremos de los pasillos, aprovechando su alta sensibilidad ante el movimiento tangencial, que es el más usual en este tipo de espacios. En cuanto a los sensores que se encuentran en el hall y el trastero, se han situado en lo alto de las paredes situadas enfrente de las puertas de acceso, para encender las luminarias en el momento que estas son abiertas.

En el caso de detector de presencia instalado en el salón se cuenta con un radio de

detección de 360°, por lo que será instalado en el centro del techo de la sala. Al tratarse de una vivienda antigua, el techo se cuenta con una altura considerable (3,50m), lo que supondrá una ventaja, ya que de igual manera que los sensores de movimiento, al colocarse en una posición más elevada, se obtiene una mayor distancia de detección, siempre teniendo en cuenta el tipo de movimiento que se desee detectar:

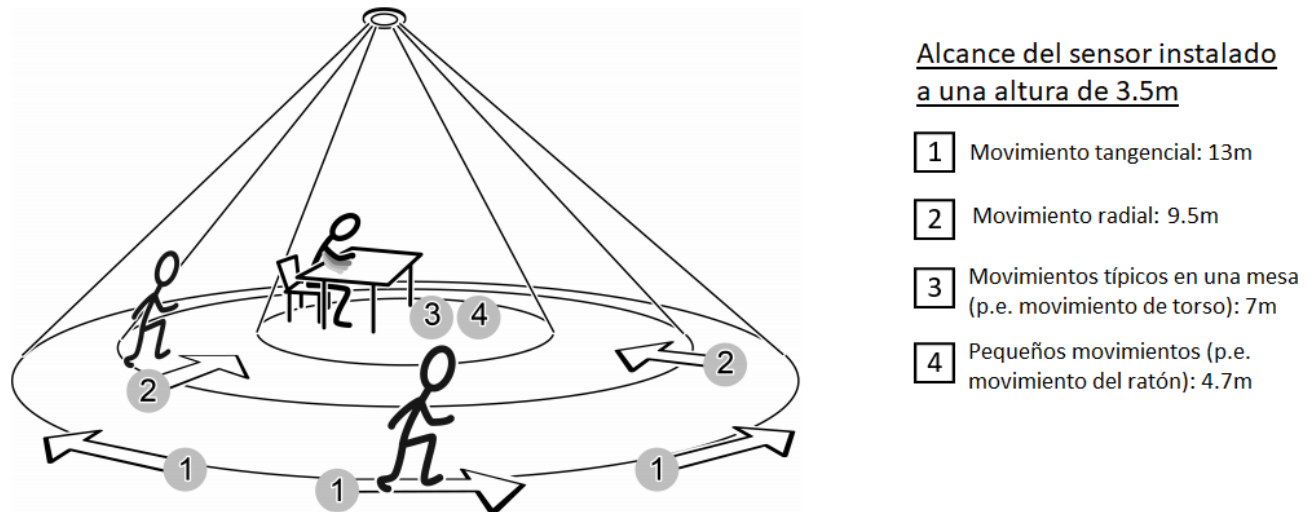


Figure 5.4: Alcances del sensor de presencia

5.4 Conexionado

En esta sección...

- **Cuadro eléctrico de domótica**

Siguiendo las normas de seguridad recogidas en la normativa [2], una de las líneas del sistema trifásico y el neutro de la instalación eléctrica del edificio se hacen pasar en primera instancia por un Interruptor General Automático (IGA), ya que el Interruptor de Control de Potencia (ICP), encargado de cortar el suministro en situaciones de sobrecarga, cortocircuito y en los que la demanda de potencia supera a la potencia contratada, se encuentra integrada en el contador instalado en la vivienda por la compañía de suministro eléctrico. El IGA tendrá como misión principal proteger el resto del circuito en el caso de que se produzca un cortocircuito o se supere la potencia máxima que es capaz de soportar la instalación, como por ejemplo, cuando son conectados demasiados electrodomésticos a la vez. Esta interrupción de la corriente nada tendrá que ver con cuestiones económicas o limitantes en función de lo que se tenga contratado y se pague a la compañía de suministro eléctrico, si no que será limitante en cuanto a las características físicas de la propia instalación, no pudiendo

ser mejorada si no son sustituyendo y mejorado alguno de los elementos que la componen. A continuación, se ha instalado un Protector Contra Sobretensiones (PCS), que tal y como indica su nombre será el encargado de proteger el resto de circuitos en las ocasiones en las que se produzcan picos elevados de tensión no controlados, como puede ser el caso del impacto de un rayo, desviando la corriente hacia la toma de tierra, evitando daños en los equipos conectados, en la propia instalación o incluso sobre los usuarios que se encuentran en el interior de la vivienda.

