



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
3 State of the Art	5
3.1 ¿En qué consiste el Estado del Arte?	5
4 How to write in Latex	7
4.1 Estilo	7
4.2 Citas	7
4.3 Listas	7
4.4 Tablas	7
4.5 Referencia a una sección	8
4.6 Texto	8
4.7 Figuras	8
4.8 Código software	8
4.9 Pie de página	9
5 Diseño del proyecto	11
5.1 Elección de componentes	11
5.1.1 Actuadores	12
5.1.2 Sensores	14
5.1.3 Lectores de consumo	17
5.1.4 Interfaces del usuario	18
5.1.5 Módulos de entradas	20
5.1.6 Pasarelas	21
5.1.7 Servidores	21

5.1.8	Fuentes de alimentación	22
5.2	Dimensionamiento del proyecto	23
5.3	Secciones y funcionalidad	24
5.3.1	Iluminación	24
5.3.2	Recuperador de CO ₂	25
5.3.3	Ventanas, persianas y proyector	25
5.3.4	Seguridad ante incendios:	26
5.3.5	Seguridad ante intrusiones:	26
5.3.6	Seguridad ante inundaciones	26
5.3.7	Clima	26
5.3.8	Consumos	29
5.4	Ubicación	29
5.5	Conexionado	32
6	Desarrollo del proyecto	39
6.1	Direcciones de grupo y objetos de comunicación	39
6.2	Programación de los mecanismos	44
6.2.1	Iluminación	44
6.2.2	Persianas/ventanas	49
6.2.3	Climatización	49
6.2.4	Sistemas sensoriales	51
6.2.5	Control de consumos	51
6.2.6	Escenas y centralizados	51
6.2.7	Sistemas de visualización y protocolo de comunicación	51
7	Results and discussion	53
7.1	Results	53
7.2	Discussion	53
8	Gestión del proyecto	55
8.1	Fases del proyecto	55
8.2	Metodología	55
8.2.1	Plan de trabajo	55
8.2.2	Diagrama de Gantt	57
8.3	Recursos	57
8.3.1	Personal	57
8.3.2	Material	57
8.3.3	Presupuesto	57
9	Conclusiones	61
9.1	Conclusiones	61
9.2	Futuras líneas de trabajo y aplicación	61
A	Anexo 1: Tablas de conexionado de los actuadores	63
B	Anexo 2: Tablas de conexionado	69
	Bibliography	71

List of Figures

4.1 Logotipo de la UPM	8
5.1 Actuador tipo dimmer	12
5.2 Actuador tipo binario/persiana	13
5.3 Actuador tipo zonificación	13
5.4 Actuador tipo térmico	14
5.5 Sensor de CO ₂	14
5.6 Sensor de movimiento	15
5.7 Sensor de presencia	15
5.8 Sensor de inundación	16
5.9 Sensor de apertura	16
5.10 Sensor de humo y módulo KNX	17
5.11 Contador consumo eléctrico y acoplador de línea	17
5.12 Contador de consumo de agua y gas	18
5.13 Pulsadores domóticos	18
5.14 Termostato	19
5.15 G1	20
5.16 Módulo 6 entradas para sensores de apertura	21
5.17 Pasarela para sistema de aerotermia	21
5.18 X1	22
5.19 Fuente de alimentación	22
5.20 Comparación entre control de dos puntos con histeresis [izq] y control PI [dcha]	28
5.21 Error de tensión debido a la distancia	29
5.22 Ejemplos de posicionamiento de los sensores de inundación	30
5.23 Alcances del sensor PIR para movimiento tangencial [izq] y radial [dcha]	31
5.24 Alcances del sensor de presencia	31
5.25 Conexionado actuadores reguladores y binarios y de persianas	35
5.26 Conexionado módulos de medidas de consumo	36
5.27 Conexionado módulos de climatización	37
5.28 Conexionado módulos sensoriales	38
6.1 Diagrama uso de flags	41
6.2 Módulo lógico DIMMER (1 ^a Parte)	45
6.3 Módulo lógico DIMMER (2 ^a Parte)	45
6.4 Módulo lógico DIMMER: bloque 1	46
6.5 Módulo lógico DIMMER: bloque 2	47
6.6 Módulo lógico DIMMER: bloque 3	47

6.7	Módulo lógico DIMMER: bloque 4	48
6.8	Módulo lógico DIMMER: bloque 5	48
6.9	Programación genérica de la sección de Iluminación	48
6.10	Programación genérica de la sección de Persianas	49
6.11	Esquema linkado sistema de climatización	50

List of Tables

4.1 Ejemplo de tabla	7
5.1 Dimensionamiento	24
5.2 Ponderación velocidad fancoils	27
8.1 Diagrama de Gantt	57
8.3 Presupuesto	58
A.1 Conexiones módulo 1.1.1	63
A.2 Conexiones módulo 1.1.2	63
A.3 Conexiones módulo 1.1.5	63
A.4 Conexiones módulo 1.1.6	64
A.5 Conexiones módulo 1.1.3	64
A.6 Conexiones módulo 1.1.4	65
A.7 Conexiones módulo 1.1.7	65
A.8 Conexiones módulo 1.1.8	66
A.9 Conexiones módulo 1.1.9	66
A.10 Conexiones módulo 1.1.10	66
A.11 Conexiones módulo 1.1.61	66
A.12 Conexiones módulo 1.1.62	67
A.13 Conexiones módulo 1.1.84	67
A.14 Conexiones módulo 1.1.85	67
A.15 Conexiones módulo 1.1.86	68
A.16 Conexiones módulo 1.1.87	68

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 referencidos.

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...)

Chapter 3

State of the Art

En este capítulo...

3.1 ¿En qué consiste el Estado del Arte?

Tal y como indica Wikipedia¹, *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 trataran 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 puede ser el caso de 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, que no pudiesen 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 en sus programaciones. Esto se debe 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 final de que el cliente se encuentre satisfecho con el resultado de la domotización de su vivienda, a la par de resultar lo más económicamente viable para la empresa.

5.1 Elección de componentes

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.

5.1.1 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 5.1: 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.

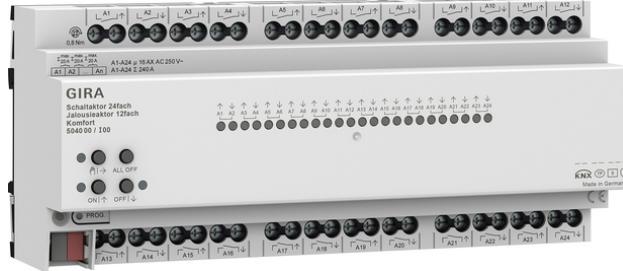


Figure 5.2: Actuador tipo binario/persiana

- **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 5.3: Actuador 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 conexiónado 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 5.4: Actuador tipo térmico

5.1.2 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.

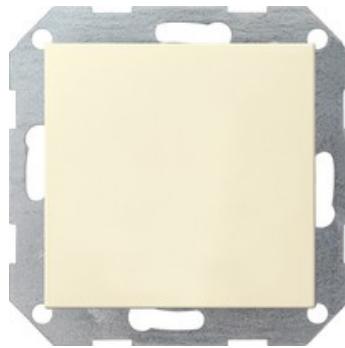


Figure 5.5: Sensor de CO₂

- **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 5.6: 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 5.7: 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.

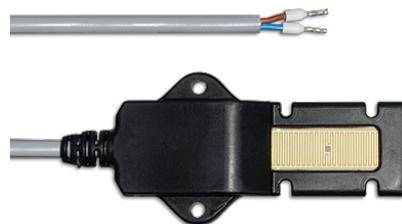


Figure 5.8: Sensor de inundación

- **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 5.9: 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 5.10: Sensor de humo y módulo KNX

5.1.3 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 períodos. Se realizarán dichas medidas acoplando un transformador de corriente a cada una de las líneas.



Figure 5.11: 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 5.12: Contador de consumo de agua y gas

5.1.4 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 dimmables, 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 5.13: 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 5.14: 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 5.15: G1

5.1.5 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 5.16: Módulo 6 entradas para sensores de apertura

5.1.6 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 5.17: Pasarela para sistema de aerotermia

5.1.7 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 5.18: X1

5.1.8 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 5.19: Fuente de alimentación

5.2 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 limitante 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 demanda 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 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

Descripción	Cantidad	Consumo ud. (mA)	Tamaño ud. (DIN)	Consumo Total (mA)	Tamaño Total (DIN)
Detector de humos	4	0	0	0	0
Gira X1	1	10	2	10	2
Gira G1	1	0	0	0	0
Actuador de regulación 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 domótico, sino en otros lugares de la vivienda, como paredes o cajas de aplique, y por lo tanto, su tamaño no afectará al dimensionamiento final de los cuadros eléctricos, teniendo una menor repercusión a la hora de su implementación al sistema, ya que además, 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 posible implementación futura de nuevos módulos.

5.3 Secciones y funcionalidad

5.3.1 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 de manera 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, sino de permanecer en ella sin rerealizar grandes movimientos, que en combinación con la cuantificación de luminosidad en la estancia, enciende de manera automática la lámpara si detecta a alguna persona y regula su intensidad lumínica en función del valor de luminosidad sensado.

5.3.2 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.

5.3.3 Ventanas, persianas y proyector

Desde esta sección se efectuara un control sobre los motores embebidos en las cajas de las persianas y en las ventanas. La programación desarrollada permitirá al usuario el cierre o la apertura total del elemento a controlar, así como su posicionamiento en un lugar concreto de su recorrido en función de un porcentaje de su tiempo total de apertura.

5.3.4 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.

5.3.5 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 cuando se active el modo "*Fuera de casa*" o "*Vacaciones*".

5.3.6 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.

5.3.7 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 con agua fría. 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 por 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 únicamente 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 3ºC, 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 5.20, se ofrece una comparativa entre los dos métodos de control para que el sistema proporciona a la estancia una temperatura de 25ºC. 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.

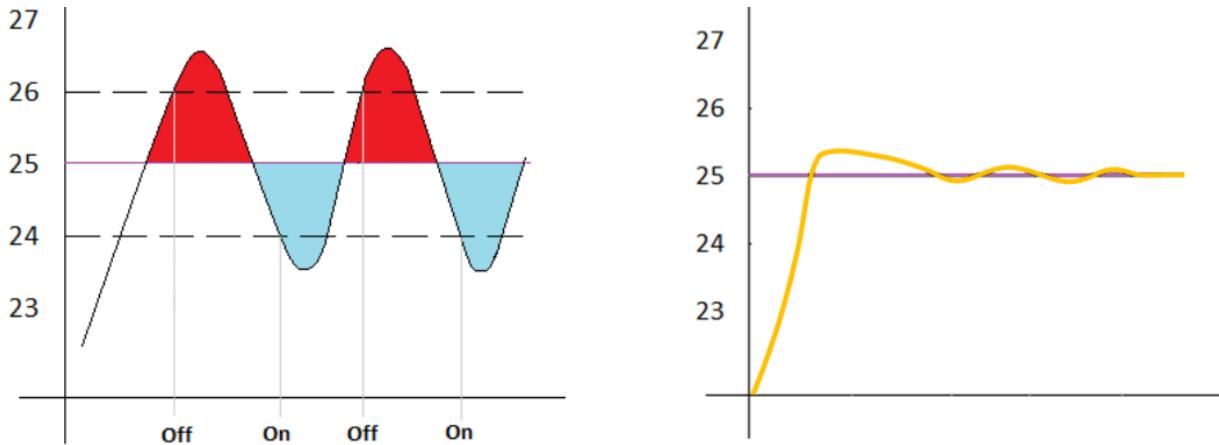


Figure 5.20: Comparación entre control de dos puntos con histeresis [izq] y control PI [dcha]

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 muestreo 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.

