



**Universitat de les  
Illes Balears**

Escuela Politécnica Superior

**Memoria del Trabajo de Fin de Grado**

# Gestión del control de alumbrado en el marco de una Smart Island

Sandra Semkine Callís

**Grado de Ingeniería Telemática**

Año académico 2017-18

DNI del alumno: X4866990Y

Trabajo tutelado por Pere Pons Bonafé  
Departamento de Física

Se autoriza a la Universidad incluir este Trabajo en el Repositorio Institucional para su consulta en acceso abierto y difusión en línea, con finalidades exclusivamente académicas y de investigación	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Palabras clave del trabajo:

Ciudades, sistema de control, KNX, Smart Island



# ÍNDICE GENERAL

<b>Índice general</b>	<b>i</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>vii</b>
<b>Introducción</b>	<b>ix</b>
Estructura del documento	x
Ficha Técnica	xi
<b>1 Memoria</b>	<b>1</b>
1.1 Datos Generales	1
1.1.1 Datos del Promotor	1
1.1.2 Datos del marco de actuación del proyecto	1
1.1.3 Objeto del Proyecto Técnico	3
1.2 Sistema de Control del Alumbrado Público	4
1.2.1 Elementos que constituyen la instalación	5
1.2.1.1 Descripción de la instalación	5
1.2.1.2 Topología de la instalación	8
1.2.1.2.1 Estructura del Sistema KNX en las Ciudades	11
1.2.1.2.2 Colocación y distribución de los sensores	13
1.2.1.2.3 Distribución de los Actuadores	15
1.2.1.2.3.1 Líneas de la Ciudad 1	15
1.2.1.2.3.2 Líneas de la Ciudad 2	17
1.2.1.2.3.3 Líneas de la Ciudad 3	19
1.2.1.2.4 Armario Sector en el Sistema de Control	21
<b>2 Planos</b>	<b>27</b>
<b>3 Descripción de Materiales</b>	<b>55</b>
3.1 Cable Bus KNX	55
3.2 Sensor	56
3.3 Actuador	59
3.4 Fuente de alimentación	61
3.5 Pasarela IP PowerLess	62
3.6 Conversor de Ethernet a Fibra Óptica	64

3.7	Cable Ethernet	68
<b>4</b>	<b>Pliego de condiciones</b>	<b>71</b>
4.1	Condiciones particulares	71
4.1.1	Instalación y montaje	71
4.1.1.1	Cableado Bus KNX	72
4.1.1.2	Cableado de pares tranzados	72
4.1.1.3	Sistema Eléctrico del Alumbrado Público	73
4.1.1.4	Sensor	74
4.1.1.5	Actuador	75
4.1.1.6	Fuente de alimentación	76
4.1.1.7	Pasarela IP	77
4.1.1.8	Convertor de medio	78
4.1.1.9	Otros dispositivos	79
4.1.2	Programación y pruebas	79
4.1.3	Discrepancias entre documentos	79
4.1.4	Condiciones no comprendidas	79
4.1.5	Modificaciones en el proyecto	80
4.1.6	Inspecciones	80
4.1.7	Calidad de los elementos del sistema de control	80
4.1.8	Documentación gráfica	80
4.1.9	Residuos	81
4.2	Normativa aplicada	81
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>83</b>
5.1	Opinión Personal	84
<b>A</b>	<b>Anexos</b>	<b>85</b>
A.1	Estudio de tecnologías	85
A.1.1	Introducción	85
A.1.2	Tecnologías	85
A.1.2.0.1	PLC	85
A.1.2.0.2	LonWorks	86
A.1.2.0.3	KNX[1]	87
A.1.2.1	Conclusión	87
	<b>Bibliografía</b>	<b>89</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Esquema simplificado del Sistema de Control en una acera . . . . .	6
1.2	Esquema general de un sistema KNX . . . . .	9
1.3	Estructura del Sistema de Control de la Smart Island . . . . .	10
1.4	Estructura de una Línea en detalle . . . . .	11
1.5	Conexión del Sistema de Control en una Manzana Tipo A . . . . .	11
1.6	Sistema KNX definido en la Ciudad 1 . . . . .	12
1.7	Sistema KNX definido en la Ciudad 2 . . . . .	13
1.8	Sistema KNX definido en la Ciudad 3 . . . . .	13
1.9	Línea Tipo A. Ciudad 1 . . . . .	16
1.10	Línea Tipo B. Ciudad 1 . . . . .	16
1.11	Línea Tipo C. Ciudad 1 . . . . .	16
1.12	Línea Tipo D. Ciudad 1 . . . . .	16
1.13	Línea Tipo E. Ciudad 1 . . . . .	17
1.14	Línea Tipo A. Ciudad 2 . . . . .	17
1.15	Línea Tipo B. Ciudad 2 . . . . .	17
1.16	Línea Tipo C. Ciudad 2 . . . . .	17
1.17	Línea Tipo D. Ciudad 2 . . . . .	18
1.18	Línea Tipo E. Ciudad 2 . . . . .	18
1.19	Línea Tipo F. Ciudad 2 . . . . .	18
1.20	Línea Tipo G. Ciudad 2 . . . . .	18
1.21	Línea Tipo A. Ciudad 3 . . . . .	19
1.22	Línea Tipo B. Ciudad 3 . . . . .	19
1.23	Línea Tipo C. Ciudad 3 . . . . .	19
1.24	Línea Tipo D. Ciudad 3 . . . . .	20
1.25	Línea Tipo E. Ciudad 3 . . . . .	20
1.26	Línea Tipo F. Ciudad 3 . . . . .	20
1.27	Línea G. Ciudad 3 . . . . .	21
1.28	Línea Tipo H. Ciudad 3 . . . . .	21
1.29	Línea Tipo I. Ciudad 3 . . . . .	21
1.30	Localización del Armario Eléctrico en manzana . . . . .	22
1.31	Localización del panel del sistema de control KNX en el armario eléctrico .	23
1.32	Esquema de los elementos del sistema de control en en el armario eléctrico	24
1.33	Esquema de la conexión entre la pasarela y el convertor en el armario . . .	25
1.34	Esquema de la conexión en el armario sector . . . . .	25
1.35	Esquema de la conexión del actuador en el armario sector . . . . .	26
3.1	Cable KNX/EIB utilizado para la instalación . . . . .	55

3.2	Detector de presencia y sensor crepuscular . . . . .	56
3.3	Áreas del sensor delimitadas por los sensores PIR independientes . . . . .	57
3.4	Campo de detección de las zonas delimitadas por los tres sensores a una altura de 2.50m . . . . .	58
3.5	Esquema del campo de detección en función del movimiento dentro del campo de detección . . . . .	58
3.6	Actuador . . . . .	59
3.7	Actuador. Esquema . . . . .	60
3.8	Fuente de Alimentación . . . . .	61
3.9	Fuente de alimentación. Esquema . . . . .	62
3.10	Pasarela IP PowerLess . . . . .	62
3.11	Pasarela IP PowerLess. Esquema . . . . .	63
3.12	Pasarela IP PowerLess Zennio. Esquema LEDs . . . . .	63
3.13	Convertor de 100Base-TX a 100Base-FX . . . . .	64
3.14	Conmutadores del Convertor para establecer su configuración . . . . .	66
3.15	Esquema de LEDs . . . . .	67
3.16	Cable de par trenzado UTP, categoría 6, 4 pares . . . . .	68
3.17	Componentes cable UTP Cat6 . . . . .	69
3.18	Conector macho miniatura RJ-45 . . . . .	69

## ÍNDICE DE CUADROS

1.1	Distribución de manzanas y rotondas en la Ciudad 1	2
1.2	Distribución de manzanas y rotondas en la Ciudad 2	2
1.3	Distribución de manzanas y rotondas en la Ciudad 3	2
1.4	Relación entre infraestructuras y sensores por cada tipo	14
3.1	Alcance del sensor, en relación al movimiento y altura del montaje	59
4.1	Características cable UTP. Categoría 6	73



## RESUMEN

En el ámbito tecnológico, la palabra *Smart* hace referencia a dispositivos con funcionalidades avanzadas que permiten al usuario acceder a un sistema interactivo con un amplio abanico de posibilidades que va fuertemente ligado con la premisa de mejorar la calidad de vida de los usuarios.

En este proyecto, se toma de referencia la palabra *Smart* para la creación de un Sistema de Control de Alumbrado Público en una isla situada en el mar Mediterráneo.

La implementación de este nuevo sistema permitirá que el alumbrado público mejore su eficiencia y sostenibilidad, así como obtener funcionalidades interactivas a las ya existentes en un sistema de alumbrado convencional. Todo ello, gracias al uso de dispositivos inteligentes, principales protagonistas del nuevo sistema.

La tecnología utilizada para lograr estos objetivos ha sido **KNX** por medio de conexión IP. El sistema se ha instalado en las poblaciones de la isla, abarcando el recinto completo del alumbrado público. Al hacer uso de la domótica para automatizar por completo el encendido y apagado del alumbrado, se ha buscado obtener ahorro energético y un funcionamiento eficiente, mediante el uso de la luz natural proporcionada y la presencia de personas.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las tecnologías se han convertido en uno de los pilares básicos para facilitar el día a día de los individuos.

Las sociedades actuales tecnológicamente avanzadas se encuentran a un clic de abastecer y obtener aquello que desean los ciudadanos. Así mismo, sin prisa, pero sin pausa, los utensilios y objetos también están incluyéndose dentro de la vorágine energética. Facilitando, mejorando y obteniendo una mayor calidad de vida. Esto es, como se puede imaginar, el principal objetivo de la tecnología que se ha podido llevar a cabo gracias a las TIC<sup>1</sup>.

En el ámbito que refiere a este proyecto, cabe mencionar que desde hace ya algún tiempo se ha empezado a idear un sistema basado en la conexión de todas las cosas: El internet de las cosas. Este concepto se entiende como un sistema más beneficioso que perjudicial en el cual una misma red puede manipular por completo cualquier objeto[2].

Partiendo de dicha premisa, tres han sido los requisitos necesarios: procesadores más pequeños, presencia de sensores no visibles y una comunicación de bajo consumo. Como podremos ver a lo largo de este trabajo, estos avances permiten la existencia del Internet de las Cosas. Esto ha ofrecido la posibilidad, de una revolución social y tecnológica: las Smart Cities.

El objetivo fundamental de las Smart Cities es alcanzar la máxima eficiencia y sostenibilidad y, a su vez, cubrir las necesidades operativas, sociales y ambientales básicas. De este modo, los usuarios pueden acceder al uso de las TIC consiguiendo un elevado nivel de vida que se refleja tanto en el ámbito laboral como en su interacción diaria con los elementos de la ciudad y de sus casas [3].

Este mismo concepto es el que se ha querido utilizar para el proyecto definido. Sin embargo, se ha querido subir un escalón más y no limitarlo a las lindes de una única ciudad sino a una isla entera, con múltiples núcleos de población, que cumplan con los diferentes puntos que permitan convertirla en una Smart Island.

El concepto de Smart Island hace referencia a un desarrollo basado en la sostenibilidad que permite la preservación del entorno, optimizando el consumo de energías. Respetando el propio ecosistema se permite, a largo plazo, una reducción de los gastos y una eficiencia energética notable. Debe cubrir adecuadamente las necesidades, tanto de sus habitantes como de empresas e instituciones, haciendo el entorno más habitable, cómodo y seguro para estos. Otro aspecto importante dentro del concepto de Smart Island es la movilidad. Factores como el pago por dispositivo móvil, la reducción del tiempo de búsqueda de aparcamiento o puntos de recarga para vehículos eléctricos co-

---

<sup>1</sup>TIC: Tecnologías de la Información y Comunicación

bran gran relevancia. Gracias a toda esta filosofía se consigue promover el crecimiento del turismo, atraído por nuevas oportunidades y una nueva forma de vivir [4].

Por lo tanto, siguiendo con las directrices de lo que convertiría una simple isla en una Smart Island, el presente proyecto tiene como objetivo final la realización del diseño de una Smart Island mediante la dotación de todas las infraestructuras y servicios necesarios para su correcto funcionamiento, tanto a nivel TIC como también en las mejoras de eficiencia energética y sostenibilidad.

El planteamiento de la creación de un Smart Island desde cero, a priori puede parecer demasiado ambicioso. Sin embargo, trabajando de manera cooperativa y haciendo uso de unas premisas básicas, cualquier conjunto de individuos puede dar el paso.

Para las tareas de construcción de la Smart Island será necesario estudiar el terreno y la holografía para construir las ciudades y las infraestructuras que dotarán a la isla de mecanismos de comunicación.

Los servicios a proporcionar abarcan los campos de alumbrado público, de seguridad, de gestión de residuos y de gestión de aparcamiento tanto público como privado. Como serán necesarios servicios públicos eficientes para una organización y gestión de las ciudades, permitiendo la evolución de la isla, se proporcionarán e implementarán edificios equipados para este fin.

El presente Trabajo de Fin de Grado, TFG, forma parte de un macro proyecto de gran envergadura que conlleva un gran coste inicial, tanto a nivel financiero como temporal. Así pues, la creación de la Smart Island se dividió en diferentes partes, unas de construcción y otras de diseño, permitiendo obtener así los distintos servicios de las que esta debe estar dotada para, finalmente, ser considerada como tal.

Este TFG trata del diseño de una de las funciones que se han querido implementar en la realización de la Smart Island:

- **Sistema de Control de un alumbrado público**, ya definido, en los tres núcleos urbanos encontrados en la zona geográfica por medio del sistema KNX.