Siguiendo el cableado, el siguiente elemento que nos encontramos es el Interruptor Diferencial (ID). Este elemento desarrollará la función de proteger a los usuarios de las fugas de corrientes a tierra que pudiesen producirse por daños o malas conexiones de los electrodomésticos con la instalación eléctrica. En cada vivienda es usual instalar entre dos y tres ID que agrupen varios sistemas con diferentes funcionalidades, facilitando así localizar que la fuga de corriente se está produciendo en alguno de los elementos que a ella se encuentra conectado, pero debido a demanda del cliente, se ha seguido el modelo habitual de instalación aplicado en los cuadros de las viviendas de Alemania, en el que existe un ID por cada una de las funcionalidades que se desarrollan en la instalación, teniendo el sistema de iluminación su propio ID, por ejemplo.

En último lugar, y antes de comenzar conectar los elementos, se colocan los últimos elementos de protección del sistema: los Pequeños Interruptores de Potencia (PIA), o como son conocidos comúnmente, Interruptores Automáticos. Estos interruptores sí que es habitual encontrarse uno por cada grupo de elementos con la misma funcionalidad, y tendrán como misión detectar el exceso de consumo en estos grupos, desconectándose de manera automática en tal caso. También son muy útiles en el caso de querer realizar alguna modificación en un sistema concreto, ya que si es preciso desconectarlo, no afectará al resto, que podrán seguir operando de manera normal.

Una vez explicado el conexionado hasta el cuadro de domótica, se entrará en detalle el cableado de este hasta los módulos y mecanismos que componen la instalación domótica que controla la vivienda. Entre ambas partes, se han utilizado dos tipos distintos de bornas para facilitar el peinado de los cables, su distribución y organización a lo largo de los tubos y debido a que la ley vigente dictamina que no es legal ni seguro la conexión directa de cables, teniendo que realizarse está a través de algún elemento de paso y sujeción: las bornas de paso y las de distribución. Para una mayor claridad, las bornas de distribución vendrán representadas en los esquemas con un color verde, y serán utilizadas, tal y como su nombre indica, para distribuir las tensiones que llegan a los PIAs. Estas bornas cuentan con cuatro puertos interconectados entre ellos, ofreciendo así el mismo valor de tensión en cada una de sus salidas y son independientes unas bornas a otras, a menos que se haga una conexión directa entre alguno de sus puertos.

Por otro lado, las bornas de paso, representadas en color amarillo, también cuentan con cuatro puertos, pero en esta ocasión no se encuentran conectados entre ellos, si no que tienen una distribución distinta, tal y como se muestra en la imagen. En estas bornas, el segundo y cuarto puerto si cuentan con una conexión interna para así ofrecer la misma caída de tensión en ambos puntos, mientras que el primero y

el tercero serán independientes. Estas salidas cuentan con conexiones laterales que les permiten conectarse a la borna contigua al encontrarse enganchadas físicamente unas a otras, sin necesidad de realizar esta conexión mediante cables. Por lo tanto, una fila de bornas de paso compartirá la misma tensión con el resto en su primer y tercer puerto, que serán los asignados a la toma de tierra y al neutro común, respectivamente. Los otros dos puertos, serán independientes del resto de bornas e irán conectadas a la fase, uno de ellos a la entrada desde el actuador y el otro al elemento que se desea controlar.