5.3.8 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 períodos, 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.

5.4 Ubicación

Otro de los factores clave para poder hacer un diseño funcional y con el menor número posible de fallos, es la ubicación física de los módulos que no van acoplados en el cuadro eléctrico de la domótica, aquellos que se encuentran repartidos por distintos puntos de la vivienda, como en los techos, paredes (tanto en su interior como en su cara exterior) o incluso en el exterior de la vivienda. Este factor toma especial relevancia por el tiempo necesario para la recepción de los telegramas por parte de los módulos más alejados, y la posibilidad de que estos se solapen y generen acuses de recibo no veraces, provocando discrepancias entre el valor que el sistema cree que posee esa variable y el valor del estado en que se encuentra realmente. Otro factor afectado por la ubicación lejana, es la transmisión de los valores medidos por los sensores, ya que si el módulo de entradas se encuentra alejado de él, pueden producirse cambios en la tensión transmitida, dando lugar a una lectura incorrecta de las magnitudes sensadas.



Figure 5.21: Error de tensión debido a la distancia

Para evitar este tipo de errores, se realiza una planificación de la ubicación de los elementos para que ninguno de ellos se encuentre demasiado lejos de su receptor, dando lugar a los siguientes planos:

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 detectarse 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 m^2 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 5.22, 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.

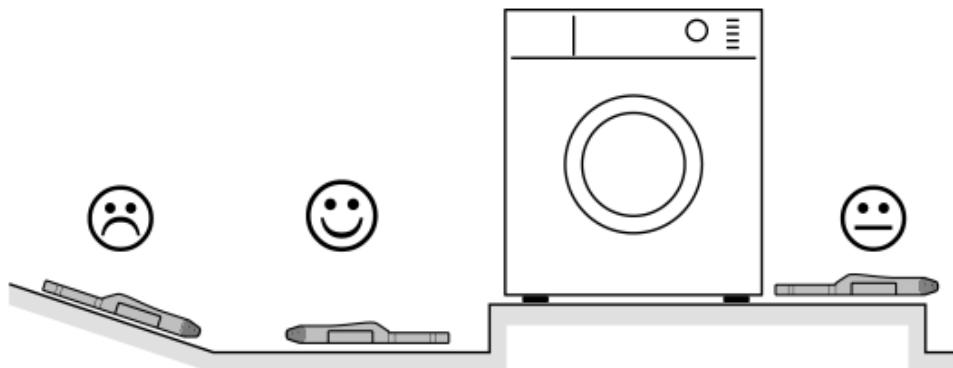


Figure 5.22: Ejemplos de posicionamiento de los sensores de inundación

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.

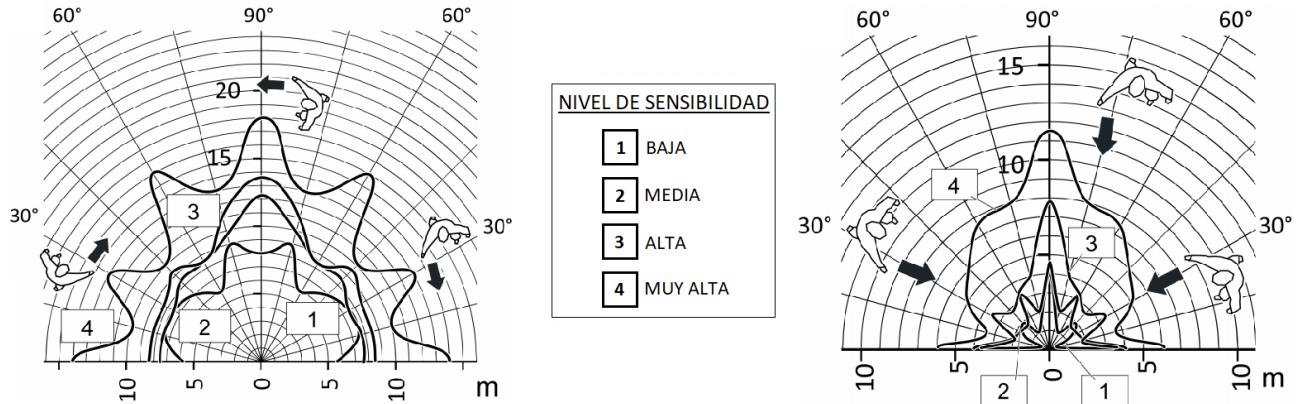


Figure 5.23: Alcances del sensor PIR para movimiento tangencial [izq] y radial [dcha]

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 radial, 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 (aprox 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:

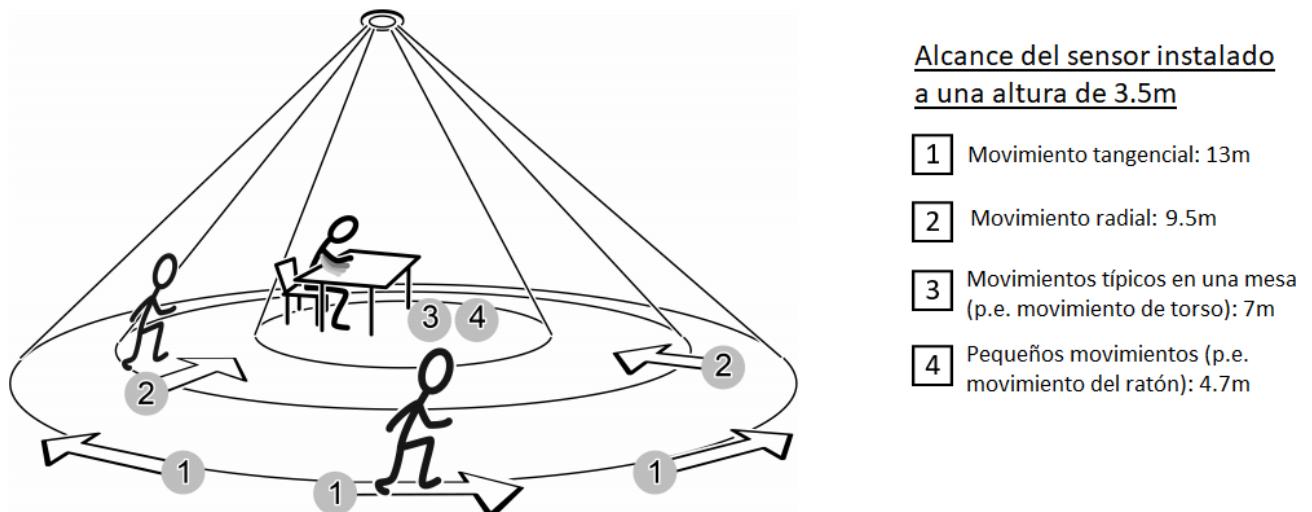


Figure 5.24: Alcances del sensor de presencia

5.5 Conexionado

En esta sección del documento se detallará el conexionado del cuadro de domótica, incluyendo el cableado desde la toma de corriente de línea desde el cuadro eléctrico hasta los propios elementos. A causa de las grandes dimensiones que poseería el esquema eléctrico real debido a la multitud de mecanismos conectados, se ha decidido hacer un esquema simplificado que muestre como se realizan las conexiones a cada uno de los elementos, pudiendo ser replicada la instalación real completa utilizando las tablas de conexionado de elementos del Anexo B. A continuación se fragmenta en diferentes puntos las conexiones existentes en la instalación para ser vistas en más detalle:

- **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 mejorando 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 entrara 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.

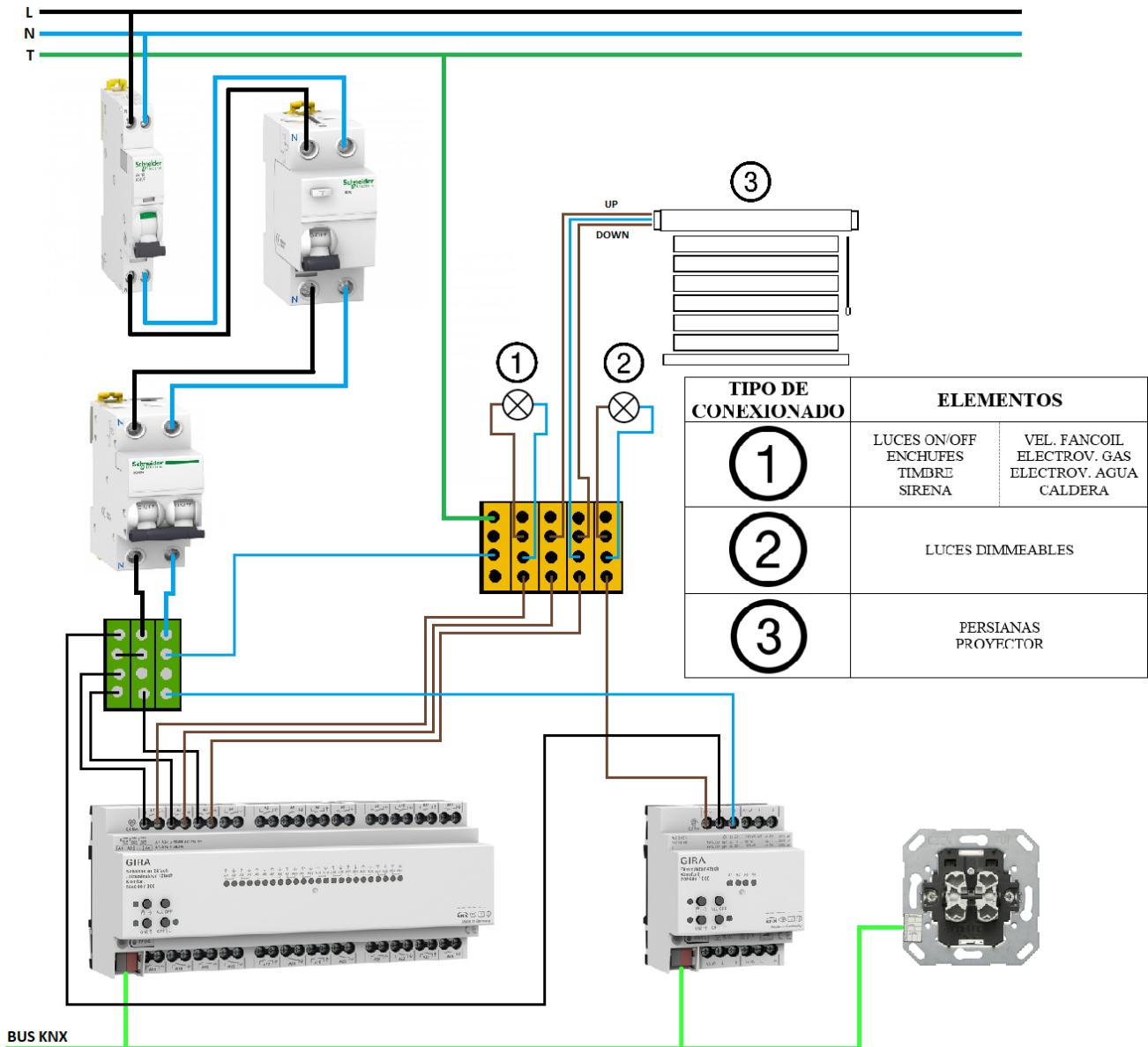


Figure 5.25: Conexión actuadores reguladores y binarios y persianas

• 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. Todas estas lecturas serán transmitidas a través del cable de bus KNX al requerir sus valores a través de la pantalla o la aplicación móvil.