## Estructura del documento

La estructura a seguir por el presente proyecto es la siguiente:

1. **Capítulo 1 - 'MEMORIA'**: Descripción del marco donde se desarrolla el proyecto y el objetivo a llevar a cabo.
2. **Capítulo 2 - 'PLANOS'**: Conjunto de planos y esquemas donde se encuentra el diseño completo del Sistema de Control definido en este proyecto.
3. **Capítulo 3 - 'DESCRIPCIÓN DE MATERIALES'**: Se describen los materiales a utilizar en características técnicas y funcionamiento. No se hace referencia a material concreto de una marca específica.
4. **Capítulo 4 - 'PLIEGO DE CONDICIONES'**: Documento contractual que define el conjunto de condiciones, responsabilidades y cláusulas mínimas a seguir para realizar la ejecución del proyecto.
5. **Capítulo 5 - 'CONCLUSIÓN'**: Mención de las enseñanzas adquiridas durante el proceso de realización del Trabajo de Fin de Grado..



## Ficha Técnica

### GESTIÓN DEL CONTROL DE ALUMBRADO EN EL MARCO DE UNA SMART ISLAND

<b>Descripción</b>	Proyecto técnico para la instalación de un sistema de control de alumbrado público de tres ciudades localizadas en una Smart Island, haciendo uso de la domótica para mejorar su eficiencia. Nº de núcleos urbanos en la Smart Island: III
<b>Situación</b>	Tipo de vía: -                      Nombre de vía: - Localidad:- Código Postal: -                      Provincia: - Coordenadas Geográficas: -
<b>Promotor</b>	Nombre o Razón Social: TelecoIB S.A. NIF: B57358132 Tipo de vía: Calle                      Nombre de vía: Menorca, 1 Población: Palma de Mallorca Código Postal:07012                      Provincia: Baleares Teléfono: 971386590                      Fax: 971386590
<b>Autor del proyecto técnico</b>	Nombre y Apellidos: Sandra Semkine Callís Titulación: Ingeniería Técnica de Telemática Tipo de vía: Calle                      Nombre de vía: Antoni Ribàs Localidad: Palma de Mallorca Código Postal:07006                      Provincia: Baleares Teléfono: 871265585                      Fax: 871265585 Nº Colegiado: 7866 Correo electrónico: sandrasemkine@hotmail.com
<b>Datos del proyecto</b>	Dirección de obra: Sí
<b>Verificado por</b>	Colegio de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones
<b>Fecha de presentación</b>	En Palma, Julio de 2017
<b>Arquitecto</b>	Carlos Fernández Angulo
<b>Encargado de obra</b>	Alba Terrassa Adrover
<b>Instalador</b>	TelecoIB SA

FIRMA:  




CAPÍTULO



# 1

## MEMORIA

Proyecto técnico para la instalación y automatización del sistema de alumbrado de los núcleos urbanos de una Smart Island, situada en una isla desierta localizada en el mar Mediterráneo. El sistema de alumbrado no será definido en este proyecto, sino que se parte de la base de un sistema ya montado.

### 1.1 Datos Generales

#### 1.1.1 Datos del Promotor

Nombre: TelecoIB S.A.  
Domicilio: Calle Menorca, 1  
CIF: B57358132  
Población: Palma de Mallorca  
Teléfono: 971386590

#### 1.1.2 Datos del marco de actuación del proyecto

El marco de actuación será una isla, localizada en el Mediterráneo. En la isla, pueden ser localizados tres núcleos urbanos, cada uno de una dimensión distinta. El principal, fácilmente diferenciable por su mayor tamaño, puede ser localizado en la zona central de la isla. En cada uno de los núcleos se implantará el nuevo sistema de control del alumbrado público. Este control se llevará a cabo tanto en las zonas de calzada como en las calles interiores que se encuentran entre edificios y, en general, en todas las zonas donde se encuentren elementos de iluminación pública.

Hay un total de 12 tipos distintos de manzanas y 2 tipos de rotondas, infraestructuras en las que se implementará el proyecto. Los cuadros 1.1, 1.2 y 1.3 muestran la distribución de los tipos de infraestructura en las tres ciudades.

Se partirá de un sistema ya instalado. La arquitectura de red de las lámparas urbanas se encontrará ya montada y dispondrá de su propio sistema eléctrico. Todo el sistema

eléctrico corre a cargo de otra empresa, por lo que este proyecto solo se centrará en instalar el sistema de control para dotar de cierta inteligencia y automatización al sistema de alumbrado. Sin embargo, el sistema sí que hará uso de los elementos de las otras instalaciones tales como armarios sectores, para colocar los elementos y asegurar su protección, o hacer uso de las canalizaciones y redes de telecomunicaciones para transportar la información que recojan los elementos del sistema de control. Las canalizaciones y las redes de telecomunicaciones se encuentran definidas en el proyecto *Diseño de la infraestructura de la red troncal de telecomunicación en una smartisland por medios guiados*, perteneciendo al conjunto de proyectos de la Smart Island

INFRAESTRUCTURA	TIPO	CANTIDAD
Manzana	A	6
	B	1
	C	2
Rotonda	1	4
Total:		12

Cuadro 1.1: Distribución de manzanas y rotondas en la Ciudad 1

INFRAESTRUCTURA	TIPO	CANTIDAD
Manzana	A	44
	D	1
	E	3
	F	1
	G	2
	L	1
Total:		52

Cuadro 1.2: Distribución de manzanas y rotondas en la Ciudad 2

INFRAESTRUCTURA	TIPO	CANTIDAD
Manzana	A	32
	C	1
	E	2
	H	1
	I	2
	J	1
	K	2
Rotonda	2	15
Total:		56

Cuadro 1.3: Distribución de manzanas y rotondas en la Ciudad 3

También se proveerá de una sala de control principal, localizada en un edificio público que permitirá el control completo del sistema, por encima del que se haya

configurado por defecto. La infraestructura común de telecomunicaciones del edificio se encuentra definida en el proyecto *Edificio público inteligente y autosostenible en el ámbito de una Smart Island*.

La estructura y distribución detallada de la instalación a lo largo de todas las ciudades, se encuentra representada en el apartado 2, denominado PLANOS, de este proyecto. También podrán encontrarse los datos técnicos necesarios para constituir un proyecto completo que pueda ser implementado.

### 1.1.3 Objeto del Proyecto Técnico

El objeto del presente proyecto consiste en definir la infraestructura necesaria para implantar un sistema de alumbrado inteligente en las distintas poblaciones de la isla. Para ello, se realizará la instalación de un sistema de control que permita automatizar el proceso. De esta forma, se puede desglosar en los siguientes objetivos a alcanzar:

- Diseñar un sistema de control para un alumbrado público ya existente en los tres núcleos de población urbano que se han definido en la isla. Este sistema de control deberá de:
  - Controlar el encendido y apagado de los puntos de luz. Este control se puede aplicar a grupos de lámparas o a cada una, individualmente. El control podrá realizarse de forma automática, por medio de sensores y una configuración personalizada a todo el sistema. También podrá ser posible ejecutarlo de forma manual en caso de algún problema de conexión, donde el técnico podrá acceder a la localización de los dispositivos y tratarlos directamente. Además, independientemente de la configuración establecida, será la sala de control la que tenga completo control sobre todo el sistema de automatizado y la que, además, recogerá todos los datos que le envíe dicha instalación.
  - Permitir la regulación de los niveles de iluminación de los puntos de luz en función de la presencia solar. El apagado completo se realizará en hora punta y su encendido al anochecer, pudiendo pasar por distintos niveles de iluminación previos, si lo permite la luminaria seleccionada, y teniendo en cuenta los horarios de invierno y verano. Se hará uso de un dispositivo cronológico para evitar el encendido o apagado en horas no adecuadas debido a efectos climáticos. Este dispositivo estará incluido dentro de los propios.
  - Reportar, diariamente, el estado de los sensores y los dispositivos que formen parte de la red **KNX**.
  - Tener un control del estado del circuito para detectar a tiempo los fallos y actuar en consecuencia de forma que no afecte al resto de la instalación.
  - Otorgar el control total sobre el sistema a la centralita de control.

La ventaja de este sistema permitirá un ahorro en los costes energéticos y operativos, dados por el uso de luz según presencia tanto del individuo como del momento horario. Esto también viene con la ventaja medioambiental que permitirá la reducción tanto de contaminación lumínica como de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, en todo momento se deberá tener en cuenta el cumplimiento de la normativa ENI 3201, ajustando los niveles de iluminación según el uso de la vía, la densidad de tráfico y las condiciones meteorológicas[5].

### 1.2 Sistema de Control del Alumbrado Público

El sistema de control de alumbrado diseñado permitirá regular la iluminación pública de los núcleos urbanos. Se posibilitará la automatización del apagado y del encendido según el momento horario. Habrá diferenciación entre el horario de verano y el de invierno. También, el control del encendido y apagado de los puntos de luz según la presencia de personas o de movimiento. Si la luminaria elegida lo permite, podrá regularse el nivel de intensidad que se desea alcanzar para conseguir un encendido/apagado progresivo, teniendo un abanico más amplio de estados y no únicamente el de encendido/apagado. Sin embargo, el máximo dominio del sistema lo tendrá la sala de control situada en un edificio público en el núcleo urbano de mayor envergadura, la ciudad 2.

Las utilidades de este tipo de implementación radican en la multitud de combinaciones que se pueden realizar y la cantidad de usos que se pueden obtener en todo el sistema de control. Agrandando el abanico de posibilidades y el marco de actuación.

Este sistema no solo ayudaría a reducir los gastos eléctricos sino que podría permitir hacer diversos estudios de afluencia en las zonas. A través del encendido y apagado de luces por presencia, se podría saber cuales son las horas nocturnas más concurridas. También se podría tener conocimiento de aquellas zonas con mayor presencia de individuos o de movimiento.

Tanto a través de la configuración de los elementos como por medio de órdenes mandadas desde la sala de control, se permitirá modificar el comportamiento del sistema de forma completa.

Entre las distintas posibilidades que se pueden encontrar en este sistema, se observan:

- El encendido y apagado por grupos de luminarias o de forma individual.
- El encendido completo de una zona, calle o ciudad, en caso de alguna fiesta o celebración pública.
- El apagado completo debido a la realización de un espectáculo de fuegos artificiales, lluvia de estrellas o festividades varias.
- En caso de que la luz del sol, en horas diurnas, sea insuficiente debido a nieblas, cielos nublados y otros fenómenos meteorológicos, se podrá manipular el sistema para encender las luces fuera de su horario de actuación. La forma de encenderse será a través del modo presencia o movimiento de individuos, captado a través de los sensores, o simplemente mantenerlas encendidas durante el tiempo que dure el fenómeno, por medio de órdenes transmitidas por la sala de control central.
- Dependiendo de la dirección en la que entre la luz natural, el sistema se podrá programar para que una parte de los puntos de luz activen su funcionamiento, mientras la otra permanece en espera. En este modo, la dirección en la que incide

la luz solar sobre los sensores juega un papel importante que, además, permite aprovechar al máximo el uso del sistema. Por ello, la correcta elección del lugar de instalación protagoniza una gran importancia.

- El encendido y apagado contará con otros casos a programar en función de las necesidades que se quieran adquirir para el sistema de control.

### 1.2.1 Elementos que constituyen la instalación

#### 1.2.1.1 Descripción de la instalación

El sistema de alumbrado debe cumplir con las necesidades de los futuros ciudadanos de la población, proporcionando iluminación suficiente en las vías para facilitar la movilidad de estos. Sin embargo, también debe tener un comportamiento eficiente, garantizando que el funcionamiento por defecto de las luminarias vaya acorde con la presencia y densidad de usuarios en la vía.

Aprovechando las obras utilizadas para la canalización de los sistemas de telecomunicación, los cables de Bus KNX, encargados tanto de conectar todo el sistema como de alimentar a los elementos KNX, se incrustarán en el suelo dentro de zanjas.

Para la canalización de estos cables se usarán tubos tipo PVC, fabricados especialmente para el empotramiento en pavimento. Al estar fabricado por termoplástico, es resistente a las llamas y a la electricidad, característica que lo convierte en un buen aislante. Al ser manejables en caliente, podrán curvarse y ensamblarse unos con otros, teniendo en cuenta los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo especificados por el fabricante de acuerdo a UNE-EN 50.086-2-2. Sin embargo, se evitarán los cambios bruscos de dirección. Además, pueden estar en ambientes húmedos, sin perder la resistencia ni la rigidez que permite la protección del cableado[6]. Al encontrarse en una pequeña isla del Mediterráneo, este dato de la resistencia a la humedad gana protagonismo. Para garantizar protección mecánica contra roedores no usarán fleje de acero. Bajo la acera, la profundidad de estas zanjas será de 45 cm. Bajo calzada, el nivel de profundidad será de 60 cm.

El cable de la red KNX, denominado Bus, tiene dos funciones. Por un lado, permite el envío y la recepción de información de los elementos que se encuentren conectados a este. Por el otro, actúa como alimentación de los elementos KNX de la instalación. Estará formado por cuatro conductores cableados en forma de estrella unidos con cinta de poliéster, para mantener el conjunto, y en formación estrella. El material de aislamiento para este cable será poliolefina. Este mismo material será utilizado para la cubierta exterior, debiendo cumplir con la normativa UNE-EN 50265-2-1, no propagador de la llama, y con la UNE-EN 50267-2-1, libre de halógenos. De esta forma, en caso de incendio, el comportamiento de los cables no provocará humos corrosivos, tóxicos, ni opacos. Estas características hacen que sean de alta seguridad frente a estas catástrofes[7].

Cada punto de luz contará con una arqueta de registro de tapa metálica que permitirá un mayor acceso y manejo a los cables eléctricos que pasan por esta. Las arquetas se encuentran presentes en el sistema de alumbrado por lo que no son objeto de este proyecto, aunque sí se hará uso. El sistema de control empleará estos elementos para pasar por tierra el cableado del sistema KNX. Esto hará que el cableado eléctrico y el de

control compartan un mismo espacio. Por tanto, para minimizar accidentes se procederá a distinguir ambos cableados. Por medio de una cinta señalizadora se advertirá de la presencia del circuito eléctrico para que no se produzcan confusiones ni accidentes a la hora de manipular un circuito u otro.