- **Actuadores reguladores y binarios y de persianas**

Una vez explicado el conexionado hasta el módulo, se pasa a detallar el cableado desde este hasta el elemento a controlar. Para esta sección, se ha dividido los elementos en tres bloques en función de su conexión: en el primer bloque se encuentran todos los elementos de tipo On/Off conectados al actuador de 24 salidas, al que llegará la fase a una de sus salidas desde la borna de distribución, saliendo por el otro terminal de esa misma salida hacia la borna de paso. La conexión de estos elementos será muy simple: de la borna de paso alimentada con fase saldrá uno de los cables que irán al elemento en cuestión, volviendo desde el otro terminal al puerto del neutro de la borna. Para el segundo tipo de elementos el conexionado será idéntico a los del primer tipo, pero en esta ocasión el actuador no solo permitirá abrir o cerrar el circuito, si no que permitirá regular la corriente de salida, realizando así la función de dimmer. Por ultimo tenemos los elementos tipo ventana, que necesitaran de dos de las salidas del actuador de 24 salidas, que vendrán alimentadas desde la borna de distribución, y saldrán hacia la borna de paso. En esta ocasión, de la borna de paso será necesario sacar tres cables hacia el elemento: uno de ellos llevara el neutro, mientras que los otros dos irán conectados a los terminales que determinan si el motor de la persiana o ventana debe actuar en una dirección o su contraria. Todas estas órdenes serán transmitidas a través del cable de bus KNX al actuar sobre los pulsadores, la pantalla o la aplicación móvil.