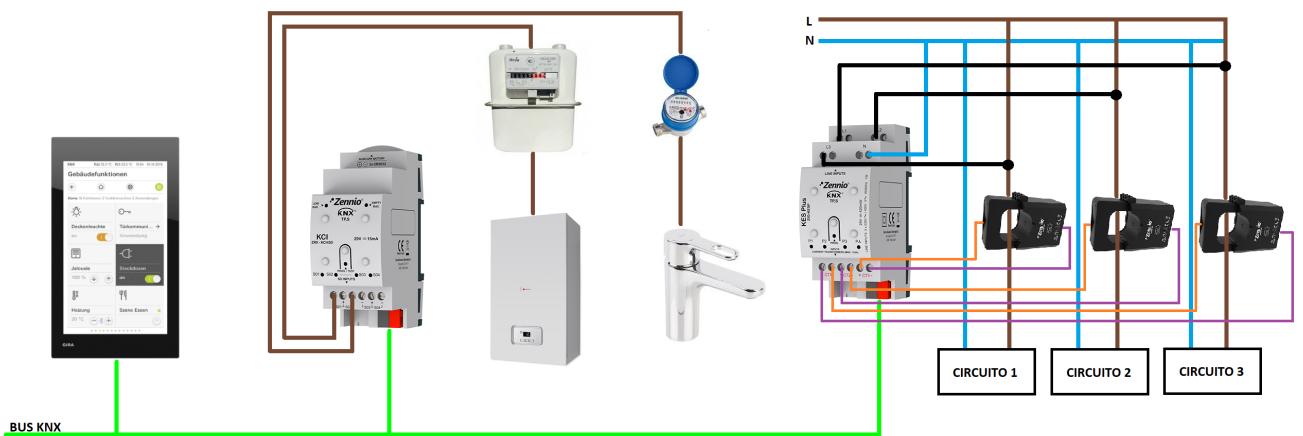


Figure 5.26: Conexión módulos de medidas de consumo

• Climatización

Las conexiones que se dan para los módulos encargados de la sección de climatización se dividen en bloques diferenciados por los efectores que actúan en cada uno de ellos. En primer lugar encontramos el conexionado existente para regular la apertura de las válvulas reguladoras de caudal del agua caliente que fluye a través del suelo radiante. El modulo regulador que lo controla vendrá alimentado, fase y neutro, desde las bornas de distribución conectadas al automático correspondiente. Este módulo precisa de una fuente de alimentación externa para poder controlar el porcentaje de apertura de las válvulas, por lo que su toma de alimentación también se conectará a las acometidas de fase y neutro, ya que estas válvulas necesitan alimentación de 230V para cumplir con su propósito. De cada una de sus seis salidas, saldrán el cable de tensión regulada y el de neutro hasta una borna de paso, de donde a su vez, será cableada cada una de las válvulas de regulación del suelo radiante.

En cuanto al módulo regulador de rejillas, este será alimentado desde una de las bornas de distribución, para así poder controlar la apertura de las mismas. Para la consecución de este objetivo, este módulo dispone de una clavija de ajuste de la tensión de salida que permite elegir entre alimentar las rejillas con 12 ó 24 voltios, siendo la primera opción la requerida para el modelo de rejillas adquirido. Esta tensión llegará a las rejillas a través de una borna de paso.

Por último, la pasarela para el control de la máquina de fancoil será instalada en el bus propio del sistema de aerotermia, conectada en paralelo entre el mando de control y la propia máquina. Todas estas órdenes serán transmitidas

a través del cable de bus KNX al actuar sobre los termostatos, la pantalla o la aplicación móvil.

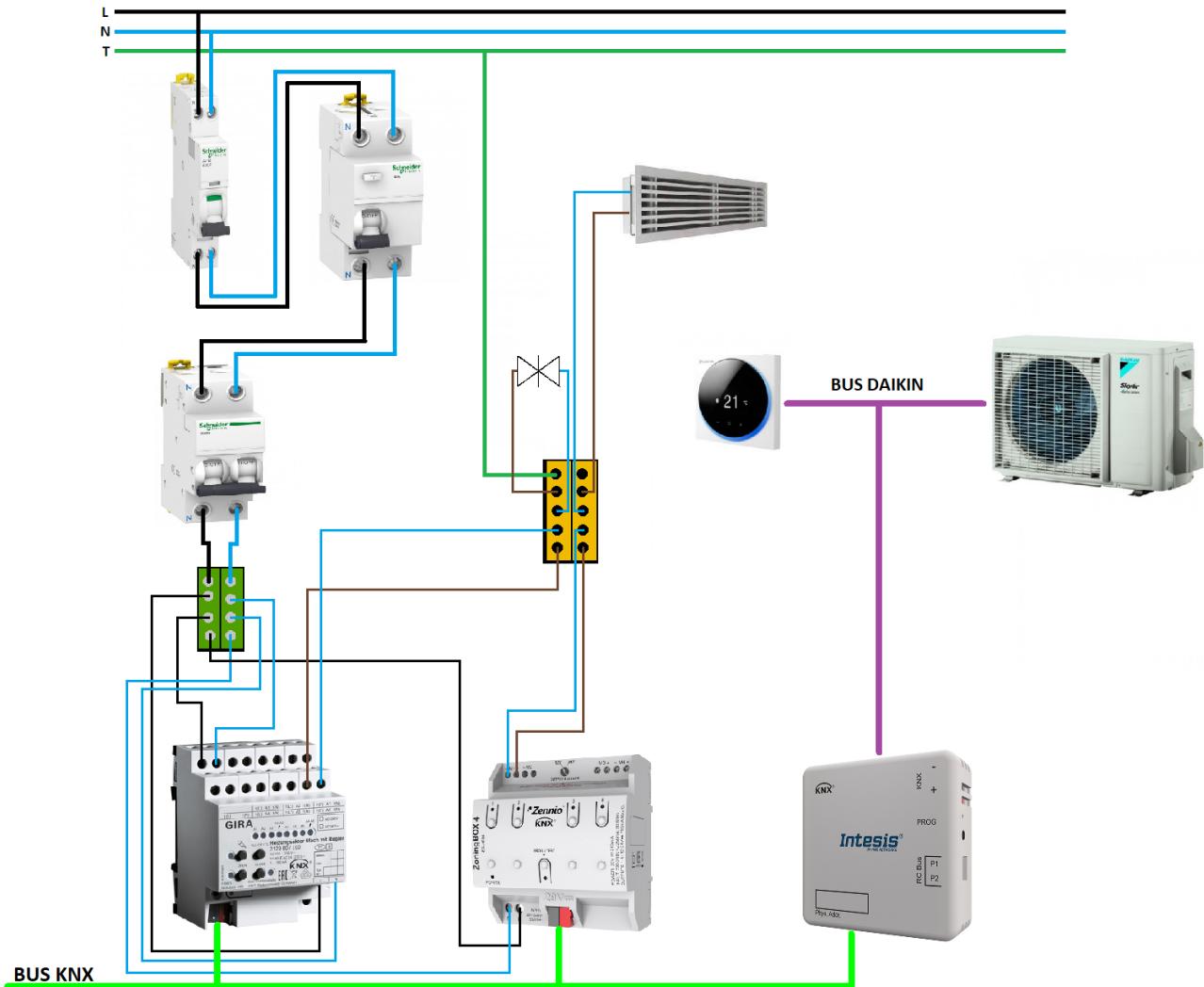


Figure 5.27: Conexión módulos de climatización

• Módulos sensoriales

Las conexiones, para el conjunto de módulos sensoriales que componen el sistema, al tratarse de módulos con la tecnología KNX integrada, serán bastante sencillas. Tanto el sensor de CO₂ como los sensores de movimiento y presencia irán directamente conectados al bus KNX, y desde ahí transmitirán al resto de elementos la información sensada. En cuanto al sensor de humo, lleva acoplado en su interior el módulo que le permite transmitir vía KNX tanto la alarma térmica como la de humo, por lo que tampoco tiene ningún otro cableado.

Por otro lado encontramos los sensores de inundación y de ventana abierta/cerrada, que de manera similar deben ir conectados a sendos módulos que permitan

su comunicación a través del bus KNX. Al tratarse de sensores que funcionan cerrando un circuito eléctrico, su cableado consistirá simplemente en que uno de sus polos se encuentre conectado a la señal de referencia emitida por el módulo de entrada al que se encuentra conectado, y el otro extremo a la señal de alimentación, creando así la diferencia de potencial que indicaría que han sensado humedad o el cierre/apertura de una ventana.