En cada manzana, se encuentra ubicado un armario de iluminación en vía pública que regulará la red eléctrica. Este armario también contendrá los elementos de la red KNX. Estos elementos son la fuente de alimentación, la pasarela IP y los actuadores que estarán conectados a los sensores y a las lámparas. En este proyecto, solo se definirá la zona del armario que corresponde al control de alumbrado. No se mostrará la de la red eléctrica, puesto que ya viene definido junto con el resto del sistema eléctrico y que no abarca el objeto del proyecto actual. También se instalará un convertor de medio, para poder pasar de una red Fast Ethernet, conexión requerida por la pasarela IP, a una red de fibra óptica, usada para la red de telecomunicaciones.

Las tres ciudades están compuestas por un total de 12 tipos distintos de manzanas, enumeradas de la **A** a la **L**, y tres tipos de rotondas, aunque la tercera, localizada en la segunda ciudad, localizada en el centro de la isla, no tiene relevancia en el proyecto porque no hay distribución de farolas en estas. Por esta razón, las rotondas solo están enumeradas de la **1** a la **2** y en el *Plano Guía de la ciudad 2*, no se han indicado. Además, cada una de las manzanas, junto a las dos rotondas, tiene un *Plano Tipo* que muestra la distribución de las farolas y de los sensores emparejados con estas. También la distribución de los armarios eléctricos y la conexión de los cables de Bus a cada sensor y al propio armario. En el apartado **2**, PLANOS, se pueden encontrar todos.

En la figura **1.1**, se observa un esquema de conexión de una de las aceras. Las conexiones entre el sistema KNX y el sistema de iluminación, ya instalado, pueden observarse con más detalle en la misma.

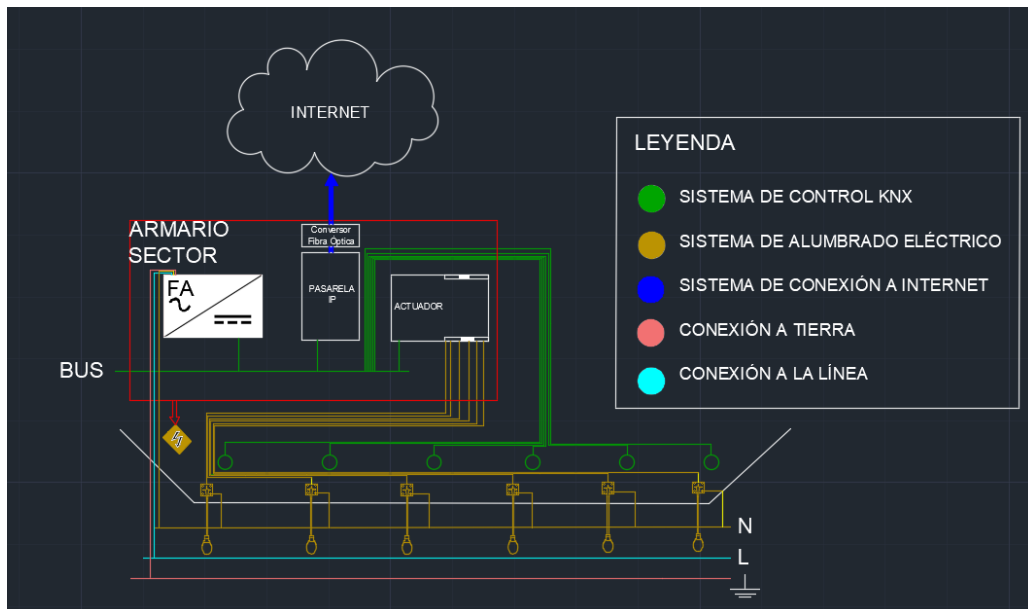


Figura 1.1: Esquema simplificado del Sistema de Control en una acera

Tal y como representa en la figura **1.1**, el principal responsable de que el sistema



lleve a cabo la configuración determinada es el actuador. En otras palabras, será el actuador el que envíe las órdenes a sus nodos de salida en función de la información obtenida a través de los elementos de entrada, sensores, por medio del Bus KNX.

Las entradas del actuador no recibirán conexión con los elementos de entrada de forma directa. Debido a la limitación que puede proporcionar la conexión directa con el actuador, los sensores irán conectados al cable Bus KNX. De esta forma, las limitaciones estarán impuestas por el sistema KNX que, sin embargo, amplía el marco de actuación de los elementos. A su vez, será el cable KNX el encargado de obtener la información que los elementos de entrada recogen. El actuador reunirá esta información y la interpretará para llevar a cabo la configuración que se le ha instalado. Las salidas del actuador reflejarán la acción que este envíe. Además, estas sí tendrán conexión directa con el actuador. En este caso, las seis salidas estarán conectadas con seis luminarias, que irán conectadas al sistema eléctrico para poder llevar a cabo el encendido/apagado. El actuador también tendrá conexión directa con el Bus KNX. Será a través de este que podrá estar en contacto con la sala de control y con el resto de los elementos del sistema KNX.

El resto de los elementos, la fuente de alimentación y la pasarela IP, tendrán conexión por medio del Bus. La pasarela IP, además, se conectará a la red de Internet. Al hacer una conexión directa a la red, se supera el obstáculo de las áreas que limitaba el número de elementos conectados al sistema de control. Mediante vía IP, se integran directamente los dispositivos KNX y, por medio del protocolo IP, se hace uso de Internet para conectarse con el sistema de control principal.

La fuente de alimentación tiene como función proporcionar conexión al Bus KNX que también alimentará al resto de elementos conectados a este. Por tanto, ningún elemento necesitará hacer uso de conexión directa al sistema eléctrico de forma externa.

Al hacerse uso de la fibra óptica como solución para la conexión de red, será necesario conectar un convertor a la pasarela IP, que hace uso de conexión por cable Ethernet, Fast Ethernet, para conectarse a la red. Por tanto, la conexión Fast Ethernet se hará al convertor de medio y luego a la red.

Los sensores serán el objeto técnico que permitan implementar el encendido/apagado, por grupos o de forma individual. Serán los que recojan la información que proporcionará el entorno. Su radio de actuación será de 360°. Se usará un único sensor por cada punto de luz que contendrá las características de uno de presencia y uno crepuscular. Esto permite que se pueda detectar a los usuarios, así como también distinguir el horario a lo largo del día, evitando el encendido en las horas de luz solar. Sin embargo, su configuración puede modificarse por si es preciso un uso diferente del que se tendrá configurado por defecto en el sistema de control.

Los sensores se instalarán en las fachadas de los edificios, en mobiliario urbano o, en su defecto, en los báculos de las luminarias. En este último caso, se deberá de proveer de un elemento, como un techado, que impida que la propia luz de las farolas incida en el sensor y modifique su comportamiento, impidiendo que distinga la luz natural del entorno con la luz artificial que proporciona la farola.

La colocación de los sensores vendrá determinada por la zona donde se instale y por los elementos que se encuentren a su alrededor. Se seleccionará, entre los tres casos, el que más se adecue a las circunstancias de la vía y eligiendo la localización que optimice, en la máxima medida, el funcionamiento del sensor.

Los sensores deberán estar adaptados a la instalación exterior, de forma que su nivel de protección sea IP66 o superior. De esta forma, se asegura impermeabilidad, protección climática y contra partículas, como el polvo. Los sensores que no puedan disponer de este nivel de protección deberán de estar contenidos en marcos de protección exterior que cumplan estas características, como medida adicional de protección.

El estándar KNX/IP se usará en modo sistema. De esta forma, aunque los dispositivos están hechos para cumplir ciertas funciones concretas, tienen un cierto rango de configuración para obtener distintos niveles de actuación sobre las funciones programadas. Se debe tener en cuenta que este rango siempre estará dentro del definido por el propio fabricante. Por esta razón, la aplicación software sobre PC que permite regular la configuración concreta de cada dispositivo se encontrará en la sala de control, ubicada en un edificio público. Este software se denomina ETS<sup>1</sup> y puede modificar la configuración del sistema de control a distancia.

Al hacer uso de un cable de Bus, se puede obtener un sistema distribuido. No será necesario que el sistema central esté en constante comunicación con los dispositivos o dando órdenes para que estos realicen su función. Cada elemento actuará de forma independiente según las instrucciones programadas en su sistema.

Con este funcionamiento, el tráfico de información que circule por este Bus se verá reducido, ya que el sistema central no tendrá que transmitir constantemente órdenes para regular el comportamiento del sistema, ni los dispositivos tendrán que enviar constantemente la información que reciben a lo largo del cable para obtener la respuesta del sistema y actuar en consecuencia. Este envío masivo de información a través de un único elemento de conexión podría provocar pérdida de información y retrasos en las acciones de los elementos conectados a la red KNX, y, por tanto, en el funcionamiento del sistema de alumbrado.

El tipo de protocolo de transmisión utilizado por KNX es CSMA/CA. Este protocolo espera que el medio esté libre de transmisiones antes de que un dispositivo envíe su tráfico para reducir el número de pérdidas de información debido a choques. Al tener un único elemento de conexión, el Bus, toda la información viaja por el mismo y si no hay elementos de señalización que regulen el tráfico es posible que se produzcan choques entre datagramas que impidan que la información llegue apropiadamente a su destino. Cada elemento se encarga de comunicar si va a enviar información a través del medio antes de hacerlo[8].

Por tanto, definiéndose el sistema como distribuido y haciendo uso de CSMA/CA, la configuración permitirá que los dispositivos aceleren su funcionamiento y la pérdida de información sea menor.

### 1.2.1.2 Topología de la instalación

El sistema KNX, por defecto, tiene tres niveles de conexión, siendo del más alto al más bajo: Backbone, área y la línea.

En la figura 1.2, se muestra un esquema general del sistema KNX, destacándose los niveles mencionados en el apartado anterior. Este tipo de estructura KNX tiene una serie de limitaciones en cuanto a cantidad de dispositivos a conectar. Por cada línea, un total de 64 dispositivos puede ser conectado. Por tanto, en un área, que tiene un

---

<sup>1</sup>Engineering Tool Software

## 1.2. Sistema de Control del Alumbrado Público

máximo de 15 líneas como se puede observar en la figura 1.2, puede haber un total de 960 dispositivos. Como el sistema final definido por el Backbone permite un total de 15 áreas, el número máximo de dispositivos a utilizar sería de 14400. Aunque la cantidad de dispositivos es elevada, supone una limitación para un sistema KNX de gran envergadura.

Otra limitación de KNX se encuentra en las distancias máximas a recorrer por el conjunto completo. Cada línea puede medir un máximo de 1000 metros de longitud total. Al ser la pasarela IP la que define cada línea, el total de cable Bus que se encuentra conectado a la misma pasarela, no debe superar esta longitud.

No solo se debe tener en cuenta la distancia máxima de un kilómetro, sino que también hay que asegurarse que entre un dispositivo y una fuente de alimentación no se superen los 350 metros de separación. Para respetar esto y evitar superar el margen impuesto por KNX, generalmente cada manzana será una línea del sistema KNX, que se conectará a una pasarela IP.

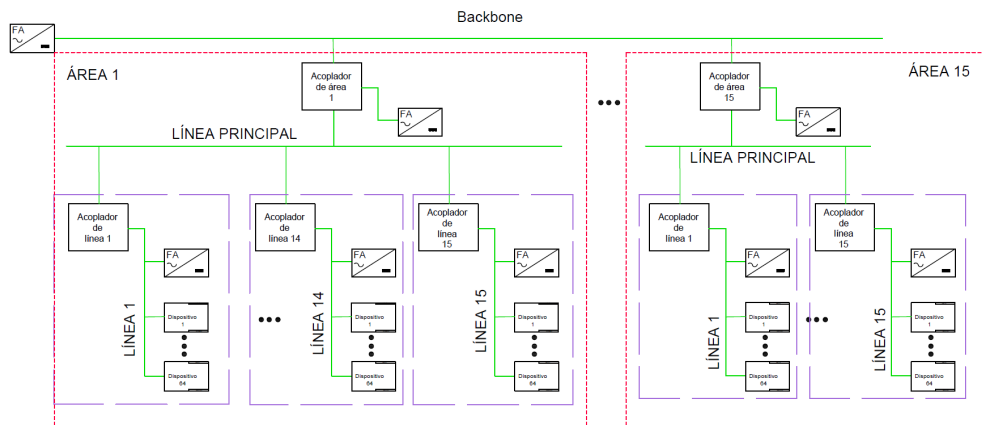


Figura 1.2: Esquema general de un sistema KNX

Debido a estas limitaciones, para realizar el proyecto del sistema de control se ha seleccionado KNX por medio de IP, KNX/IP. Al hacer uso de este método, ya no se usarán las áreas y, por tanto, tampoco los acopladores de áreas.

La estructura final del sistema será como se presenta en la figura 1.3. En detalle, también puede ser encontrada en el apartado 2, PLANOS, con un esquema en mayor detalle y con su correspondiente leyenda. Esta estructura es la que se representará a lo largo de las tres ciudades que se encuentran ubicadas en la Smart Island, siendo el sistema el conjunto total de todas las líneas de cada ciudad.

Se hará uso de líneas que irán conectadas directamente a la pasarela IP y, posteriormente, por medio de la conexión a Internet se hará la conexión al sistema principal de control. De esta forma, ya no hay limitación en el número de áreas, ni de líneas ni de elementos. La limitación del número la pone la cantidad de direcciones IP.

La topología seleccionada para cada línea del sistema de control es de Bus.

La línea, observada en mayor detalle en la figura 1.4, estará formada por la fuente de alimentación, los actuadores y los sensores. También se pueden ver las conexiones de salida entre los actuadores y las lámparas.