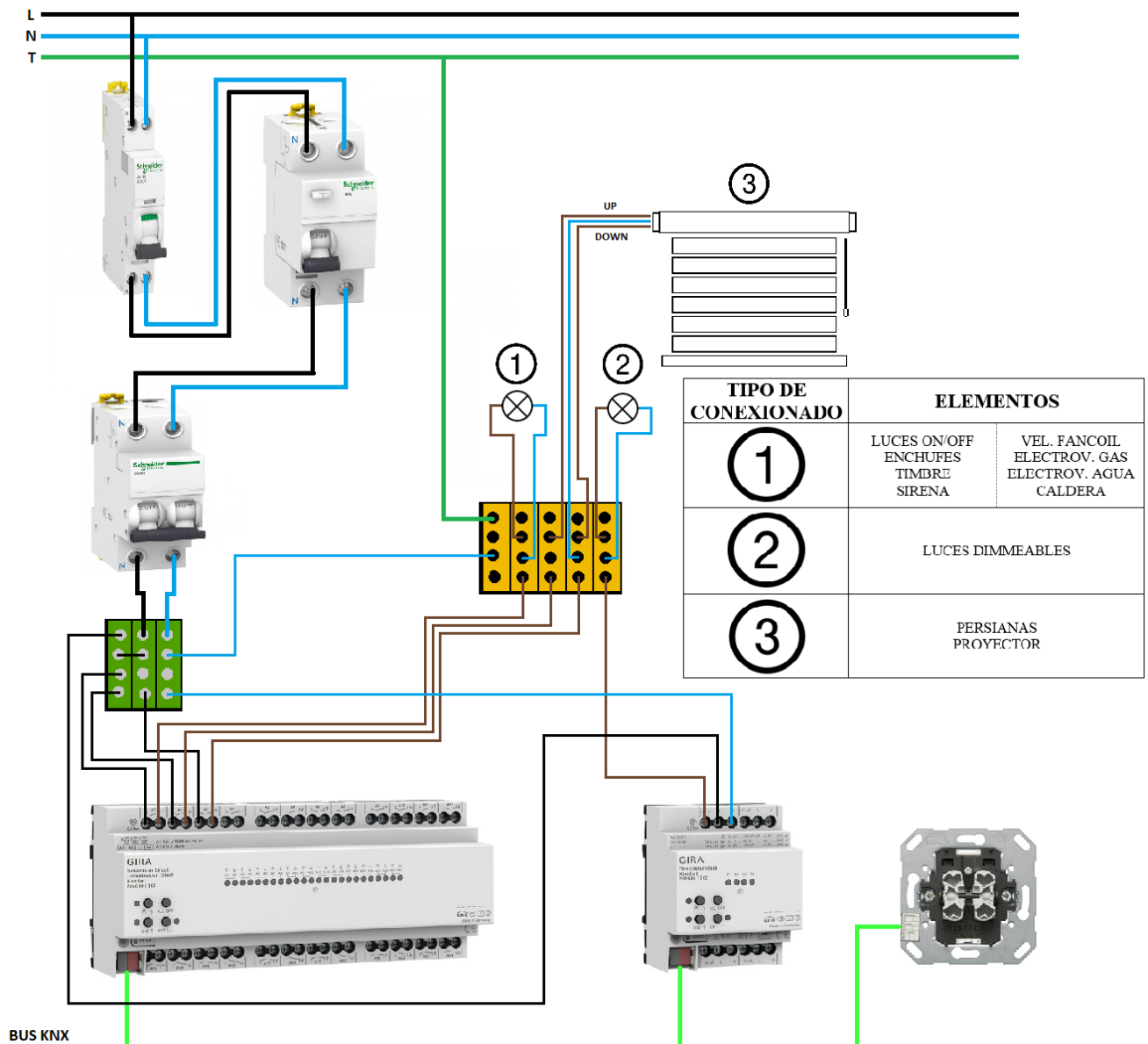


Figure 5.5: Conexionado actuadores reguladores y binarios y de persianas

• Contadores de consumo

Para los módulos de conteo de consumo de agua y gas será necesario contar con las cajas de registro instaladas en la vivienda por la empresa suministradora, ya que este módulo no medirá los caudales de manera directa. Las cajas de registro se encuentran conectadas tanto a la caldera, para el conteo del caudal de gas, como a todas las tomas de agua de la vivienda, e irán emitiendo pulsos SO que serán cuantificados a través de un optoacoplador y transformados en un número entero a través de un factor de conversión programado en el dispositivo.

Por otro lado, los módulos de consumo eléctrico si realizarán el conteo de manera directa a través de los acopladores de corriente instalados en la fase de

entrada de cada uno de los circuitos eléctricos que conforman la carga. Estos acopladores realizarán las mediciones mediante el uso del efecto Hall dado en los cables sobre los que se encuentran “abrazados”, por lo que será necesario planificar un espacio en los tubos de cableado que se encuentran en las paredes de la vivienda.

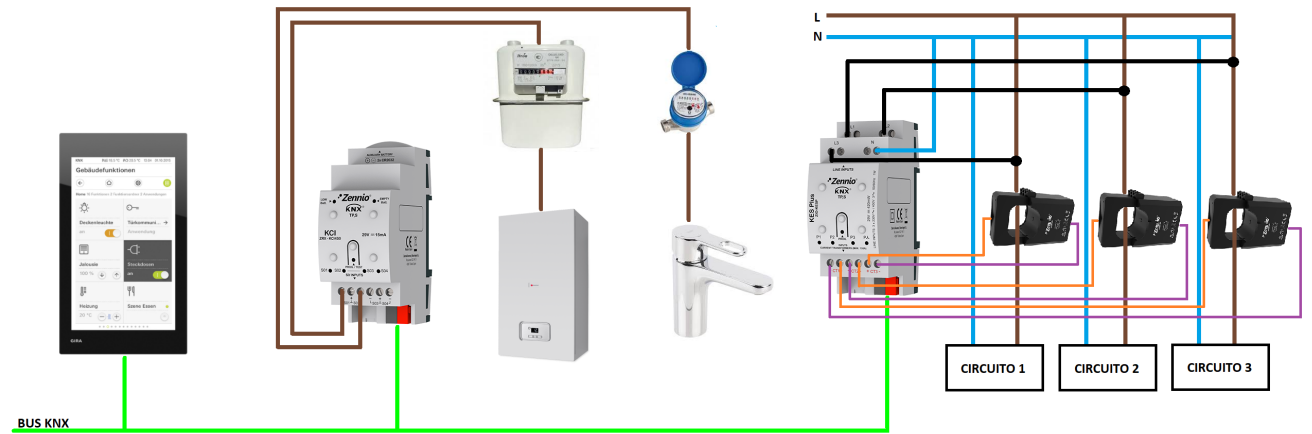


Figure 5.6: Conexión de módulos de medición de consumo

Chapter 6

Desarrollo del proyecto

En este capítulo se describe el desarrollo del proyecto

6.1 Direcciones de grupo

organizaciones dir de grupo

6.1.1 0 General

- 0/1 Escenas
- 0/2 Parámetros del sistema

6.1.2 1 Iluminación

- 1/1 ON/OFF Desde esta dirección
- 1/2 STD ON/OFF
- 1/3 DIMMING
- 1/4 VALOR DIMMING
- 1/5 STD VALOR DIMMING