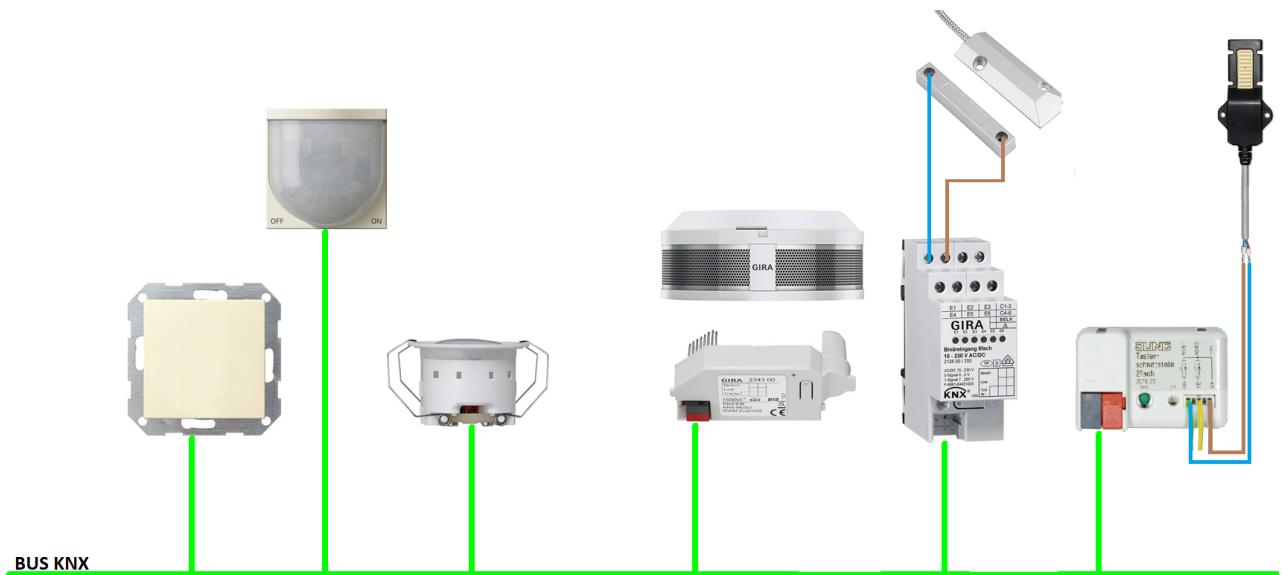


Figure 5.28: Conexionado módulos sensoriales

Chapter 6

Desarrollo del proyecto

En este capítulo se describe el desarrollo del proyecto

6.1 Direcciones de grupo y objetos de comunicación

Al utilizar el estándar de programación de KNX, será necesaria la creación de las direcciones de grupo del sistema, cuya función principal será la de actuar como nexo de comunicación entre los diferentes objetos de comunicación con los que cuentan los módulos. Todos los objetos de comunicación cuentan con seis *flags* distintos seleccionables en función de la ocupación que vayan a desarrollar, a saber:

- *C-flag*: es el *flag* de comunicación (*Communication*), y tal y como indica su nombre, su función será la de abrir y permitir el canal de comunicación hacia ese objeto de comunicación del módulo. Por lo general, es un *flag* que se encuentra activo en prácticamente todos los objetos, y solo será deshabilitado en situaciones muy concretas en las que su actuación sea crítica.
- *R-flag*: es el *flag* de lectura (*Read*), y permite al objeto de comunicación ser consultado por su valor, como si de una variable de programación se tratase. Este *flag* se encuentra activo principalmente en aquellos objetos que devuelven el estado de un parámetro del sistema, como por ejemplo, el estado en que se encuentra una de las salidas de un actuador ON/OFF. Cuando otro objeto trate de comunicarse con él, contestará con el valor actual en el que se encuentra, 0 ó 1, siguiendo con el ejemplo anterior, pero pudiendo ser un valor de la posición en porcentaje de apertura de una ventana o el valor de la temperatura de consigna establecida en ese momento en el módulo. Son usados para representar el estado de las variables en una interfaz gráfica para poder ser consultados por el usuario.
- *T-flag*: se trata del *flag* de transmisión (*Transmit*), el cual cuenta con bastante similitud con el *R-flag*, con la salvedad de que este objeto no espera a ser consultado para enviar su valor, sino que lo enviará siempre que se produzca un cambio de valor en él. Un ejemplo de este comportamiento, lo podemos encontrar en los objetos de comunicación que reciben el estado de un sensor, enviando la actualización de su valor en cuanto que esta se produce.
- *W-flag*: es el *flag* de escritura (*Write*), y será aquel que recibe el valor de la variable desde los actuadores físicos, los *R-flag* o los *T-flag* y les permite sobrescribir su valor. Esto es muy útil a la hora de que exista varios puntos de

control de un mismo elemento y todos conozcan y se encuentren con el mismo valor, actuando a su vez sobre los elementos hardware de la instalación. Por ejemplo, al ejecutar una pulsación sobre un interruptor, este *flag* permitirá que el objeto de comunicación modifique su valor de 0 a 1, o viceversa, enviando la orden al actuador para que abra o cierre el relé correspondiente.

- *U-flag*: es el *flag* de actualización (*Update*), cuya misión es simplemente la de buscar de manera continua algún tipo de modificación en los estados, para así modificar su valor de manera automática. Estos *flags* no suelen ser muy utilizados en objetos de comunicación que cuenten con *R-flag* o *T-flag*, ya que se producen bastantes errores al leerse a sí mismos, provocando bucles de realimentación de estado durante tiempos indefinidos, ocupando la línea de comunicación del bus, dando lugar a un colapso en ella. Se suelen activar con *W-flag*, permitiendo así su autoreescritura en cuanto se produce algún cambio en sus asociaciones.
- *I-flag*: se trata del *flag* que permite al objeto de comunicación adoptar un valor al inicio (*Initialization*) de su funcionamiento o tras una caída en la tensión del bus o cualquier otro problema relacionado con la perdida de comunicación del módulo con el resto del sistema.

Todos estos *flags* pueden ser activados en todos y cada uno de los objetos de comunicación, aunque su activación no implica que realmente vaya a cumplir con esa funcionalidad, ya que también se requiere que el hardware de su módulo pueda físicamente ejecutarlo. Un ejemplo del comportamiento más usual en las comunicaciones con protocolo KNX lo vemos representado en la Imagen 6.1, donde podemos ver que el objeto de comunicación textit ON/OFF Luz Cocina se inicializa con el valor 0 preprogramado gracias a su *I-flag* y se envía la orden al actuador por tener el textit W-flag activo. Una vez que el actuador, en este ejemplo, abra el relé, el objeto de comunicación textit STD ON/OFF Luz Cocina recoge el estado en que se encuentra esa salida debido a que este objeto tiene en funcionamiento su *R-flag*. De este objeto de comunicación se harán lecturas de ese valor desde otros objetos de comunicación que se encuentren ligados a él en la misma dirección de grupo, como pueden ser los LEDs de dos pulsadores y un ícono de la interfaz gráfica que representan este estado, que gracias a su *W-flag*, actualizarán su valor a 0.

Si ahora se pulsase el pulsador P1, este escribiría un 1 en el objeto de comunicación textit ON/OFF Luz Cocina, lo que provocaría que el actuador cerrase el relé, permitiendo la circulación de la corriente y por tanto, el encendido de la bombilla. En ese momento, el objeto de comunicación textit STD ON/OFF Luz Cocina detecta el cambio de estado de la salida del actuador, y actualiza su valor a 1, volviendo a permitir que, no solo P1, si no también P2 y la pantalla, actualicen su estado y enciendan sus LEDs informativos y el ícono cambiase a su representación de luz encendida. De esta manera el usuario es capaz de conocer el estado de un elemento de manera remota. Si ahora se diese el caso de que se pulsase el pulsador P2 o se actuase desde la pantalla, al conocer el estado en que se encuentra actualmente la luz, enviarán el valor contrario mediante una acción de textit switch, en este caso 0, volviendo a actuar sobre el actuador pero a la vez informando al resto de módulos del estado de ese elemento, tal y como sucedió al actuar sobre P1.

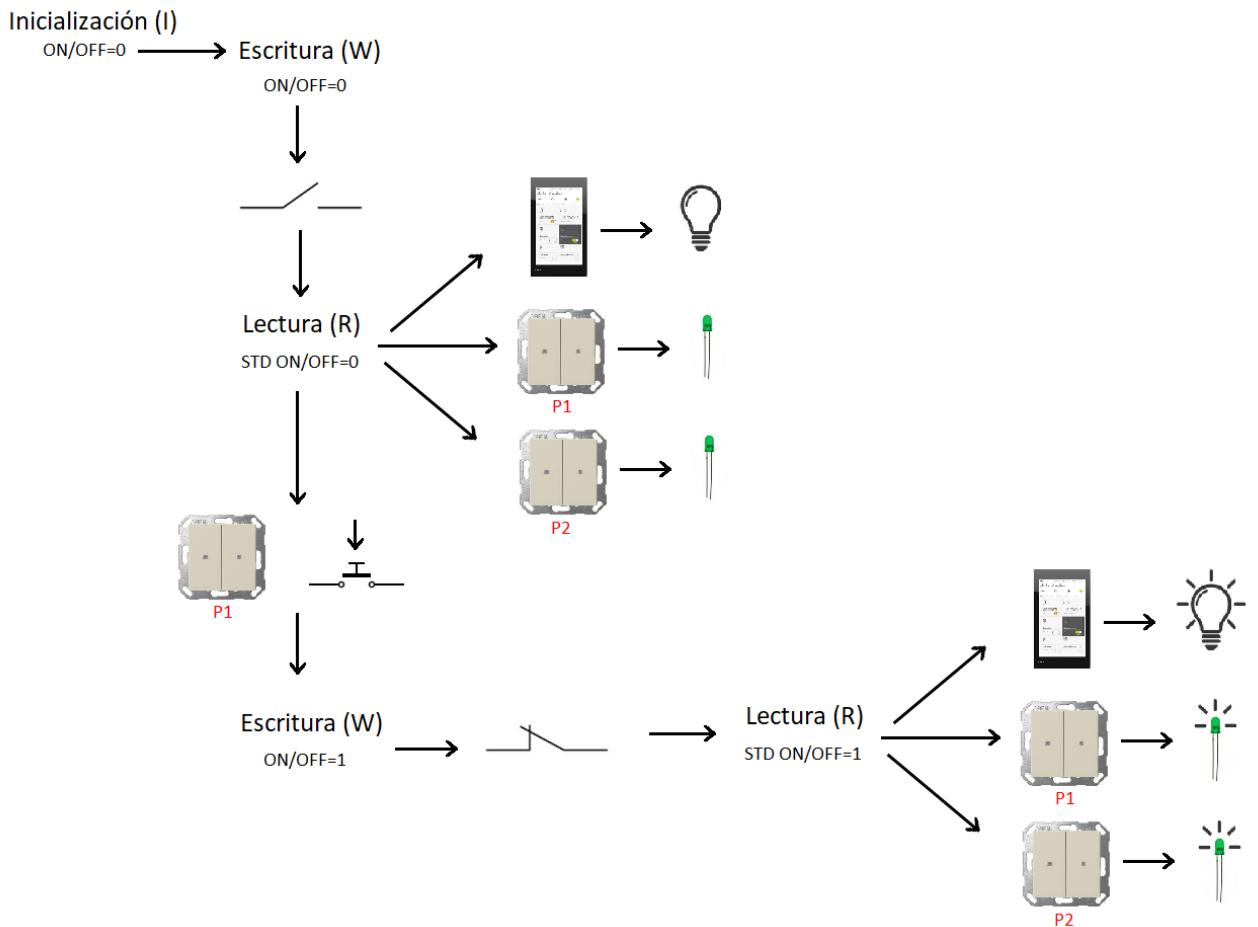


Figure 6.1: Diagrama uso de flags

Como se comentaba al comienzo de este capítulo, los objetos de comunicación de los mecanismos se comunican entre sí al linkarse a la misma dirección de grupo, como es el caso de los LEDs de los pulsadores y el ícono de la pantalla, que están linkados a la dirección de grupo denominada textit ON/OFF Luz Cocina. Estas direcciones han de ser creadas por el programador en función de las tareas y acciones que deseé realizar en la instalación. Para una mayor organización, el software ETS5 ofrece tres niveles de dirección de grupo: el principal, que da información acerca de que sección se controla, uno intermedio, que anuncia que funcionalidad se ejecuta, y finalmente las propias direcciones de grupo, que llevarán el nombre concreto del efecto y la función que utiliza. Siguiendo con el ejemplo de la Imagen 6.1, el nivel superior llevaría el nombre de textit Iluminación con el número 1, el intermedio textit ON/OFF con la identificación 1/1, y finalmente, y tal como se comentó, la dirección de grupo será nombrada como textit ON/OFF Luz Cocina, con tipificación 1/1/1. De esta manera, se establece una jerarquía organizativa que permite a los instaladores o incluso programadores futuros que modifiquen el proyecto, localizar las direcciones de grupo de manera más intuitiva y sencilla.