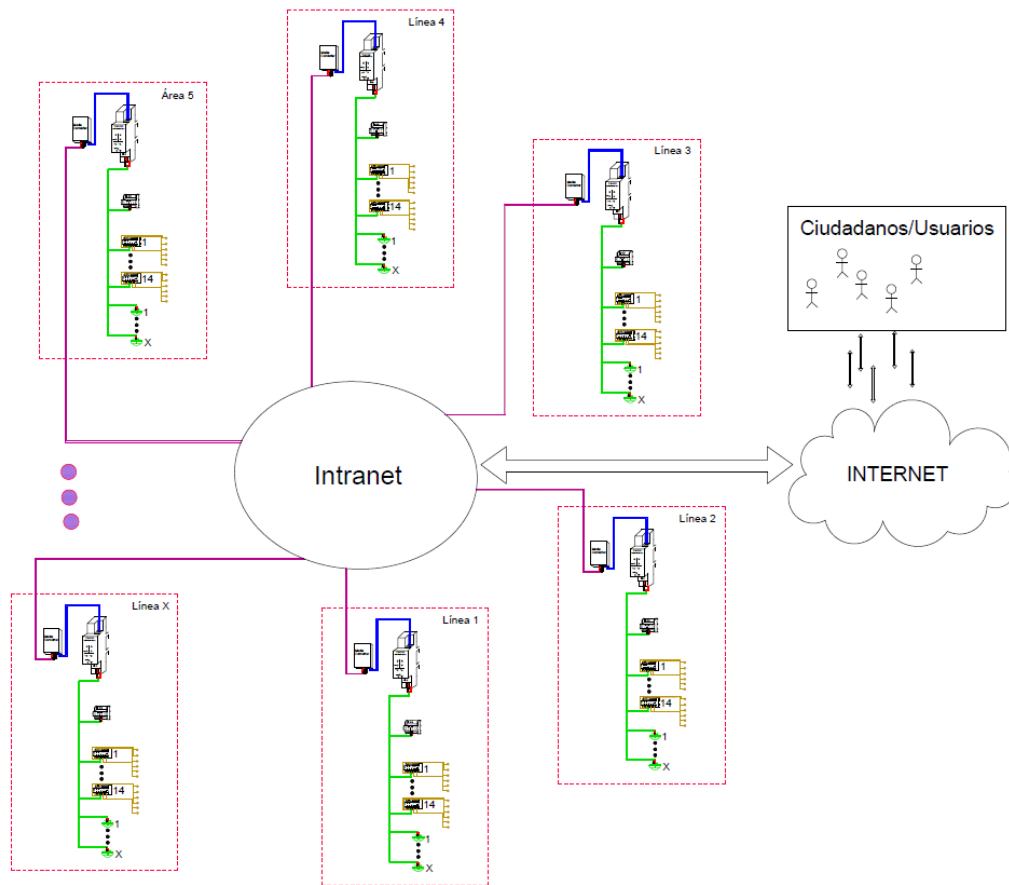


Figura 1.3: Estructura del Sistema de Control de la Smart Island

El convertidor de medio no tiene ningún uso dentro del sistema KNX, es externo a este. Sin embargo, se ha mantenido dentro de la línea, figura 1.4 y esquema de la figura 1.3, puesto que su función es la de conectar todo el sistema a la red para que la información pueda moverse libremente. Por tanto, sin este elemento, la línea no podría conectarse al backbone del sistema.

La conexión a Internet se hará por medio de un cable Ethernet, conectado al convertidor de medio (Fast Ethernet-Fibra Óptica) para utilizar el sistema de telecomunicaciones instalado en la isla, explicado en el proyecto *Diseño de la infraestructura de la red troncal de telecomunicación en una smartisland por medios guiados*. El cable Ethernet solamente se utilizará para conectar la pasarela IP al convertidor de medio. Al encontrarse ambos dentro de un armario, la longitud máxima de separación que se puede producir entre ambos elementos no será superior a un metro.

A través de esta conexión, los ciudadanos/usuarios, podrán hacer uso del sistema. Aunque el acceso y modificación estará limitado a los trabajadores que se encuentren en la sala de control y personal especializado.

Todos los elementos KNX, con excepción de los sensores que serán colocados junto a los elementos de salida, se instalarán dentro de un armario sector. De esta manera, los elementos tendrán protección contra los elementos climatológicos, así como también

alejados del ojo público y posibles actos vandálicos.

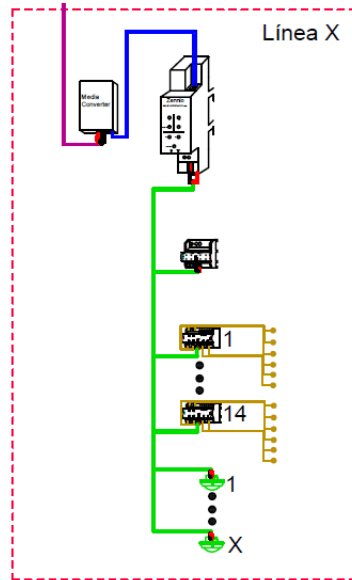


Figura 1.4: Estructura de una Línea en detalle

### 1.2.1.2.1 Estructura del Sistema KNX en las Ciudades

En el esquema de la red KNX de la Smart Island, representado en la figura 1.2, se puede observar la estructura que seguirá la instalación para dar cobertura a las tres ciudades que se encuentran en la isla. En la figura 1.5, se refleja cómo se llevaría a cabo la conexión KNX de una manzana completa. Así, como también la conexión de fibra óptica que saldría del armario para realizar la conexión exterior.

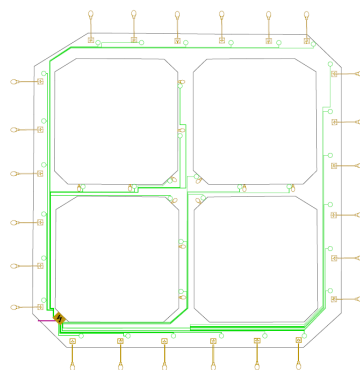


Figura 1.5: Conexión del Sistema de Control en una Manzana Tipo A

Cada manzana contará con el mismo número de sensores que de lámparas. En otras palabras, el número de elementos de entrada será equivalente al número de elementos de salida del sistema de control.

Siguiendo los planos proporcionados para el sistema de alumbrado ya existente se ha podido observar que en los tramos rectos de calzada la disposición de las luminarias se puede encontrar de forma pareada. Los tramos interiores entre edificios seguirán una distribución unilateral y las plazas encontradas en el medio de las manzanas contendrán cuatro lámparas colocadas en cada pared diagonal. Esta distribución se aplicará a todas las calles de las tres ciudades, con la excepción de aquellas que contienen rotondas debido, además, a su mayor anchura. En la ciudad 1 y 3, las calles también dispondrán de luminarias en las rotondas para mejorar el campo de visión para los vehículos de circulación[9].

Las estructuras de cada ciudad se encuentran representadas en las figuras 1.6, 1.7 y 1.8.

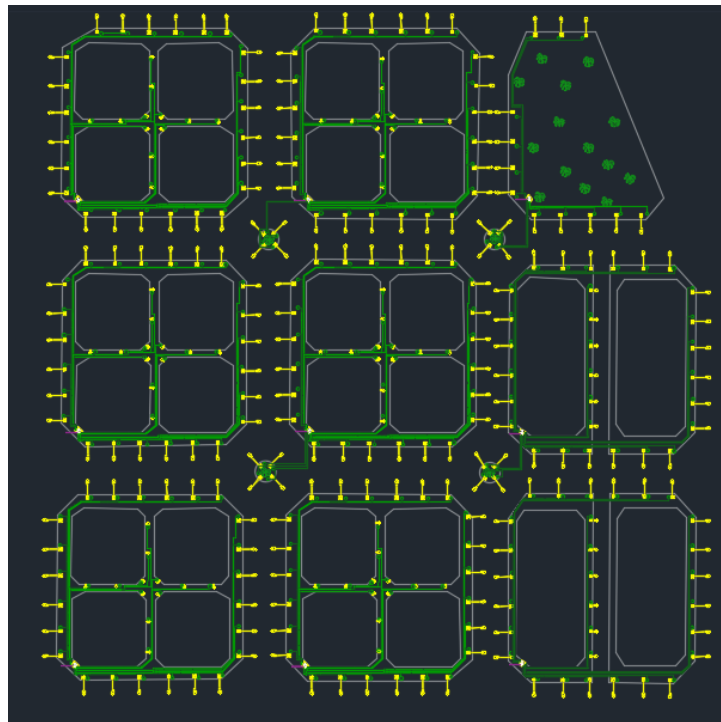


Figura 1.6: Sistema KNX definido en la Ciudad 1

En el apartado de PLANOS, 2, se pueden encontrar todos los planos tipo que hacen referencia a las distintas manzanas y rotondas que se distribuyen por las tres ciudades. En estos planos se mostrará también la conexión KNX de los sensores al cable Bus que sale del armario.

En los planos guía de las ciudades, se muestra la distribución completa de cada ciudad. En estos planos, se indican cuales son los tipos de manzana que forman cada ciudad, así como también las rotondas.

Solo se han tenido en cuenta aquellas manzanas y rotondas que contengan elementos de alumbrado y, por tanto, elementos del sistema de control.

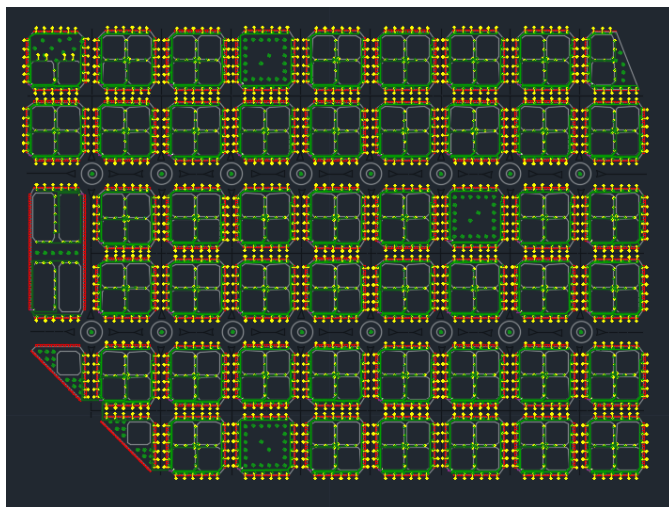


Figura 1.7: Sistema KNX definido en la Ciudad 2

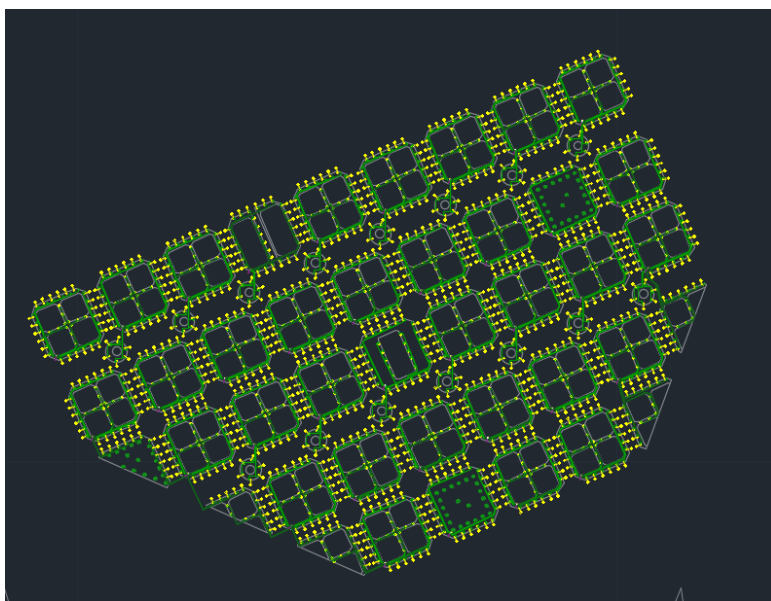


Figura 1.8: Sistema KNX definido en la Ciudad 3

#### 1.2.1.2.2 Colocación y distribución de los sensores

Los sensores serán los únicos elementos de la red KNX que no se instalarán dentro de un armario eléctrico. Al ser dispositivos que deben captar movimiento y niveles de luminosidad, su colocación dentro de este espacio no sería de utilidad. Por esto motivo, la instalación se realizará directamente en el exterior y serán los únicos elementos que estarán a la vista del ojo público. Debido a esta falta de protección, proporcionada por el armario, los sensores deberán de tener un nivel de protección IP66 o contar con cesta de protección, al ser elementos expuestos a las inclemencias del tiempo y el entorno.

## 1. MEMORIA

---

Uno de los objetivos de la instalación y distribución de los sensores será colocarlos en lugares seguros que garantizarían un mayor seguro contra el vandalismo. El otro será abarcar la mayor área de detección sin que los elementos que lo rodean supongan un obstáculo. También es importante que las zonas de colocación no incidan en su detector de luminosidad, provocando comportamientos como encendidos de farola en altos niveles de luminosidad exterior o encendidos intermitentes en períodos cortos de tiempo.

Deberán ser instalados a una altura superior a los 2 metros e inferior a los 5. A mayor altura, mayor el área de detección pero menor la sensibilidad de detección. Será la zona la que determine la altura.