6.1.3 2 Persianas, Proyector y Puerta

- 2/1 UP/DOWN
- 2/2 STEP/STOP
- 2/3 VALOR
- 2/4 STD VALOR
- 2/5 TIMBRE
- 2/6 PUERTA

6.1.4 3 Climatizacion

- 3/1 ON/OFF
- 3/2 STD ON/OFF
- 3/3 MODO CLIMA
- 3/4 STD MODO CLIMA
- 3/5 TEMP CONSIGNA
- 3/6 STD TEMP CONSIGNA
- 3/7 TEMP REAL

6.1.5 4 Variables climatizacion

- 4/1 POS REJILLA
- 4/2 STD POS REJILLA
- 4/3 VEL FAN
- 4/4 STD VEL FAN
- 4/5 MODO FAN
- 4/6 STD MODO FAN
- 4/7 STD VENTANA

6.1.6 5 Consumo

- 5/1 SOLICITUD
- 5/2 CAUDAL AGUA (l/h)
- 5/3 CAUDAL GAS (m³/s)
- 5/4 POTENCIA (kW)
- 5/5 ENERGIA (kW•h)
- 5/7 FECHAS

6.1.7 6 CO₂ y Recuperador

- 6/1 LIMITES CO₂
- 6/2 ON/OFF FAN CO₂
- 6/3 STD ON/OFF FAN CO₂
- 6/4 VEL FAN CO₂
- 6/5 STD VEL FAN CO₂
- 6/6 MEDIDA CO₂

6.1.8 7 Detectores y efectores

- 7/1 ON/OFF ELECT. VALVULAS
- 7/2 STD ELECT. VALVULAS
- 7/3 ALARMA HUMO
- 7/4 STD SIRENA
- 7/5 STD DETECTORES

6.1.9 8 Centralizados

- 8/1 ILUMINACION
- 8/2 CLIMA
- 8/3 PERSIANAS

6.2 Seccion (buscar nombre en gira app)

rollo seccion iluminacion, seccion alarmas, perianas, clima..

6.3 Programación de los mecanismos

Como se han linkado + dibujo conexiones

6.4 Protocolo de comunicación

6.5 Servidor

explicaren detalle que haran los componentes, con que equipos se cuentan (rollo suelo radiante, fancoil...)

Chapter 7

Results and discussion

En este capítulo...

7.1 Results

Los resultados son una parte imprescindible del TFG. Muestran lo que realmente se ha hecho y deben ser explicados con rigor y claridad

7.2 Discussion

Una vez expuestos los resultados en la sección anterior, aquí se deben comentar y analizar su validez.

Chapter 8

Gestión del proyecto

En este capítulo se describe la gestión del proyecto: ciclo de vida, planificación, presupuesto, etc.

8.1 Fases del proyecto

Explicación de las fases del proyecto: definición, análisis, diseño, construcción, pruebas, implementación, validación, documentación. Ejemplo: diagrama de Pert.

8.2 Metodología

8.2.1 Plan de trabajo

- **T1. Fase de recursos**
 - Obtención del software ETS5.
 - Obtención del software Gira Project Assistant.
 - Obtención de las especificaciones del proyecto.
 - Obtención de bibliografía.
- **T2. Análisis teórico previo**
 - Estudio viabilidad y especificaciones del proyecto.
 - Diseño de la solución.
 - Ajustes y mediación con el cliente sobre las nuevas características o modificaciones del sistema.
 - Elaboración del presupuesto.
 - Elección y pedido del hardware en base a especificaciones finales.
- **T3. Implementación en ETS5**
 - Desarrollo de la arquitectura de la vivienda en el proyecto.
 - Elaboración de los grupos de direcciones.
 - Búsqueda y descarga de las bases de datos de los productos.