En este proyecto se ha creado la siguiente jerarquía de organización para contener todos los objetos de comunicación que van a ser utilizados durante el funcionamiento de la instalación:

- 0 General
 - 0/1 Escenas
 - 0/2 Parámetros del sistema
- 1 Iluminación
 - 1/1 ON/OFF
 - 1/2 STD ON/OFF
 - 1/3 DIMMING
 - 1/4 VALOR DIMMING
 - 1/5 STD VALOR DIMMING
- 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
- 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
- 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
- 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 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
- 7 Detectores y efectores
 - 7/1 ON/OFF ELECT. VALV.
 - 7/2 STD ELECT. VALVULAS
 - 7/3 SIRENA HUMO
 - 7/4 STD SIRENA HUMO
 - 7/5 STD DETECTORES
- 8 Centralizados
 - 8/1 ILUMINACION
 - 8/2 CLIMA
 - 8/3 PERSIANAS

A continuación, se realiza una breve explicación de que significa cada una de estas direcciones de grupo de nivel medio para facilitar la comprensión de esta clasificación:

- Estados: por norma general, todas las direcciones de grupo de acciones llevan asociada una dirección de estado, nombradas como STD y que contienen el mismo tipo de variables, para realizar la lectura del estado del efecto que ha sido modificado. Serán del mismo tamaño que la acción a la cual se encuentran referenciadas.
- Dimming: este tipo de datos será el encargado de enviar los telegramas que indican a los mecanismos si deben “subir” o “bajar”, como es el caso de la posición de una persiana o el de regular la intensidad de una bombilla. Cuentan con un tamaño de 4 bits.
- Up/Down: envía la orden de subir o bajar mediante el envío de un 0 ó un 1, por lo que su longitud de paquete será de 1 bit.
- Step/Stop: permite enviar un telegrama que indique al mecanismo que debe para en su regulación o dar un “paso” preajustado (normalmente del 12.5% del total), tanto de “subida” como de “bajada”. Su tamaño es de 1 bit.
- Valor dimming o posición: esta dirección permitirá al usuario enviar un valor porcentual concreto al elemento regulable, para establecer su nivel de “subida” y “bajada” en una posición concreta. Por ejemplo, permite enviar un “50%” a una lámpara, para que se regule a la mitad de su máxima intensidad lumínica. En esta ocasión, el tamaño de esta variable será de 1 byte, ya que se requerirá mayor espacio para enviar el valor del porcentaje con una precisión de 1/256.
- Temperaturas: esta clase de direcciones permitirá transmitir valores de tipo temperatura, que contarán con 2 bytes de memoria para permitir los valores decimales, ofreciendo así la posibilidad de regular con mayor precisión las temperaturas deseadas en la vivienda. Valores de lectura: estos parámetros son utilizados para hacer lecturas de los sensores implementados en el sistema. Debido a la gran variedad de estos, no poseen un tamaño fijo y su valor fluctuará desde 1 bit, como en el caso de un sensor de detección de ventana abierta/cerrada, hasta un máximo de 4 bytes, como en la lectura del caudal de gas.
- Centralizados: este tipo de dirección permite agrupar diversos objetos de comunicación para que los mecanismos se comporten todos de la misma manera en el mismo instante. Su funcionalidad es totalmente abierta, y por tanto su tamaño dependerá de la acción que se ejecute. Los centralizados son utilizados en este proyecto para realizar un apagado general del sistema de iluminación (1bit) o para hacer un control sobre la posición de todas las persianas (1 byte), permitiendo así situarlas todas en la misma posición proporcional.
- Escenas: estas direcciones tienen una lógica similar a la de los centralizados, con la salvedad de que estos permiten enviar diferentes órdenes a los mecanismos de manera simultánea. Una escena que se ha programado en este proyecto, recibe el nombre de “Salir de casa”, y en ella se ejecuta el apagado de todas las luces de la vivienda, se bajan todas las persianas y se desactiva el recuperador de CO₂.

6.2 Programación de los mecanismos

Una vez explicada la base de trabajo de la programación, en este capítulo se pasará a comentar el linkado que se ha establecido entre los diferentes objetos de comunicación de los módulos instalados en la vivienda y las direcciones de grupo creadas y comentadas con anterioridad. También se detallarán los bloques lógicos creados para satisfacer los requisitos del cliente en aquellas ocasiones que los objetos de comunicación predefinidos de los módulos no llegan al alcance requerido de precisión o funcionalidad, y por tanto, es necesaria la implementación de una programación complementaria. Los bloques lógicos son una variedad de funciones del tipo *drag and drop* que ofrece el servidor X1 y permite crear entramados complejos de pautas de funcionamiento mediante la asociación de “*cajas lógicas*” que manipula, transforma o asocia direcciones de grupo. En esta sección se explicará en detalle también la lógica aplicada durante el diseño de estos bloques lógicos.

6.2.1 Iluminación

Esta sección entrelazará los pulsadores domóticos con los actuadores, tanto binarios como reguladores, a través del bus KNX para poder actuar sobre el sistema de iluminación de la vivienda a través de la dirección de grupo ON/OFF. A las teclas de los pulsadores que se encargarán del apagado, encendido y regulación de luminarias, se les ha otorgado la funcionalidad de commutación con aplicación de tipo “*switch*”, permitiendo así el envío del valor binario adecuado (contrario al existente en el momento) al accionar el pulsador. Por otro lado, se han programado ambas clases de actuadores para que en caso de caída de tensión en el bus, recuperen de su *stack* de memoria el último valor en el que se encontraban las luces previamente.

El funcionamiento básico de esta sección hace de su programación una tarea sencilla y sin ningún tipo de complejidad, pero por solicitud del cliente ha sido necesario implementar un complejo bloque lógico para lograr controlar las lámparas dimmables desde el único punto de los pulsadores KNX. El funcionamiento esperado sigue las siguientes pautas: con una pulsación larga, la lámpara comienza a aumentar su intensidad lumínica si la acción durante la última pulsación larga había sido reducir el valor lumínico. Por el contrario, si la última acción había sido aumentar de tensión, al realizar una pulsación larga, debe comenzar a descender su intensidad.

Por otro lado, y en cuanto a la pulsación corta, si se da mientras no se esté ejecutando ninguna regulación: si la luz se encuentra encendida, pasará a estar apagada, mientras que si se encontraba apagada, regulará de manera automática y progresiva la intensidad lumínica hasta el valor guardado en el *stack* de memoria en el momento de parar la regulación.

El diagrama de bloques diseñados en el módulo X1 es el siguiente:

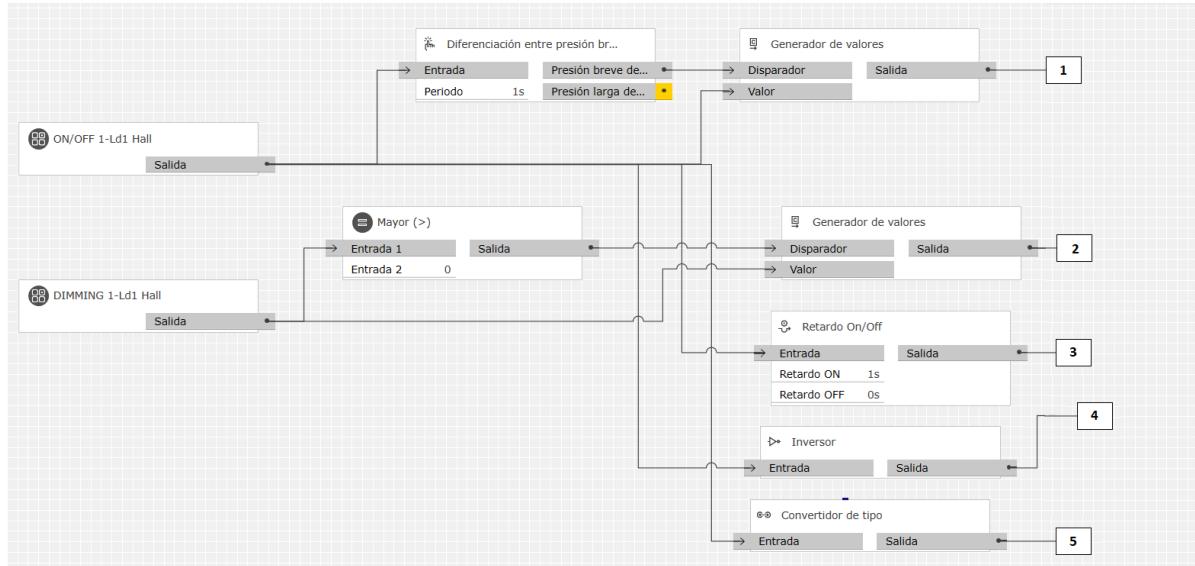


Figure 6.2: Módulo lógico DIMMER (1^a Parte)