INFRAESTRUCTURA	TIPO	CANTIDAD	SENSORES/MANZANA
Manzana	A	82	48
	B	1	12
	C	3	42
	D	1	42
	E	5	36
	F	1	23
	G	2	6
	H	1	12
	I	2	18
	J	1	46
	K	2	17
	L	1	34
	Rotonda	1	4
2		15	6

Cuadro 1.4: Relación entre infraestructuras y sensores por cada tipo

Estudiar la zona y la ubicación de los elementos que rodearán el lugar de instalación del sensor permitirá hacer una elección más precisa. A partir de este conocimiento, los sensores podrán ser colocados principalmente en tres sitios distintos:

- En la fachada de los edificios. En este caso, el sensor no irá instalado en el techo, sino verticalmente en las fachadas de los edificios. Deberán colocarse alejados de ventanas u otro tipo de accesos fáciles para garantizar su protección. Es importante que el acceso, aunque complicado para los usuarios de la vía, sea accesible por los técnicos que manipulen el dispositivo. Tampoco podrán colocarse en fachadas que estén muy alejadas de las farolas.
- En el báculo de la farola. Para evitar la instalación en el propio báculo de la farola, se instalará un techado en el mismo, donde se colocaría el sensor para permitir la instalación en techo. Este techado permitirá que la luz de la farola no incida en el propio sensor, confundiéndola con la luz natural, y evitando posibles problemas de funcionamientos. Sin embargo, en este caso es posible que se pierda precisión. El sensor no abarcaría los 360° de la zona puesto que el báculo de la propia farola actuaría como obstáculo de detección. Como posible solución, en caso de que un único sensor fuera insuficiente, se podrán colocar dos sensores en el báculo



de la farola, a la misma altura y uno detrás del otro, para cubrir la zona ciega del contrario. La única condición que se debe tener en cuenta en este caso es que el número de sensores y, por tanto, el número de dispositivos totales conectados al cable Bus, así como el espacio dentro del armario.

- En mobiliario urbano. Se evitarán elementos que tengan baja estatura y que se encuentren alejados de los puntos de luz. Tendrán preferencia aquellos que cuenten con techado frente a los que no, así como aquellos que tengan menos uso por los usuarios de la vía. Sin embargo, la distancia entre el elemento y la farola deberá de ser mínimo.

En el apartado 2 del proyecto, PLANOS, se representan los tres casos con mayor detalle.

El número de sensores por manzana y rotonda no será el mismo. Dependiendo del tamaño y forma, este número irá variando a lo largo de las ciudades.

En el cuadro 1.4 puede observarse, para cada modelo de manzana y rotonda, la cantidad total de sensores que hay en la isla, distribuidas en las tres ciudades, así como el total de sensores por cada una.

### 1.2.1.2.3 Distribución de los Actuadores

Los actuadores son los elementos que interpretan la información que envían los sensores a través del Bus y lo convierten en acciones para los elementos de salida, las lámparas, en función de la configuración. Al ser 6 el número máximo de salidas del actuador, este es el máximo de elementos de salida que se podrán conectar por dispositivo.

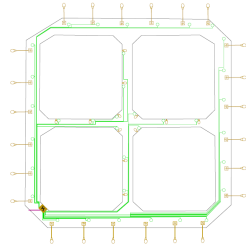
En las tres ciudades, la cantidad de sensores que se encuentren conectados al cable Bus de la línea irá en función del número de lámparas, mostrado en la tabla 1.4 del apartado anterior.

En un principio, el equivalente a una línea del sistema KNX sería una manzana de una ciudad. El problema que se presentó fueron las diferentes formas de las manzanas, así como el tamaño. Esto hacía que no hubiera armarios en todas ellas ni tampoco en las rotondas que disponían de elementos de alumbrado.

Para paliar con esta problemática, la línea ya no viene definida por una única manzana, aunque será la equivalencia más frecuente. Esto significa que el número de actuadores por armario variará en función de las manzanas que hagan uso del mismo armario y, por tanto, de la cantidad de sensores que se conecten a la misma línea. De la misma forma, si el número de sensores supera el máximo permitido por línea, entonces, un mismo armario puede contener más de una línea. Si esto sucede, debe respetarse siempre el espacio máximo del que se dispone para guardar el conjunto total de elementos del sistema.

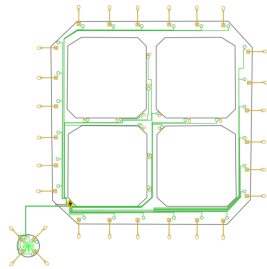
#### 1.2.1.2.3.1 Líneas de la Ciudad 1

En este apartado se mostrarán las conexiones de los conjuntos de luminarias a los armarios de la ciudad 1, mostrando los distintos tipos de línea que se pueden formar.



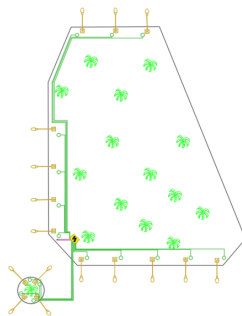
Salidas del actuador: 48  
Número de actuadores: 8

Figura 1.9: Línea Tipo A. Ciudad 1



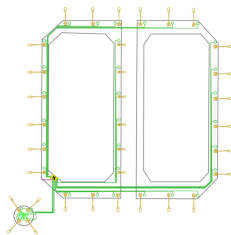
Salidas del actuador: 52  
Número de actuadores: 9

Figura 1.10: Línea Tipo B. Ciudad 1



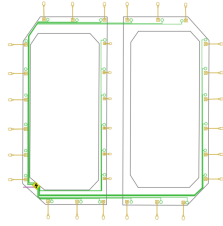
Salidas del actuador: 16  
Número de actuadores: 3

Figura 1.11: Línea Tipo C. Ciudad 1



Salidas del actuador: 46  
Número de actuadores: 8

Figura 1.12: Línea Tipo D. Ciudad 1

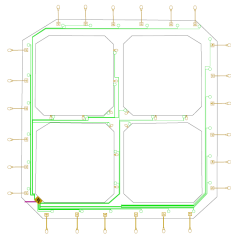


Salidas del actuador: 42  
Número de actuadores: 7

Figura 1.13: Línea Tipo E. Ciudad 1

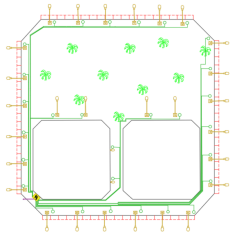
### 1.2.1.2.3.2 Líneas de la Ciudad 2

Las conexiones al armario y las líneas de la Ciudad 2 son mostradas en este apartado.



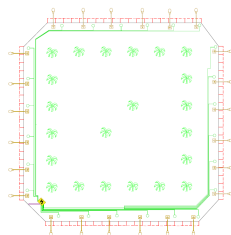
Salidas del actuador: 48  
Número de actuadores: 8

Figura 1.14: Línea Tipo A. Ciudad 2



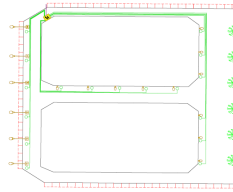
Salidas del actuador: 42  
Número de actuadores: 7

Figura 1.15: Línea Tipo B. Ciudad 2



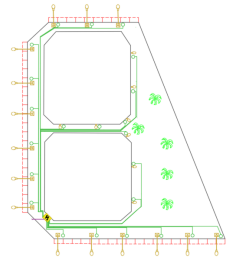
Salidas del actuador: 36  
Número de actuadores: 6

Figura 1.16: Línea Tipo C. Ciudad 2



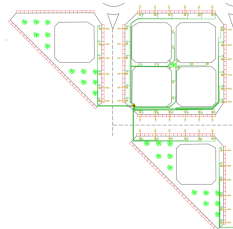
Salidas del actuador: 17  
Número de actuadores: 3

Figura 1.17: Línea Tipo D. Ciudad 2



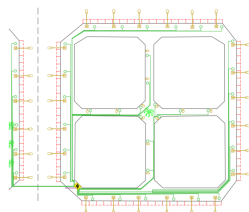
Salidas del actuador: 15  
Número de actuadores: 3

Figura 1.18: Línea Tipo E. Ciudad 2



Salidas del actuador: 60  
Número de actuadores: 10

Figura 1.19: Línea Tipo F. Ciudad 2

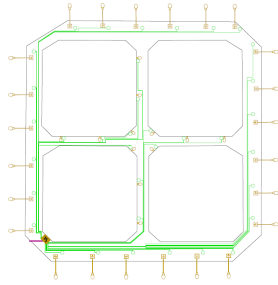


Salidas del actuador: 54  
Número de actuadores: 9

Figura 1.20: Línea Tipo G. Ciudad 2

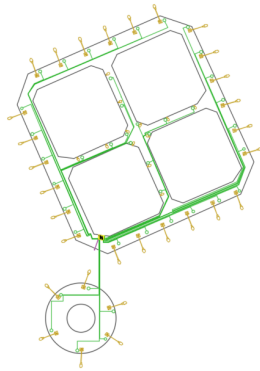
### 1.2.1.2.3.3 Líneas de la Ciudad 3

Finalmente, en este apartado se muestran las conexiones al armario y las líneas de la Ciudad 3.



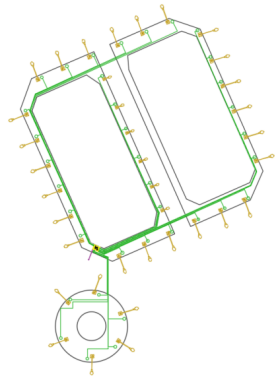
Salidas del actuador: 48  
Número de actuadores: 8

Figura 1.21: Línea Tipo A. Ciudad 3



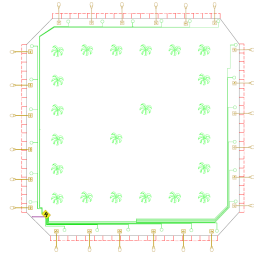
Salidas del actuador: 54  
Número de actuadores: 9

Figura 1.22: Línea Tipo B. Ciudad 3



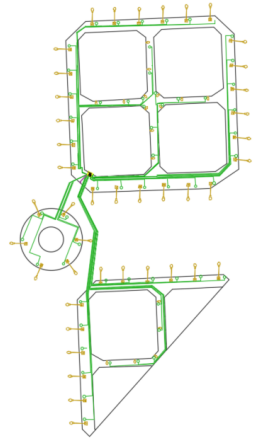
Salidas del actuador: 48  
Número de actuadores: 8

Figura 1.23: Línea Tipo C. Ciudad 3



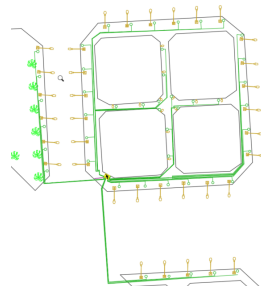
Salidas del actuador: 36  
Número de actuadores: 6

Figura 1.24: Línea Tipo D. Ciudad 3



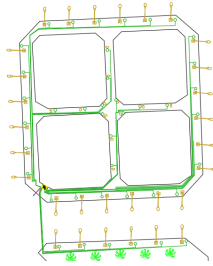
Salidas del actuador: 71  
Número de actuadores: 12

Figura 1.25: Línea Tipo E. Ciudad 3



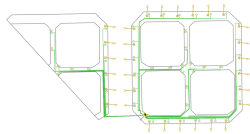
Salidas del actuador: 60  
Número de actuadores: 10

Figura 1.26: Línea Tipo F. Ciudad 3



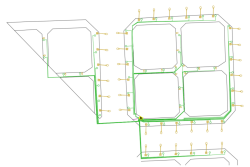
Salidas del actuador: 54  
Número de actuadores: 9

Figura 1.27: Línea G. Ciudad 3



Salidas del actuador: 60  
Número de actuadores: 10

Figura 1.28: Línea Tipo H. Ciudad 3



Salidas del actuador: 64  
Número de actuadores: 11

Figura 1.29: Línea Tipo I. Ciudad 3

#### 1.2.1.2.4 Armario Sector en el Sistema de Control

El armario sector utilizado para guardar el sistema de control del alumbrado público ya ha sido determinado. Por tanto, para este proyecto no ha hecho falta definir uno nuevo, tarea ya realizada cuando se llevó a cabo el sistema eléctrico previamente. Las medidas, siguiendo el patrón de *ALTURAxANCHOxFONDO*, son de 1650x1370x400mm.

La distribución de los armarios también fue definida previamente cuando se definió y ejecutó el sistema eléctrico, por lo que se hará uso de la distribución predeterminada.

Actualmente, en cada ciudad, hay un armario por manzana. Su localización se encuentra en la esquina inferior izquierda de cada una, repitiéndose en cada una de las tres ciudades. Hay manzanas (**G**, **H**, **I** y **K**<sup>2</sup>) que no disponen de este elemento debido a su forma y tamaño, por lo que los armarios que se encuentran más cercanos a los dispositivos de entrada, sensores, serán los que alberguen los elementos correspondientes para la línea. Esto hará que algunos armarios contengan elementos para más de una línea del sistema.

En la figura 1.30 se puede observar la localización del armario en la esquina de una de las manzanas. Esta será la ubicación habitual.

El cable morado que sobresale del armario indica la conexión de fibra óptica que se

<sup>2</sup>Para más información de la estructura, ir al apartado 2, PLANOS.

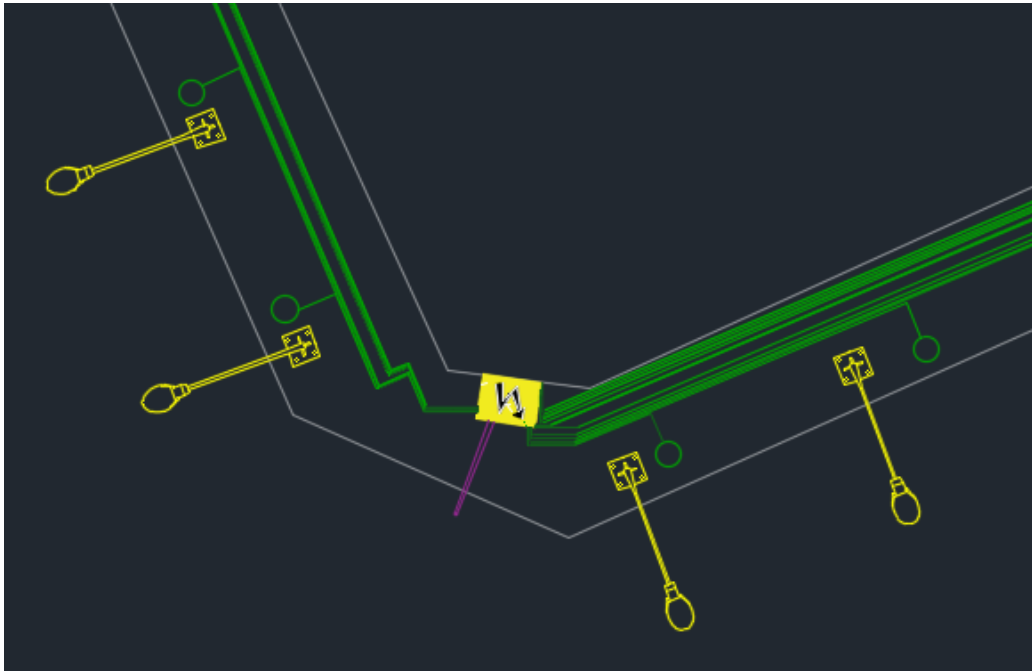


Figura 1.30: Localización del Armario Eléctrico en manzana

realiza para que la información del sistema pueda viajar por la red. Este cable se conecta por medio de un convertidor de medio. La razón por la que no se muestra más allá de este cable, así como su longitud, es porque no entra en la jurisdicción del proyecto actual, pero se muestra la relación que hay entre ambos.