- Añadir los módulos de los dispositivos del sistema domótico.
- Asignar direcciones físicas a los dispositivos.

- **T4. Análisis de desarrollo**

- Programación de parámetros de los dispositivos.
- Linkado de los objetos de comunicación de los dispositivos.
- Creación de escenas.
- Programación de módulos lógicos.
- Volcado de programación sobre los dispositivos físicos.
- Instalación de los dispositivos físicos en la vivienda.

- **T5. Desarrollo sistema visualización**

- Creación servidor control remoto.
- Diseño y creación de las pantallas de visualización.
- Volcado sobre dispositivos físicos.

- **T6. Validación y puesta en marcha del sistema**

- Comprobación instalación eléctrica y cableado.
- Testeo funcionalidades del sistema.
- Depuración de errores e implementación de mejoras.

- **T7. Redacción de la memoria final**

8.2.2 Diagrama de Gantt

8.3 Budget

8.3.1 Personal

8.3.2 Material

8.3.3 Presupuesto

En esta sección se realizará un recuento del precio y las unidades de los mecanismos adquiridos e instalados en la vivienda. Pese a que, tanto el beneficio económico como el tiempo de programación se vean perjudicados al adquirir los mecanismos a diferentes proveedores, es necesario la conjugación de varios de ellos para lograr cumplir con las expectativas del cliente en cuanto al alcance de la instalación. Por tanto, se detallará también la empresa que proporcionará los módulos:

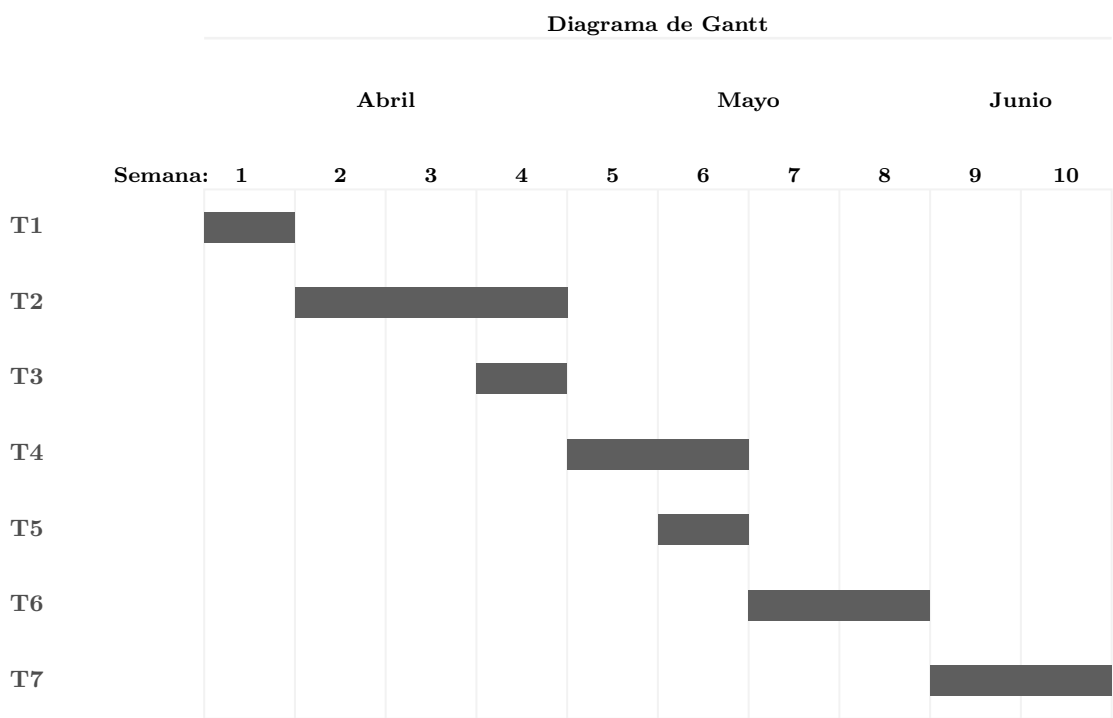


Table 8.1: Diagrama de Gantt

| Referencia | Descripción | Fabricante | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------|--|------------|----------|-----------------|--------------|
| 18327 | Base de enchufe 16A/250V | Gira | | 6,44 | 0 |
| 25227 | Juego de juntas para base de enchufe | Gira | 0 | 2,8 | 0 |
| 245200 | ? | Gira | | | 0 |
| 27027 | ? | Gira | | | 0 |
| 205127 | Detect. Movimiento Komfort 2,2m KNX | Gira | 4 | 169,67 | 678,68 |
| 200800 | Acoplador de bus KNX | Gira | 6 | 51,29 | 307,74 |
| 222500 | Detect. Presencia Mini Komfort KNX | Gira | 1 | 231,86 | 231,86 |
| 204127 | Detect. Movimiento Standard 2,2m KNX | Gira | 1 | 118,67 | 118,67 |
| 210427 | Sensor CO2 + Humedad KNX | Gira | 1 | 336,58 | 336,58 |
| 18200 | Pulsador KNX de 2 elem. con mando de 1 punto | Gira | 37 | 79,22 | 2931,14 |
| 29527 | Teclas basculantes | Gira | 35 | 4,85 | 169,75 |
| 29427 | Teclas basculantes serigrafiadas con flecha | Gira | 2 | 6,66 | 13,32 |
| 213000 | Fuente alimentacion 640mA KNX | Gira | 1 | 323,37 | 323,37 |
| 504000 | Actuador de conmutación 24 outs / 12 persianas 16A | Gira | 2 | 772,8 | 1545,6 |
| 212900 | Actuador calefaccion 6 elementos KNX | Gira | 2 | 231,83 | 463,66 |
| 212600 | Entrada binaria KNX de 6 elementos 10-230 V CA/CC | Gira | 4 | 230,98 | 923,92 |
| | Detector de humos | Gira | | | 0 |
| 234300 | Módulo KNX para detector de humo | Gira | 4 | 115,57 | 462,28 |
| 209600 | Gira X1 | Gira | 1 | 835,58 | 835,58 |
| 206912 | Gira G1 | Gira | 1 | 1000,61 | 1000,61 |
| 21122 | Marco cubierta 1 elemento | Gira | | 3,3 | 0 |
| 21222 | Marco cubierta 2 elemento | Gira | | 4,54 | 0 |
| 21322 | Marco cubierta 3 elemento | Gira | | 8,3 | 0 |
| 21422 | Marco cubierta 4 elemento | Gira | | 13,4 | 0 |
| 40000 | ? | Gira | | | 0 |
| 27427 | ? | Gira | | | 0 |
| 202500 | Actuador de regulacion KNX 4 elementos Komfort | Gira | 4 | 529,2 | 2116,8 |
| KCI 4 S0 | Interfaz KNX para contadores de consumo | Zennio | 2 | 83,3 | 166,6 |
| ZVI-F55D | Panel táctil capacitivo con display | Zennio | 6 | 116,2 | 697,2 |
| ZCL-ZB4 | Actuador de clima con zonificación de 4 zonas | Zennio | 2 | 125,3 | 250,6 |
| ZIO-KESP | Medidor de energía eléctrica KNX KES Plus | Zennio | 2 | 104,3 | 208,6 |
| ZN1AC-CST120 | Transformador de corriente | Zennio | 6 | 16,8 | 100,8 |
| | | | | TOTAL | 12.459,56 € |

Chapter 9

Conclusions

Se presentan a continuación las conclusiones...

9.1 Conclusin

Una vez finalizado el proyecto...

9.2 Future work

Un posible desarrollo...

Appendix A

Anexo: Documentación de la librería Travis

Se muestra a continuación la documentación del código de la librería Travis, realizada con un generador de documentación automático. En nuestro caso, el documentador elegido es Doxygen.

Appendix A

appendix

En este apéndice...