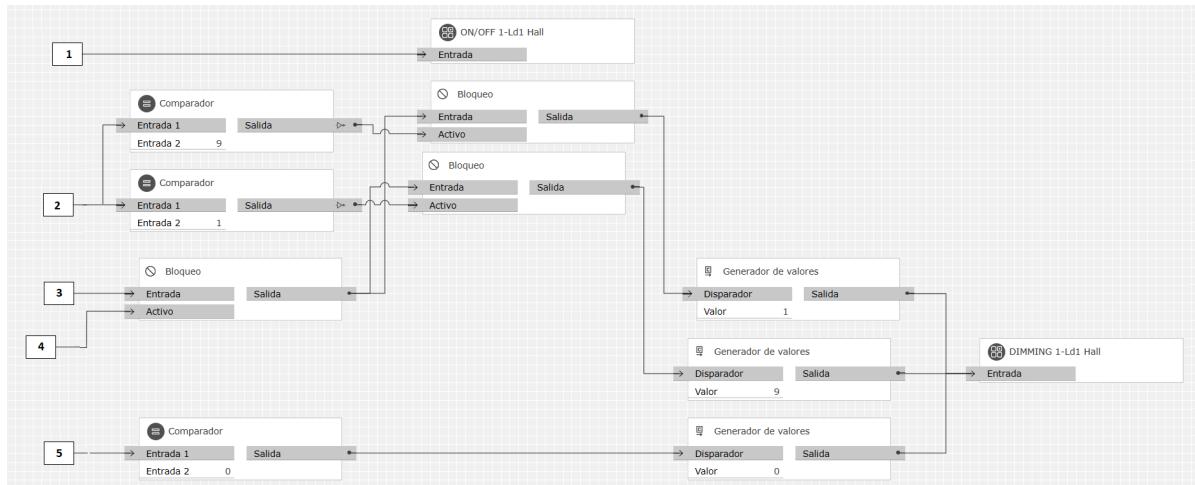


Figure 6.3: Módulo lógico DIMMER (2^a Parte)

En él podemos encontrar dos entradas de datos: la señal de ON/OFF de la luminaria y la orden de DIMMER, que atacarán a sus homólogos de las salidas, una vez realizadas todas las secuencias del bloque lógico, que a continuación será descrito:

Por un lado, la señal de ON/OFF se envía a un bloque lógico capaz de diferir entre una pulsación larga de una corta, preestableciendo el valor que las diferencia durante su programación, en este caso, de un segundo. Este bloque ha sido programado para que únicamente se obtenga una señal de salida de valor “1” cuando la pulsación que es detectada es breve, y es enviada al disparador de un bloque Generador de valores. Este bloque tiene la función de que en el momento que recibe un “1” por su puerto “Disparador”, envíe el valor recibido por su puerto “Valor”, que en este caso, es la propia señal de ON/OFF de la entrada. Este valor será recibido por un bloque de salida, que es el encargado de modificar el valor de la propia dirección de grupo ON/OFF de la lámpara.

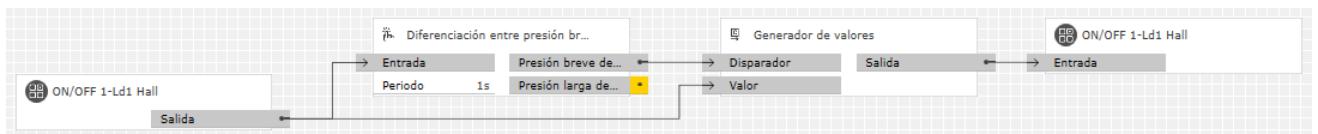


Figure 6.4: Módulo lógico DIMMER: bloque 1

Con estos módulos lo que se logra simular es el encendido y apagado de la bombilla regulada desde el actuador de regulación al hacer una pulsación corta sobre el pulsador domótico.

A continuación, encontramos la segunda entrada, en este caso apuntando hacia la dirección de grupo DIMMING, la cual, en primera instancia, entrará a un bloque lógico Comparador. Este bloque se ha configurado para que su salida sea un “1” cuando el valor de entrada sea mayor que 0. Tanto para el valor de subida como de bajada, el valor de este telegrama será mayor de 0, respectivamente y en valores binarios, 101 y 001. En estos dos casos, la salida del comparador será un “1”, que irá direccionado al puerto “Disparador” de otro bloque Generador de valores, cuyo valor de salida al activarse será el propio valor de la entrada de DIMMER.

Este valor será enviado a dos bloques Comparadores, uno programado para identificar unos y otro para nueves, cuyas salidas irán invertidas y direccionaladas a la entrada de activación de un módulo de Bloqueo cada una. Estos módulos tienen un funcionamiento bastante sencillo e intuitivo: actúan como de buffer de datos, que entran por su puerto “Entrada”, siempre que reciban un “0” por su puerto “Activo”, puesto que si por el contrario reciben un “1”, bloquearan el envío de ese valor.

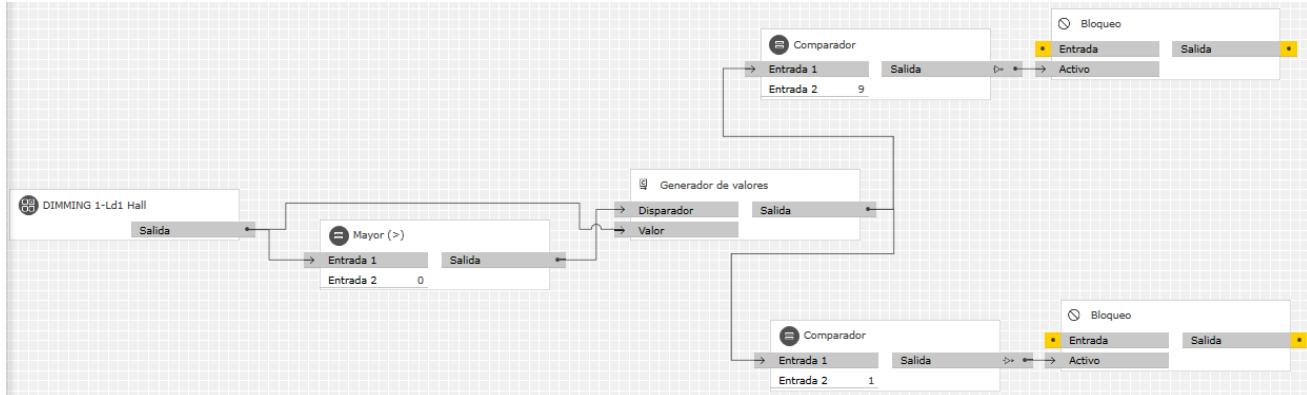


Figure 6.5: Módulo lógico DIMMER: bloque 2

Por otro lado, los valores que se envían una vez que estos módulos de Bloqueo son desactivados provienen del tratamiento de la entrada ON/OFF. Esta señal en primer lugar pasará por un bloque lógico de Retardo ON/OFF, el cual permite seleccionar el tiempo de retardo del envío de las señales de ON/OFF, que en esta ocasión únicamente se ha establecido en 1 segundo para el ON, manteniendo el envío instantáneo para el OFF. A continuación, estos valores irán a la entrada de otro módulo de Bloqueo, cuya señal de activación es el valor invertido de la propia señal ON/OFF al pasar a través de un bloque Inversor, logrando así únicamente transmitir el “1” generado al activar la señal de ON/OFF, siendo este “1” las señales de entrada y valor a transmitir de los módulos de Bloqueo activados por los bloques Comparadores de unos y nueves mencionados anteriormente, cuya función era la de activarlos y desactivarlos. Una vez que estos bloques se encuentran desactivados y permiten el paso del valor, este se dirige a la entrada disparador de un Generador de señales, uno por cada módulo de Bloqueo, que transmitirán un uno o un nueve a la salida de DIMMING, según cuál de ellos sea activado.



Figure 6.6: Módulo lógico DIMMER: bloque 3

En último lugar, la señal de ON/OFF volverá a ser utilizada, siendo en primer lugar por un bloque Convertidor de tipo, configurado para obtener a su salida un valor binario de esta entrada. Una vez convertido, este valor pasará a un bloque Comparador programado para contrastar si el valor recibido es un “0”, y enviar un “1” al puerto disparador de un bloque Generador de valores, que enviará un cero a la salida de DIMMING una vez se dispare.

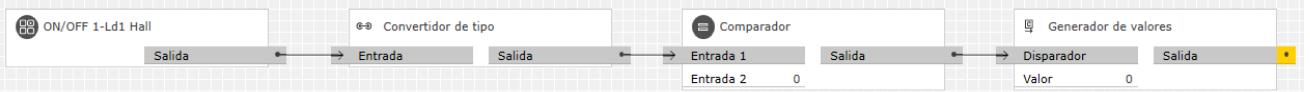


Figure 6.7: Módulo lógico DIMMER: bloque 4

Con la unión de los paquetes lógicos 2, 3 y 4 lo que se logra es hacer un envío cíclico y ordenado de los valores de dimming de subida y bajada de tensión, que serán alternados a través del uso de los paquetes 2 y 3, que enviarán alternativamente los valores “1” y “9” correspondientes con la orden de bajada y subida respectivamente, mientras que el valor “0” será enviado siempre a la salida de DIMMING cuando se produzca en la entrada ON/OFF, simplemente para que esa dirección de grupo actualice su estado de cara al próximo proceso de regulación de esa lámpara o bien para actualizar su estado en las interfaces gráficas que utiliza el cliente.

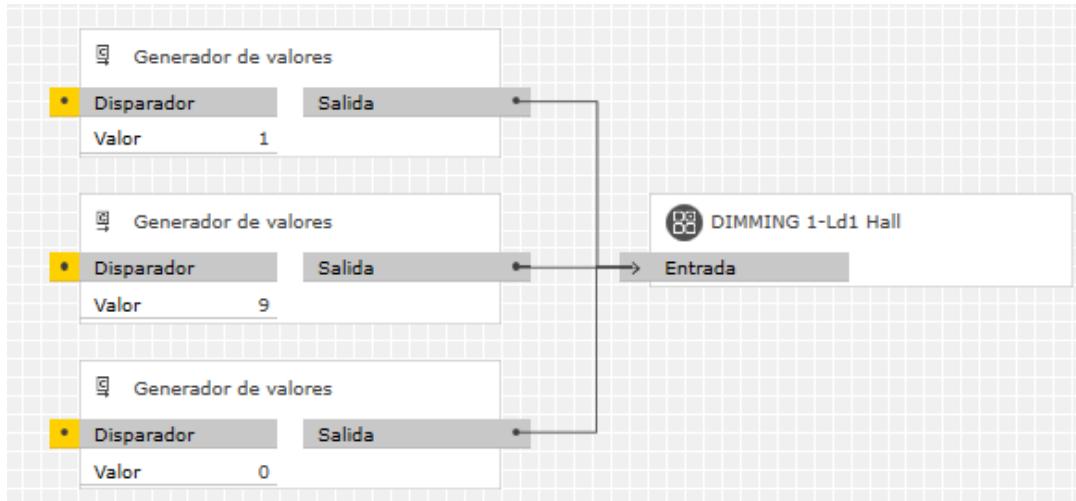


Figure 6.8: Módulo lógico DIMMER: bloque 5

En la siguiente imagen se muestra los linkados dados en las direcciones de grupo de una luminaria de tipo regulable:

Objeto *	Dispositivo	En	Tipo de Dato: C R W T U Pr Programa	Longitud	Priorid	Dirección de Grupo	Descripción
1/1/1 ON/OFF 1-Ld1 Hall							
■1: tecla basculante derecha - comutación	1.1.31 Pulsador 1 Hall doble KNX S	C - W T -	ac...comutación, regu...1 bit	Bajo	1/1/1	ON/OFF 1-Ld1 Hall	
■2: tecla basculante derecha - comutación	1.1.32 Pulsador 2 Hall doble K... S	C - W T -	ac...comutación, regu...1 bit	Bajo	1/1/1	ON/OFF 1-Ld1 Hall	
■3: Canal de regulación de luz 1 (...) - entrada ...	1.1.6 Regulador 4 elementos Si...S switch	C - W - U A...	Regulación de luz... 1 bit	Bajo	1/1/1, 8/1/1	ON/OFF 1-Ld1 Hall	
1/2/1 STD ON/OFF 1-Ld1 Hall							
■32: Canal de regulación de luz 1 (...) - salida ...	1.1.6 Regulador 4 elementos Si...S switch	C R - T U A...	Regulación de luz... 1 bit	Bajo	1/2/1	STD ON/OFF 1-Ld1 Hall	
1/3/1 DIMMING 1-Ld1 Hall							
■34: Canal de regulación de luz 1 (...) - entrada ...	1.1.6 Regulador 4 elementos Si...S dimming con... C - W - U A...	Regulación de luz... 4 bit	Bajo	1/3/1	DIMMING 1-Ld1 Hall		
1/4/1 VALOR DIM 1-Ld1 Hall							
■35: Canal de regulación de luz 1 (...) - entrada ...	1.1.6 Regulador 4 elementos Si...S percentage (... C - W - U A...	Regulación de luz... 1 byte	Bajo	1/4/1	VALOR DIM 1-Ld1 Hall		
1/5/1 STD VALOR DIM 1-Ld1 Hall							
■36: Canal de regulación de luz 1 (...) - salida ...	1.1.6 Regulador 4 elementos Si...S percentage (... C R - T U A...	Regulación de luz... 1 byte	Bajo	1/5/1	STD VALOR DIM 1-Ld1 H...		

Figure 6.9: Programación genérica de la sección de Iluminación

6.2.2 Persianas/ventanas

Como ya se comentó en la sección 6.1, las persianas y ventanas harán uso de 4 direcciones de grupo: UP/DOWN, STEP/STOP, VALOR y STD VALOR, que se encuentran linkadas entre los pulsadores y el actuador a través del bus. Las salidas del actuador destinadas a realizar esta función de regulación, han sido configuradas con el modo persiana, del tipo persiana enrollable o toldo. Una vez aplicado este modo de funcionamiento a las salidas del actuador, se permite el ajuste de varios de los parámetros, como es el caso de los tiempos de actuación de cada persiana: se deberá cronometrar los tiempos de bajada y subida de estas, para que así, el sistema sea capaz de enviar un valor porcentual del nivel de bajada en función del tiempo que se haya encontrado en funcionamiento, ya que el motor de la persiana no cuenta con ningún control de posición absoluto en su encoder o sistema de cuantificación de movimiento. Con la intención de dar un ajuste más fino, se implementa un parámetro que permite añadir un tiempo adicional al tiempo de subida de la persiana, para así compensar las diferencias de tiempo de recorrido que pueden encontrarse debido al elevado peso de las lamas que componen las persianas. Estas salidas han sido programadas para enviar una orden de paro tras la caída de tensión del bus, con la intención de evitar daños en su estructura, que podrían venir causados por el desconocimiento de la posición real de las persianas por parte del sistema y hacer que estas se descuelguen o se salgan de sus rieles en el caso de que los finales de carrera no se encuentren operativos o bien ajustados.

Finalmente, la programación de una ventana o persiana controlada domóticamente se vería tal y como se muestra en la siguiente imagen, donde se aprecia una captura de pantalla de la programación en el software ETS5:

Objeto ^	Dispositivo	En	Tipo de Dat	C	R	W	T	U	Producto	Programa	Longitu	Priorida	Dirección de Grupo	Descripción
2/1/1 UP/DOWN B1 Baño Silva														
2/1/1: tecla basculante - modo de... 1.137 Pulsador 2 Cocina doble... S		C	-	W	T	-			acoplado... conmutación, regu...1 bit	Bajo	2/1/1		UP/DOWN B1 Baño Silva	
2/1/2: tecla basculante - modo de... 1.144 Pulsador 2 Baño Silva d... S		C	-	W	T	-			acoplado... conmutación, regu...1 bit	Bajo	2/1/1		UP/DOWN B1 Baño Silva	
2/2/1: Persiana 19 + 20 (...) - entr... 1.13 Actuador de 24 elemento... S	up/down	C	-	W	-	U			Actuador... Conmutación, per... 1 bit	Bajo	2/1/1		UP/DOWN B1 Baño Silva	
2/2/1 STEP/STOP B1 Baño Silva														
2/2/1/0: tecla basculante - modo de... 1.137 Pulsador 2 Cocina doble... S		C	-	W	T	-			acoplado... conmutación, regu...1 bit	Bajo	2/2/1		STEP/STOP B1 Baño Silva	
2/2/1/1: tecla basculante - modo de... 1.144 Pulsador 2 Baño Silva d... S		C	-	W	T	-			acoplado... conmutación, regu...1 bit	Bajo	2/2/1		STEP/STOP B1 Baño Silva	
2/2/1/2: Persiana 19 + 20 (...) - entr... 1.13 Actuador de 24 elemento... S	step	C	-	W	-	U			Actuador... Conmutación, per... 1 bit	Bajo	2/2/1		STEP/STOP B1 Baño Silva	
2/3/1 VALOR B1 Baño Silva														
2/3/1/0: Persiana 19 + 20 (...) - entr... 1.13 Actuador de 24 elemento... S	percentage...	C	-	W	-	U			Actuador... Conmutación, per... 1 byte	Bajo	2/3/1		VALOR B1 Baño Silva	
2/4/1 STD VALOR B1 Baño Silva														
2/4/1/0: Persiana 19 + 20 (...) - sali... 1.13 Actuador de 24 elemento... S	percentage...	C	R	-	T	U			Actuador... Conmutación, per... 1 byte	Bajo	2/4/1		STD VALOR B1 Baño Silva	

Figure 6.10: Programación genérica de la sección de Persianas

6.2.3 Climatización

Esta sección se trata de la que posee una mayor complejidad a la hora de programar debido a que debe integrar los numerosos módulos que la componen y por ello se ha creado el siguiente esquema simplificado para facilitar su comprensión:

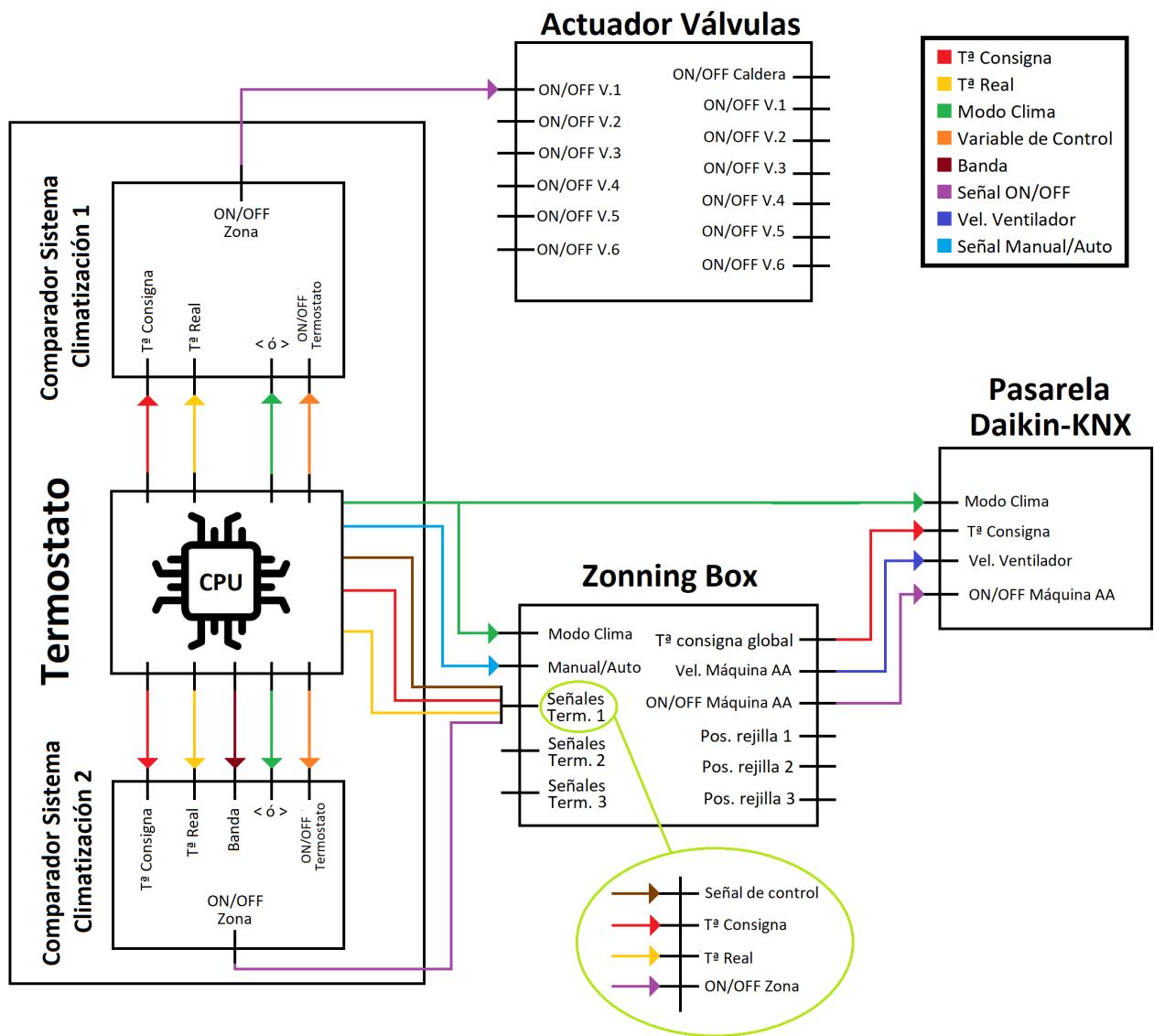


Figure 6.11: Esquema linkado sistema de climatización

A la izquierda de la Imagen 6.11 uno de los termostatos a instalar en la vivienda. En su interior podemos encontrar su módulo de procesamiento, por el cual recibirá y retransmitirá todas las variables que componen el sistema de climatización enviadas desde la aplicación móvil, el X1 o desde sus propios pulsadores accionados por el cliente.