La manzana tipo A es la más recurrente a lo largo de las 3 ciudades. Su acera es la que mayor longitud tiene. Cada lado de esta manzana mide unos 95 metros. Por tanto, la longitud de cable entre los dos puntos más alejados se encontrará en los 200 metros. Estas distancias se mantienen en las tres ciudades de la isla.

El plano tipo de la manzana A, en el apartado ?? de PLANOS, muestra las conexiones del cable Bus entre el armario eléctrico y los elementos de entrada, mostrando también la conexión entre los puntos más alejados al armario.

En la línea de un sistema KNX, la distancia entre un dispositivo y la fuente de alimentación no debe ser mayor a 350 metros. Como las líneas son de una longitud máxima de 1000 metros, entonces el total de fuentes de alimentación será 3. Aunque el número puede aumentar en función de los elementos conectados.

En este proyecto, el punto más alejado entre la fuente de alimentación y un sensor se encuentra en los 200 metros. Al no alcanzar una distancia superior a 350 metros, no ha sido necesaria la colocación de elementos de almacenamiento extras a lo largo de las manzanas que permitiesen la colocación de fuentes de alimentación adicionales al sistema de control.

Se ha hecho uso de los armarios ya instalados para colocar en uno de los compartimentos vacíos los elementos necesarios para la red de control. El espacio ha sido suficiente para colocar elementos adicionales. Esto será útil cuando sea necesario ampliar el sistema KNX para añadir más funcionalidades al sistema de control o ampliar el ya existente.



En la figura 1.31 se encuentra representado el armario predeterminado a usar con sus dimensiones totales. También se muestra la dimensión del panel donde se guardarán los dispositivos del sistema de control KNX, representado con un mayor grosor de línea. Las longitudes se encuentran en milímetros.

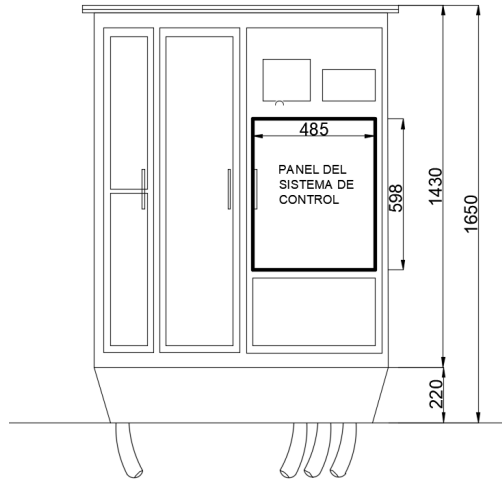


Figura 1.31: Localización del panel del sistema de control KNX en el armario eléctrico

La colocación exacta de los elementos en el panel puede observarse en la figura 1.32. En la misma, se puede apreciar un espacio vacío para la colocación de otro elemento. En principio, este sería para la colocación de una segunda fuente de alimentación en caso de requerirlo la alimentación del cable Bus, para que pueda abastecer a todos los dispositivos conectados. Sin embargo, cualquiera de los actuadores que se encuentran también puede ser sustituido, no solo por un dispositivo de alimentación, sino por otro elemento que permita realizar una nueva y futura configuración que se requiera cumplir por el sistema.

Cada línea contará, por el momento, con un máximo de 18 elementos en armario, repartiéndose en:

- 1 Pasarela IP
- 1 Conversor de Medio, Fast Ethernet-Fibra Óptica
- 1 Fuente de alimentación
- Hasta 14 Actuadores
- 1 espacio extra

En KNX, el máximo de dispositivos que se puede colocar en una línea es de 64, siempre que se cumplan con los requisitos energéticos para que funcione. Por tanto, habrá que tener en cuenta esta limitación de las líneas. Debido a que conectados a los elementos del mismo armario puede haber hasta un total de 72 sensores, los elementos del armario deberán repartirse de forma que puedan alojar más de una línea. Con dos sería suficiente. En ese caso, la pasarela IP y el Conversor de Medio doblarán su

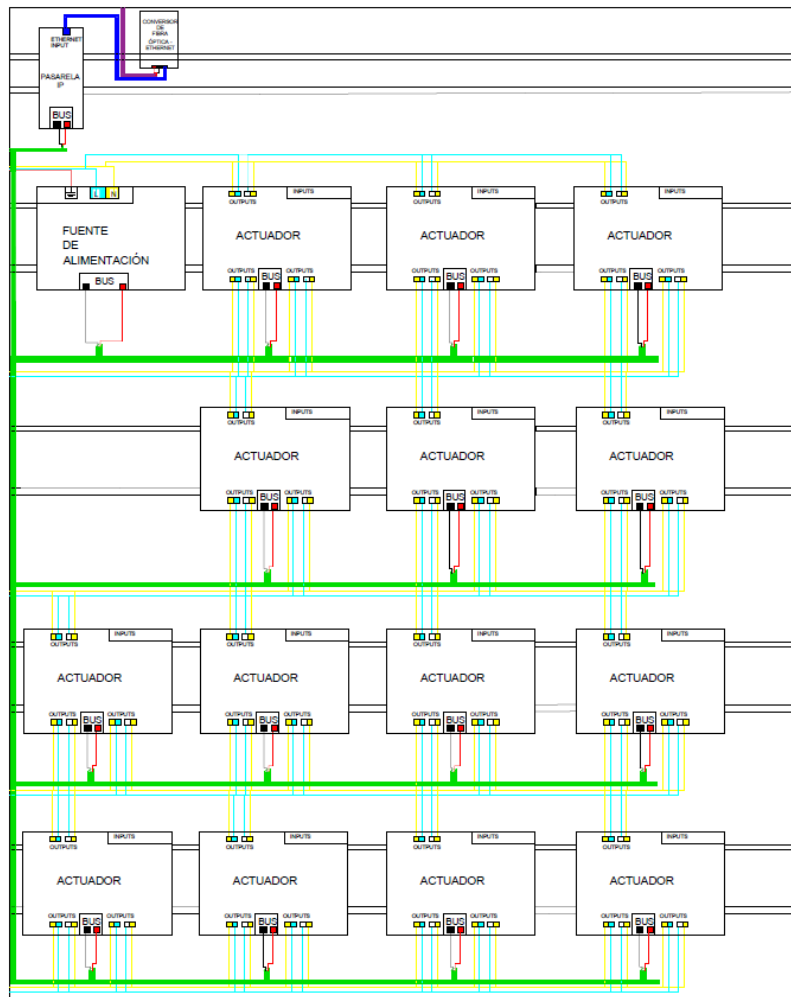


Figura 1.32: Esquema de los elementos del sistema de control en en el armario eléctrico

número, puesto que es la pasarela la que define las líneas, y la fuente de alimentación se incrementará en función del requerimiento energético de cada línea.

Dentro del compartimento, los elementos KNX irán sobre carril DIN como indica la información dada por el fabricante.

Con mayor detalle, en las figuras 1.33 y 1.34 se puede ver que la primera sección del armario está reservada únicamente para la pasarela IP y el convertidor de medio. El motivo es que mientras que el resto de elementos se instala sobre carril DIN 4.5, la pasarela requiere de DIN 2. Este carril también podría ser sustituido por el de otra dimensión en caso de que el elemento a instalar requiriese una medida diferente. Sin embargo, se deberá respetar la longitud suficiente de carril correspondiente para mantener a la pasarela. En el caso de los actuadores y la fuente de alimentación, se colocarán de dimensionado DIN 4.5. El convertidor de medio, que estará colocado junto a la pasarela IP, irá ajustado al carril por medio de otro elemento de sujeción mecánica, como bridas. De esta forma, se garantiza su colocación. La posición del convertidor

deberá ser cercana a la pasarela IP puesto que irán conectados por un único cable Ethernet.

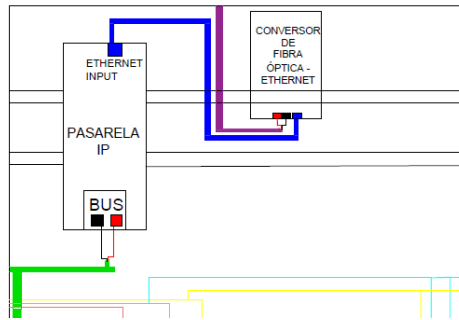


Figura 1.33: Esquema de la conexión entre la pasarela y el convertor en el armario

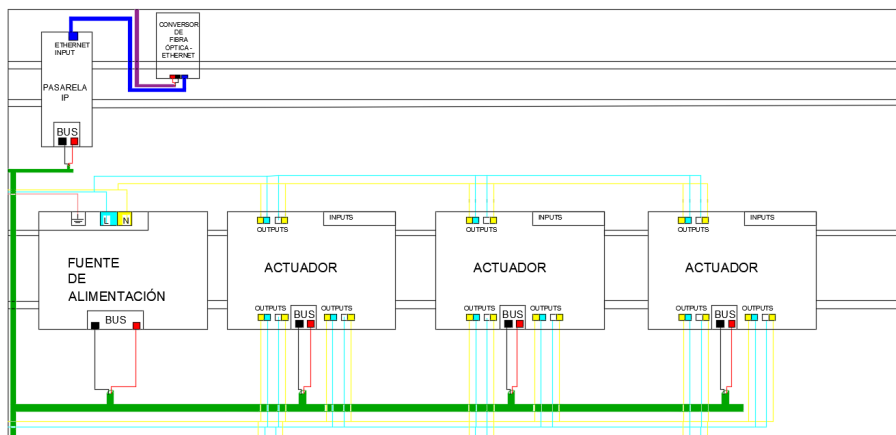


Figura 1.34: Esquema de la conexión en el armario sector

En la figura 1.33, se puede observar en mayor detalle la conexión entre la pasarela IP y el convertor de medios, en formato esquema. En verde se representa al cable KNX, en azul las conexiones Ethernet y en morado la conexión de fibra óptica. Los cables rojo y negro hacen referencia al par utilizado por el Bus, más detallado en el apartado 3, DESCRIPCIÓN DE MATERIALES, en el apartado 3.1, CABLE BUS KNX.

Dentro del Armario, todos los elementos se encontrarán conectados entre sí por un único cable Bus, como se muestra en la figura 1.32, siempre que estos formen parte de la misma línea. En caso contrario, habrá varios cables Bus conectados a los elementos de su línea concreta.

El esquema del actuador, figura 1.35, muestra las conexiones tanto al Bus KNX como a las de salida, mostrándose en mayor detalle a lo largo de todo el panel del armario en la imagen 1.32, como ya se ha mencionado. En color verde se muestra la conexión del cable Bus. En color amarillo se muestra la conexión del sistema eléctrico, a la línea neutra, mientras que en azul cielo, la conexión a la línea eléctrica.

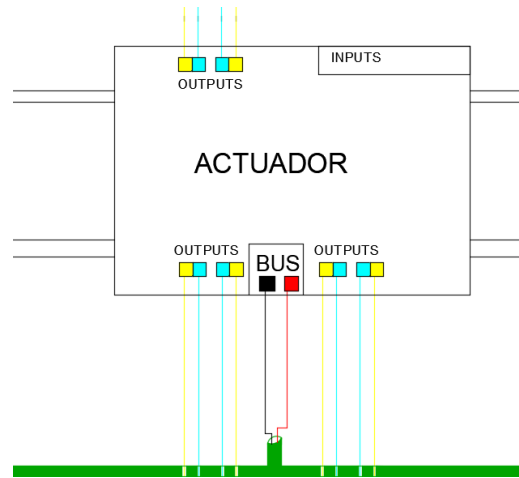


Figura 1.35: Esquema de la conexión del actuador en el armario sector

Se ha comprobado que el compartimento donde se van a instalar los elementos cuenta con buena ventilación para evitar sobrecalentamientos y deterioro en los dispositivos del sistema.