A.1 Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas ornare erat nisl, a laoreet purus pellentesque id. Duis laoreet ipsum posuere est hendrerit, quis ornare nisi iaculis. Quisque imperdiet gravida egestas. Maecenas in mauris felis. Quisque quis imperdiet enim. Curabitur dignissim eget nisi lobortis placerat. Donec et magna rutrum, tempor magna a, consectetur tortor. Donec faucibus sodales sem, eu iaculis leo eleifend id. Nam semper lectus nisl, sed molestie erat pharetra quis. Quisque vestibulum metus elit, id interdum ligula dignissim a.

Praesent eu velit ac lectus tristique tristique vitae et tellus. Mauris dignissim feugiat orci, vitae luctus dolor finibus ut. Ut congue bibendum lectus, vitae congue ligula. Donec commodo, lacus ac iaculis scelerisque, nunc purus finibus diam, at lacinia sem justo non quam. Aenean tempor urna vitae quam pretium porta. Sed in lacinia ipsum. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Integer ut tristique est. Nam vitae interdum ligula, ac sodales dolor. Nulla mollis bibendum urna, sit amet interdum est aliquet at. Sed sagittis mi vel tellus posuere, eu rutrum arcu tristique.

Vestibulum aliquet orci pharetra justo auctor, pharetra viverra felis finibus. Ut ac gravida quam. Donec egestas turpis nisi, nec elementum orci feugiat at. In hac habitasse platea dictumst. Praesent mollis sem in felis feugiat, dapibus finibus metus scelerisque. Aliquam ultricies ante quis nibh laoreet, ac aliquam justo maximus. Etiam rhoncus pharetra imperdiet.

Nullam at libero quis augue tristique luctus eget placerat lorem. Donec pretium, dui scelerisque dapibus feugiat, ex lacus auctor ipsum, in ultricies odio justo in eros. Proin sodales velit non accumsan tempor. Mauris at consectetur est. Donec aliquam porttitor tortor, id malesuada nunc euismod vel. Ut id ullamcorper turpis, nec feugiat sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi aliquam tempus tortor, et gravida lectus iaculis non. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Integer non maximus felis. Nullam ac tempor augue. Vestibulum in efficitur mauris. Sed in nulla ultrices, pharetra ligula et, blandit nunc. Quisque dictum magna eget diam maximus, ac pulvinar nisi tempor. Pellentesque quis feugiat elit.

Integer euismod in urna id placerat. Etiam urna elit, tempor et turpis venenatis, volutpat viverra lacus. In luctus arcu sit amet lectus rutrum, id ultricies mi pellentesque. Nulla bibendum, orci in elementum aliquam, mi purus sollicitudin orci, quis ornare nulla arcu placerat urna. Integer consequat, risus ac elementum pellentesque, nulla est lobortis justo, sed mattis nibh ligula nec velit. Integer sem mauris, luctus vitae venenatis a, tincidunt egestas purus. In et lectus semper, dapibus massa sed, ultrices nisi. Ut sit amet dolor porta, accumsan lectus ut, semper tellus. Praesent velit odio, facilisis quis sodales vel, molestie at risus. In sollicitudin mauris risus, ullamcorper ullamcorper ligula commodo sed. Ut libero tortor, rhoncus ut sagittis quis, fringilla nec nunc. Ut efficitur nisi id leo feugiat ultrices. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Sed at malesuada arcu.

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Sed consectetur, justo nec scelerisque accumsan, leo erat dictum odio, id feugiat nibh felis vel ipsum. Duis urna ante, commodo vitae neque varius, congue egestas turpis. Donec condimentum ullamcorper dapibus. Nulla sed sapien eu diam commodo finibus. Nulla fringilla lectus vitae augue rutrum volutpat. Nulla in accumsan orci. Suspendisse eget diam massa.

Bibliography

- [1] A. Brunete, M. Hernando, and E. Gambao. Offline ga-based optimisation for heterogeneous modular multi-configurable chained micro-robots. *Transactions on Mechatronics*, 18(2):578 – 585, 2013.
- [2] Equipo de redactores de Arkiplus.com. "historia de la domótica". *Arkiplus*, 2017.