Las variables que maneja serán las siguientes:

- **Modo clima:** es el parámetro que indica al sistema si debe actuar controlando la temperatura de la vivienda en modo verano o generador de frío, o por el contrario, lo hará en modo invierno o generando calor. Tendrá un tamaño de 1 bit, asegurando así que el sistema no se encuentre en una situación de dualidad, pudiendo provocar errores o incluso el daño de los equipos de aerotermia. Será seleccionado por el usuario a través de la aplicación o del G1.

- **Temperatura real:** será el valor medido de la temperatura de la habitación por el termómetro interno del termostato instalado en ella. Tendrá un tamaño de 2 bytes.
- **Temperatura de consigna:** esta variable de 2 bytes reflejará el valor deseado por el cliente de temperatura en una determinada habitación y será seleccionada a través de los pulsadores de cada termostato o bien desde la aplicación o del G1. Como se explicó en la sección 5.3.7, se ha optado por un control de tipo PI para lograr que la temperatura real logre igualarse a la de consigna.
- **Banda:** este parámetro marcará la diferencia de temperatura requerida para que el sistema secundario de climatización comience a actuar en el modo de clima generador de calor. Es decir, si la banda tiene su valor fijado en 3ºC y la temperatura de consigna de la habitación es de 25ºC, la CPU no enviará una señal de encendido si la temperatura real se encuentra por encima de los 22ºC, de igual manera que si el sistema se encuentra muy por debajo de la consigna y pasado el rato supera el límite marcado por la banda, se enviará una señal de desconexión al sistema secundario de aerotermia. Al igual que las variables de temperatura, poseerá un tamaño de 2 bytes.
- **Variable de control:** esta señal de 1 byte de tamaño será enviada a los controladores de los equipos de aerotermia indicando el porcentaje de apertura o demanda requerido por el sistema, en función de la magnitud de la diferencia entre las temperaturas real y de consigna de cada estancia.
- **Señal de ON/OFF:** se trata de una señal tipo todo/nada, es decir, 1 bit, que se enviará a los equipos en el momento en que haya demanda de calor o frío en las habitaciones y se cumplan los requisitos ya mencionados anteriormente.
- **Modo manual/automático:** esta señal binaria (1bit), permitirá al usuario elegir entre el control manual o automático de los ventiladores del fancoil.
- **Velocidad del ventilador:** esta señal, tal y como indica su nombre, marcará la velocidad a la que debe rotar el ventilador de la máquina de fancoil. Será enviada desde el módulo de actuación de rejillas si el usuario tiene seleccionado el modo automático, mientras que por el contrario, si se encuentra activado el modo manual, será el usuario a través de la aplicación o el G1 quien seleccione el nivel de velocidad deseado. Tendrá un tamaño de 1 byte.

6.2.4 Sistemas sensoriales

6.2.5 Control de consumos

6.2.6 Escenas y centralizados

6.2.7 Sistemas de visualización y protocolo de comunicación

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

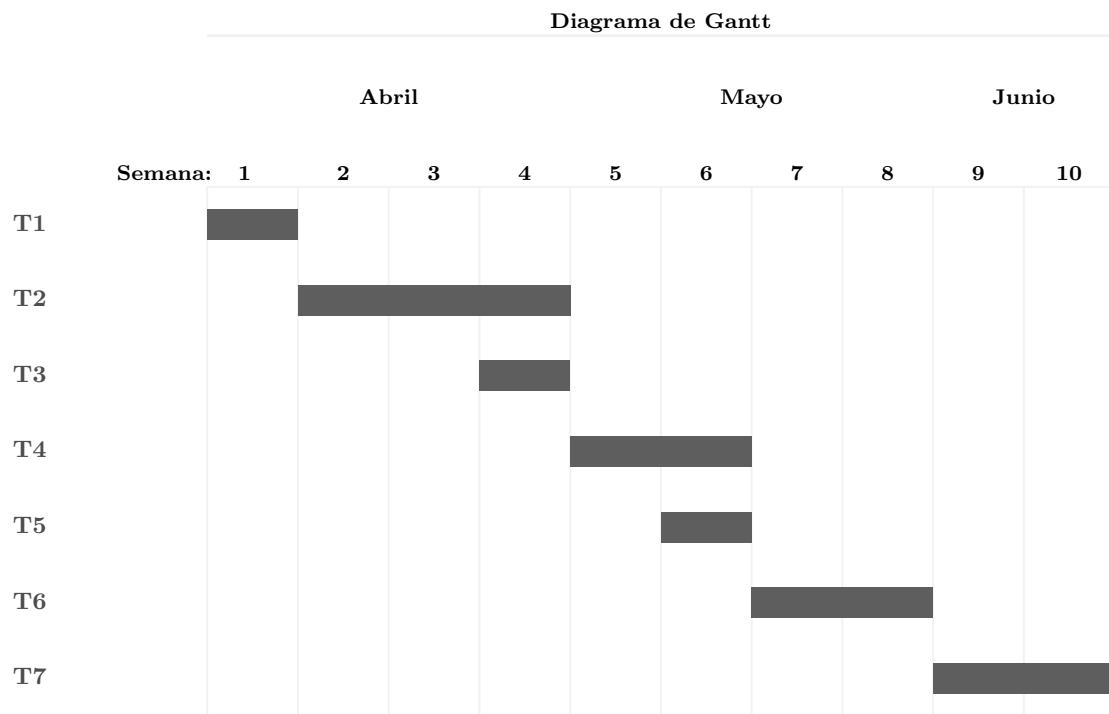


Table 8.1: Diagrama de Gantt

8.3 Recursos

8.3.1 Personal

Quien participa

8.3.2 Material

Quien lo proporciona

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 proporciona los módulos:

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 commutación 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

Conclusiones

Se presentan a continuación las conclusiones...

9.1 Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto...

9.2 Futuras líneas de trabajo y aplicación

Un posible desarrollo...

Appendix A

Anexo 1: Tablas de conexionado de los actuadores

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.1	Actuador 4 salidas ZoningBOX 4 CLIMATIZACIÓN Silva	M1	Rejilla Salón Silva
		M2	Rejilla Cocina Silva
		M3	Rejilla Dormitorio Silva
		M4	X

Table A.1: Conexiones módulo 1.1.1

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.2	Actuador 4 salidas ZoningBOX 4 CLIMATIZACIÓN Estrella	M1	Rejilla Salón Estrella
		M2	Rejilla Dormitorio 1 Estrella
		M3	Rejilla Dormitorio 2 Estrella
		M4	X

Table A.2: Conexiones módulo 1.1.2

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.5	Actuador 4 salidas Komfort 4 DIMMING LUZ Silva 1	A1	2-Ld1
		A2	2-Ld3
		A3	2-Ld4
		A4	2-Ld5

Table A.3: Conexiones módulo 1.1.5

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.6	Actuador 4 salidas Komfort 4 DIMMING LUZ Silva 2	A1	1-Ld1
		A2	4-Ld1
		A3	5-Ld1
		A4	6-Ld1

Table A.4: Conexiones módulo 1.1.6

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.3	Actuador 24 salidas Komfort 24 Silva	A1	1-Lo1
		A2	2-Ed3
		A3	3-Lo1
		A4	3-Lo2
		A5	4-Lo1
		A6	4-Lo2
		A7	4-Ed2
		A8	5-Lo1
		A9	6-Lo1
		A10	3-Ld1
		A11	X
		A12	X
		A13	X
		A14	X
		A15	X
		A16	X
		A17	X
		A18	X
		A19	Subir persiana Baño
		A20	Bajar persiana Baño
		A21	Cerradura
		A22	Timbre Silva
		A23	Sirena Silva
		A24	Electrov. Agua Silva

Table A.5: Conexiones módulo 1.1.3

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.4	Actuador 24 salidas Komfort 24 Estrella	A1	7-Lo1
		A2	7-Lo2
		A3	7-Lo3
		A4	7-Lo4
		A5	7-Ed2
		A6	7-Ed3
		A7	8-Lo1
		A8	8-Lo2
		A9	9-Lo1
		A10	10-Lo1
		A11	11-Lo1
		A12	12-Lo1
		A13	12-Lo2
		A14	12-Lo3
		A15	Velocidad 1 recuperador
		A16	Velocidad 2 recuperador
		A17	Velocidad 3 recuperador
		A18	Timbre Estrella
		A19	Sirena Estrella
		A20	Electrov. Agua Estrella
		A21	Caldera
		A22	Electrov. Gas
		A23	Subida proyector
		A24	Bajada proyector

Table A.6: Conexiones módulo 1.1.4

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.7	Actuador 4 salidas Komfort 4 DIMMING LUZ Estrella 1	A1	X
		A2	7-Ld1
		A3	7-Ld3
		A4	8-Ld1

Table A.7: Conexiones módulo 1.1.7

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.8	Actuador 4 salidas Komfort 4 DIMMING LUZ Estrella 2	A1	9-Ld1
	A2	10-Ld1	
	A3	11-Ld1	
	A4	12-Ld1	

Table A.8: Conexiones módulo 1.1.8

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.9	Actuador 6 salidas Actuador de calefacción Silva	A1	Salón Silva
		A2	Cocina Silva
		A3	Dorm. Silva
		A4	X
		A5	X
		A6	X

Table A.9: Conexiones módulo 1.1.9

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.10	Actuador 6 salidas Actuador de calefacción Estrella	A1	Salon Estrella
		A2	Dorm. 1 Estrella
		A3	Dorm. 2 Estrella
		A4	X
		A5	X
		A6	X

Table A.10: Conexiones módulo 1.1.10

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.61	Actuador 6 salidas Actuador de calefacción Silva	S1	Salón Silva
		S2	Cocina Silva
		S3	Dormitorio Silva
		S4	X
		S5	X
		S6	X
		OUT	Caldera

Table A.11: Conexiones módulo 1.1.61

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.62	Actuador 6 salidas Actuador de calefacción Silva	S1	Salón Estrella
		S2	Dormitorio 1 Estrella
		S3	Dormitorio 2 Estrella
		S4	X
		S5	X
		S6	X
		OUT	Caldera

Table A.12: Conexiones módulo 1.1.62

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.84	Actuador 6 entradas Silva 1	E1	
		E2	
		E3	
		E4	
		E5	
		E6	

Table A.13: Conexiones módulo 1.1.84

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.85	Actuador 6 entradas Silva 2	E1	
		E2	
		E3	
		E4	
		E5	
		E6	

Table A.14: Conexiones módulo 1.1.85

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.86	Actuador 6 entradas Estrella 1	E1	
		E2	
		E3	
		E4	
		E5	
		E6	

Table A.15: Conexiones módulo 1.1.86

Dir. Física	Dispositivo	Borna	Descripción
1.1.87	Actuador 6 entradas Estrella 2	E1	
		E2	
		E3	
		E4	
		E5	
		E6	

Table A.16: Conexiones módulo 1.1.87

Appendix B

Anexo 2: Tablas de conexionado

Se muestra a conasdsdcfzxcocumentador elegido es Doxygen.

Bibliography

- [1] A. Brunete, M. Hernando, and E. Gamba. 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.