CAPÍTULO





# 2

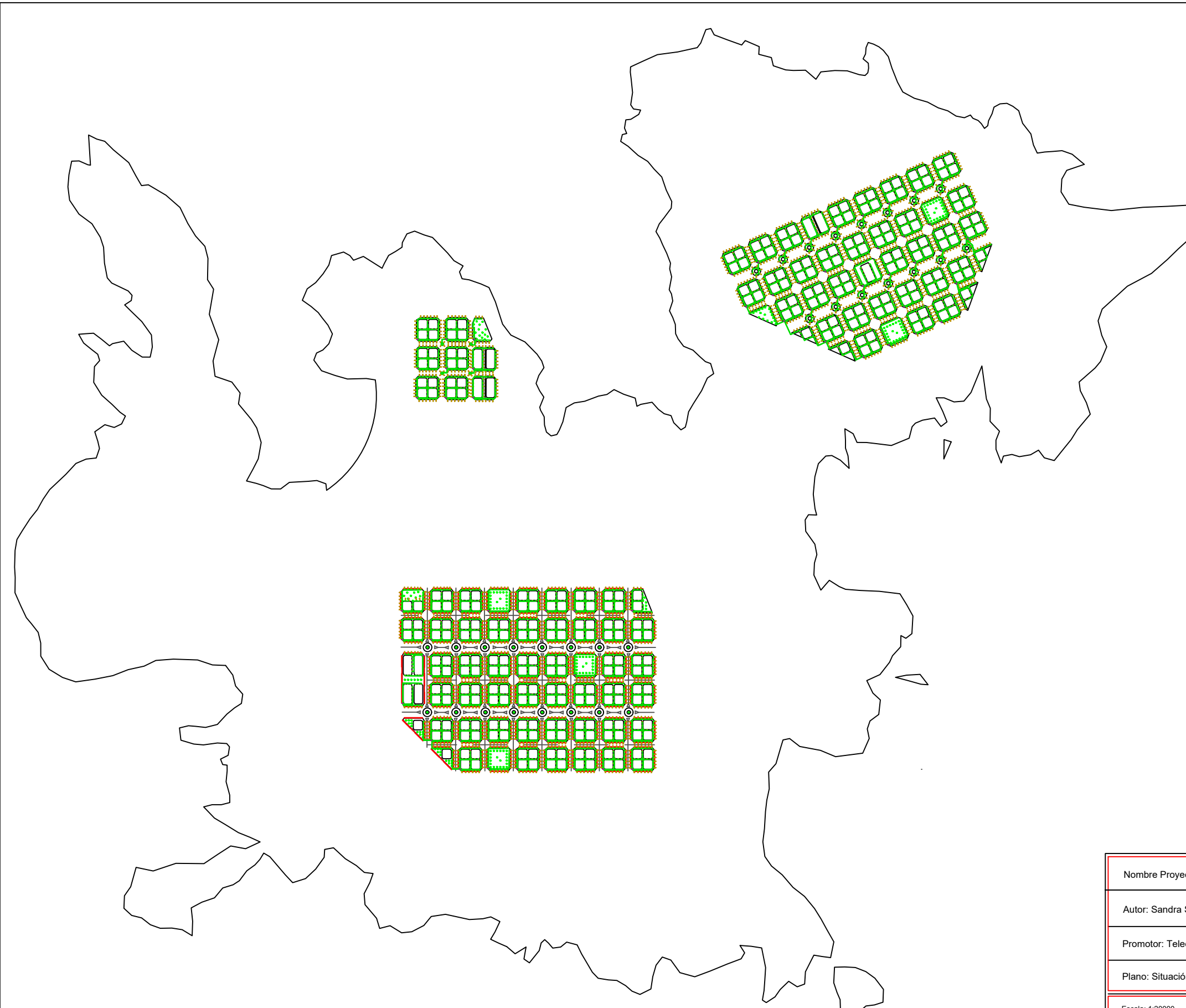
## PLANOS

Los planos referenciados a lo largo de este proyecto muestran el diseño del sistema de control que se desea implementar. Los planos se han dividido en:

- **Plano Situación.** Visión general de la isla sin las poblaciones.
- **Plano Situación Ciudades.** Visión general de la isla con la ubicación de las tres ciudades sobre las que se desarrolla el proyecto.
- **Planos Guía de la Ciudad.** Visión de la ciudad con las diferentes infraestructuras y tipos que la forman. Solo se tendrán en cuenta aquellas en las que se vaya a aplicar el sistema de control. Habrá un plano por ciudad, siendo un total de 3.
- **Planos Tipo.** En estos planos se define el sistema de control en cada infraestructura de la ciudad. Habiendo un total de 12 tipos distintos de manzanas y 2 tipos de rotondas donde se implementará. El total de planos de esta categoría es 14.
- **Esquemas.** Esquemas de topología, de conexión, de elementos y otros que muestran ejemplos de posibles conexiones en tramos pequeños.



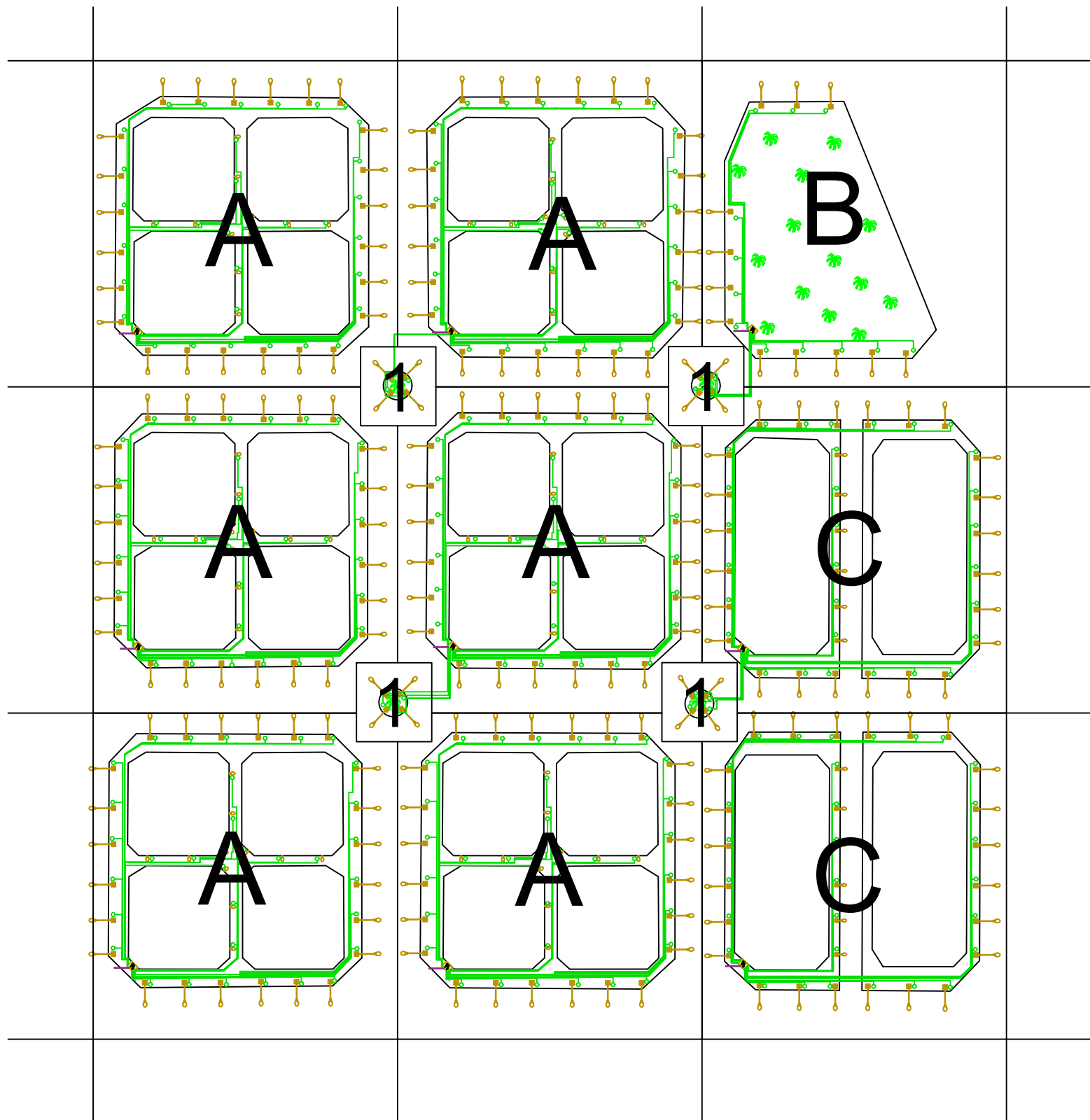
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Situación Isla	Nº de plano: 1 /19
Escala: 1:20000 Escala gráfica: 	Firma: 



**LEYENDA**

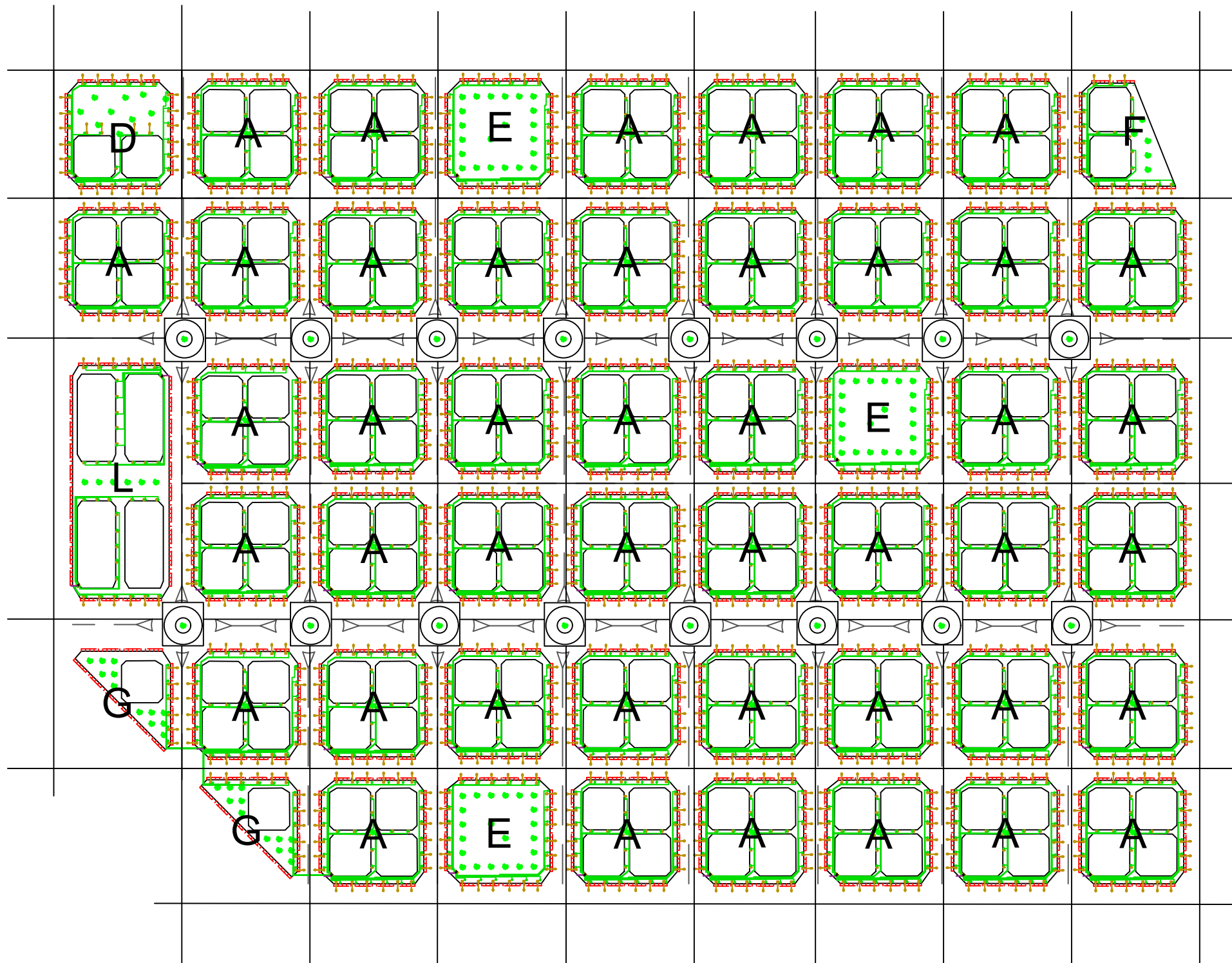
	Ciudad 1
	Ciudad 2: Central
	Ciudad 3

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Situación ciudades	Nº de plano: <b>2</b> /19
Escala: 1:20000 Escala gráfica: 	Firma: 




Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Guía Ciudad 1	Nº de plano: 3 /19
Escala: 1:2000 Escala gráfica: 	Firma: 

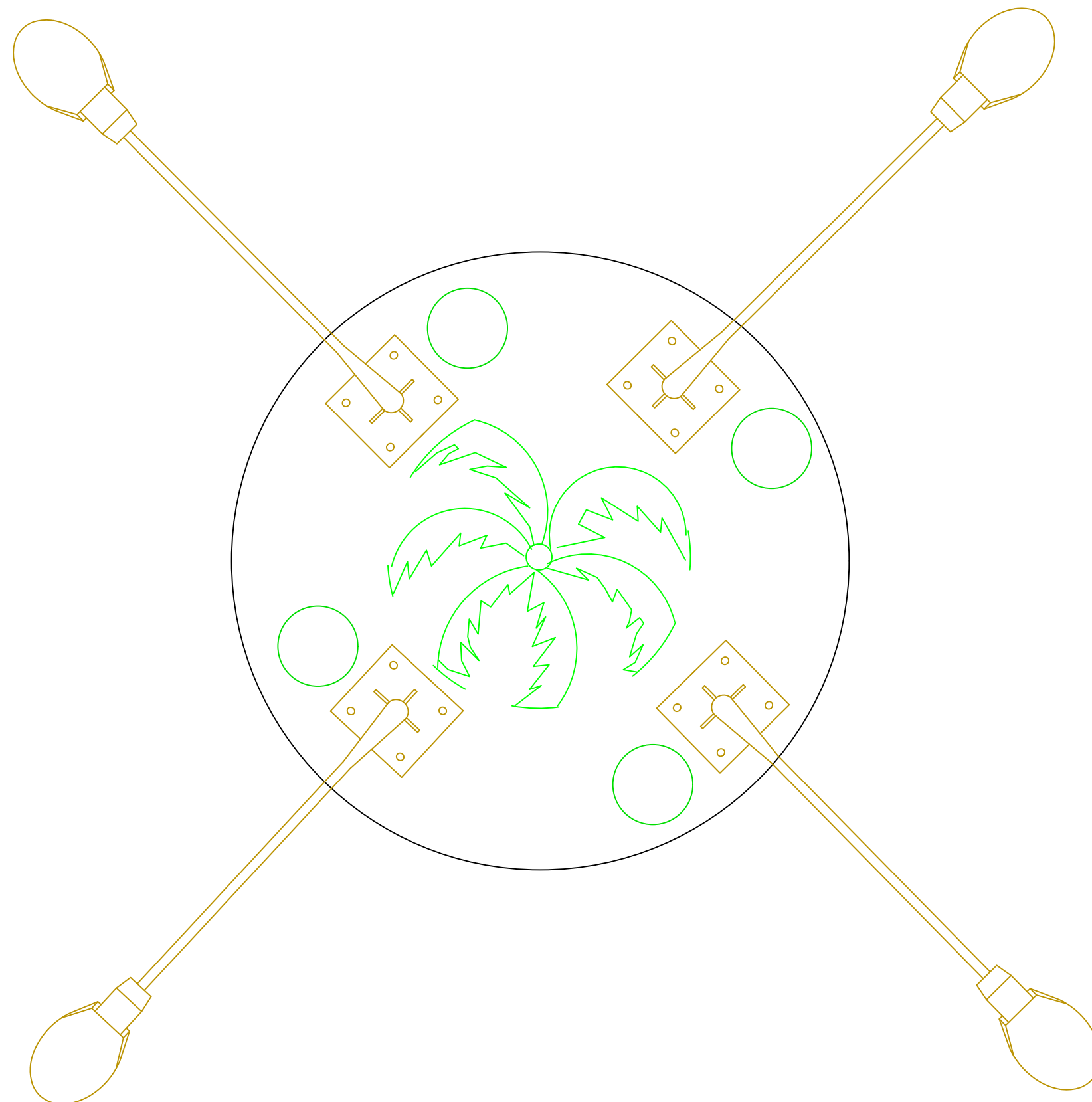




Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Guía Ciudad 2	Nº de plano: 4 /19
Escala: 1:1000 Escala gráfica: 	Firma: 





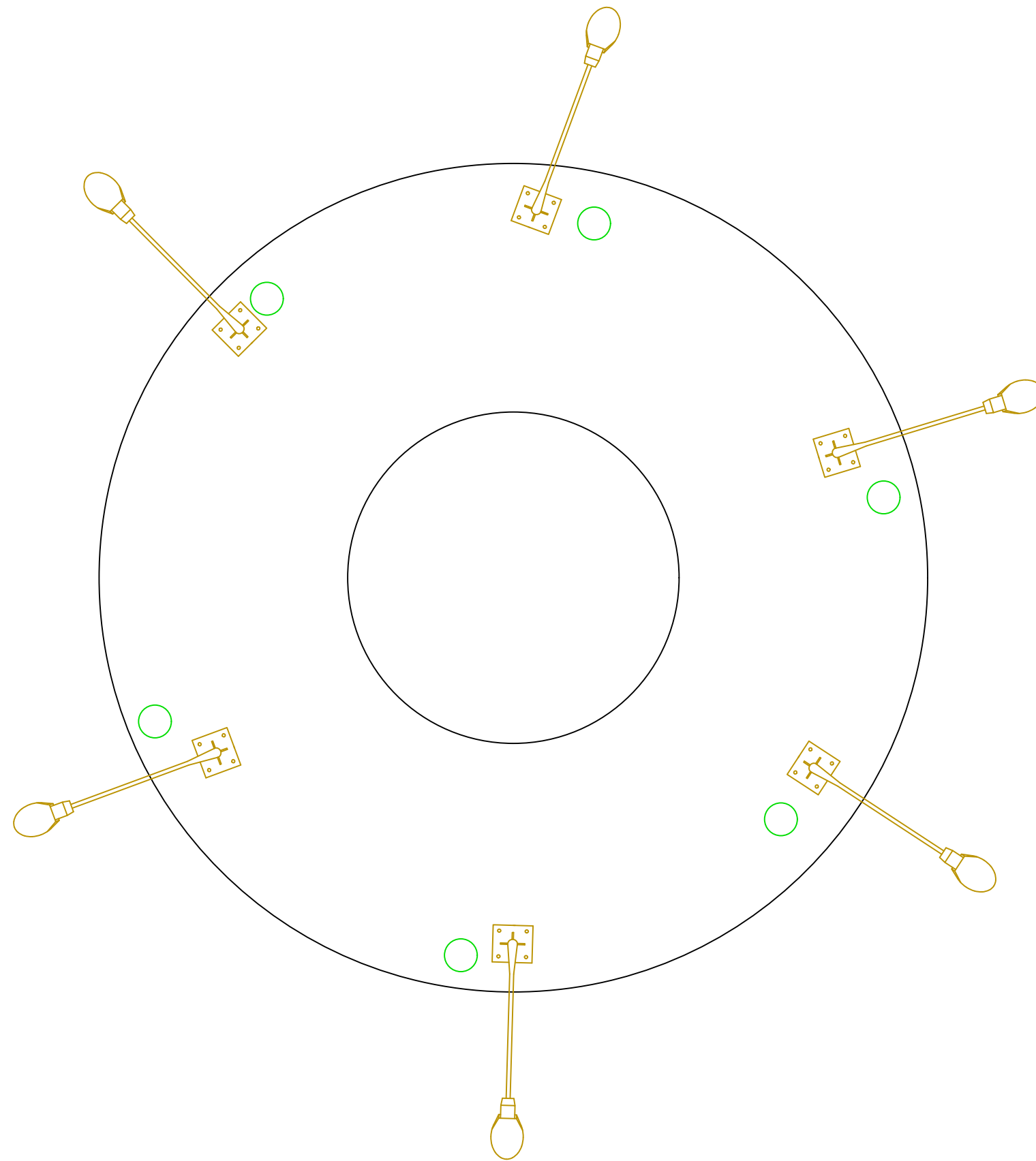
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Guía Ciudad 3	Nº de plano: 5 /19
Escala: 1:1000 Escala gráfica: 0 10 20 30 40 m	Firma: 



**LEYENDA**



○ SENSOR DE MOVIMIENTO

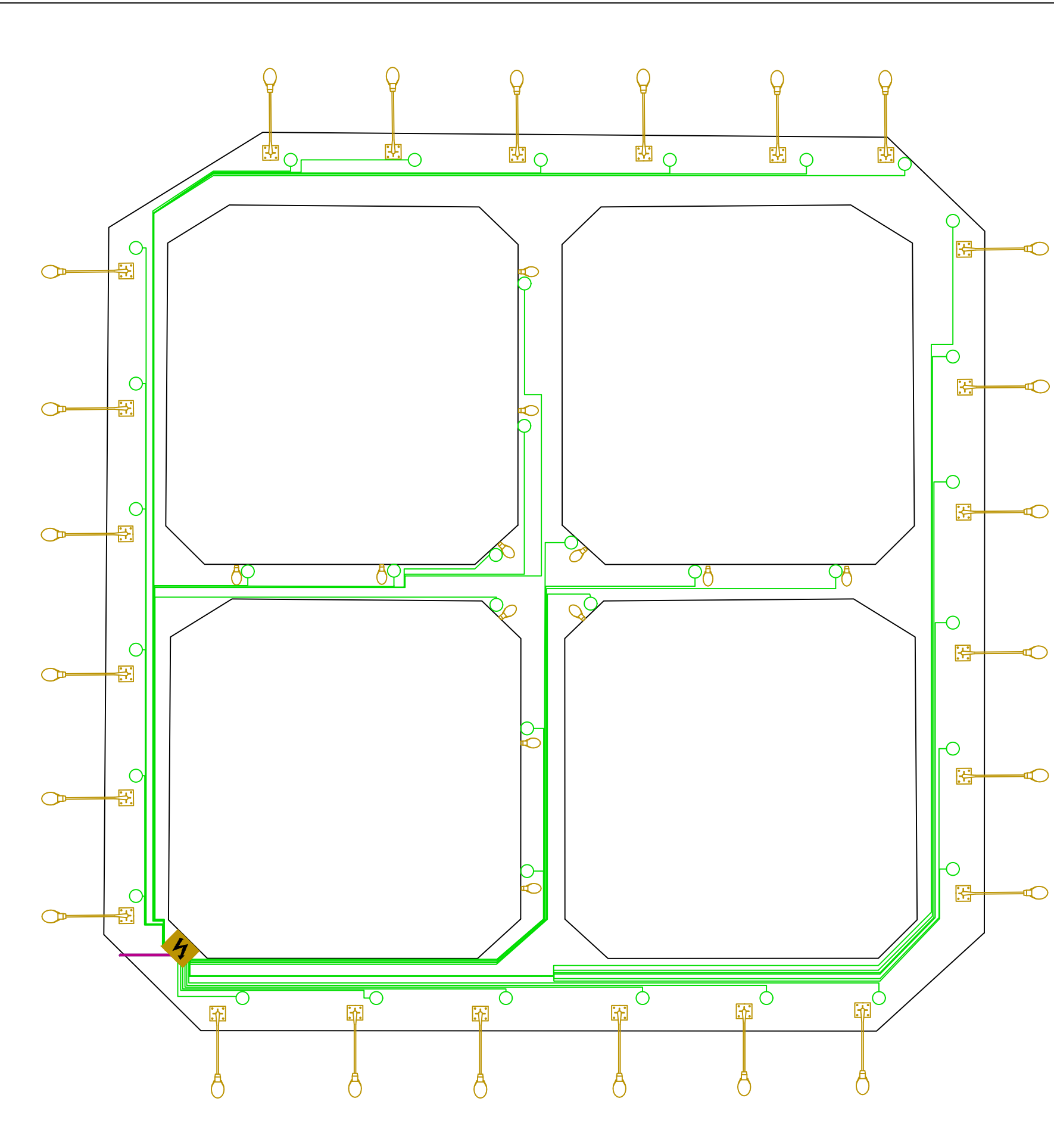
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Rotonda Tipo 1	Nº de plano: <b>6</b> /19
Escala: 1:50 Escala gráfica: 	Firma: 







**LEYENDA**



○ SENSOR DE MOVIMIENTO

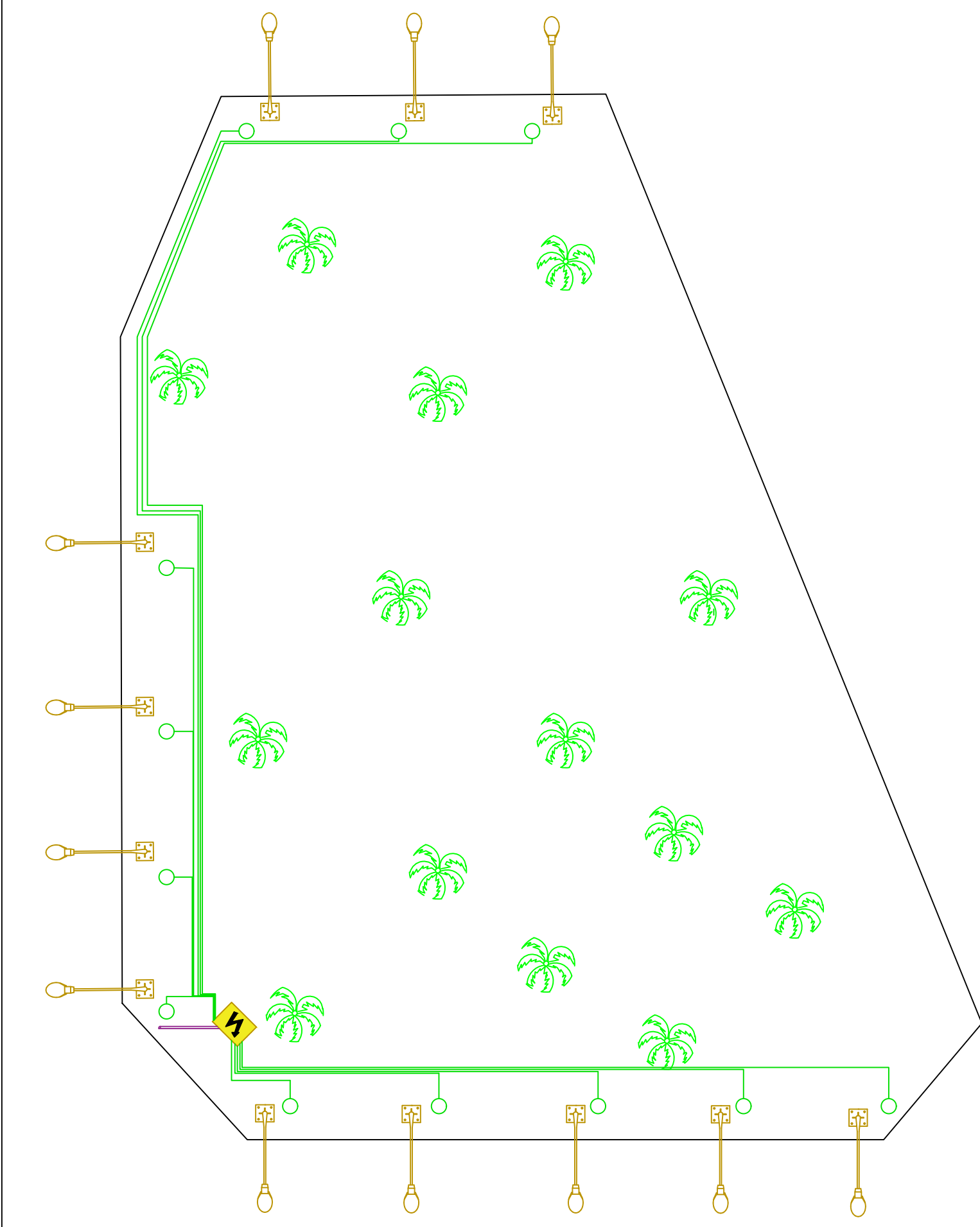
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Rotonda Tipo 2	Nº de plano: <b>7</b> /19
Escala: 1:100 Escala gráfica: 	Firma: 



**LEYENDA**

-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo A	Nº de plano: <b>8</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 

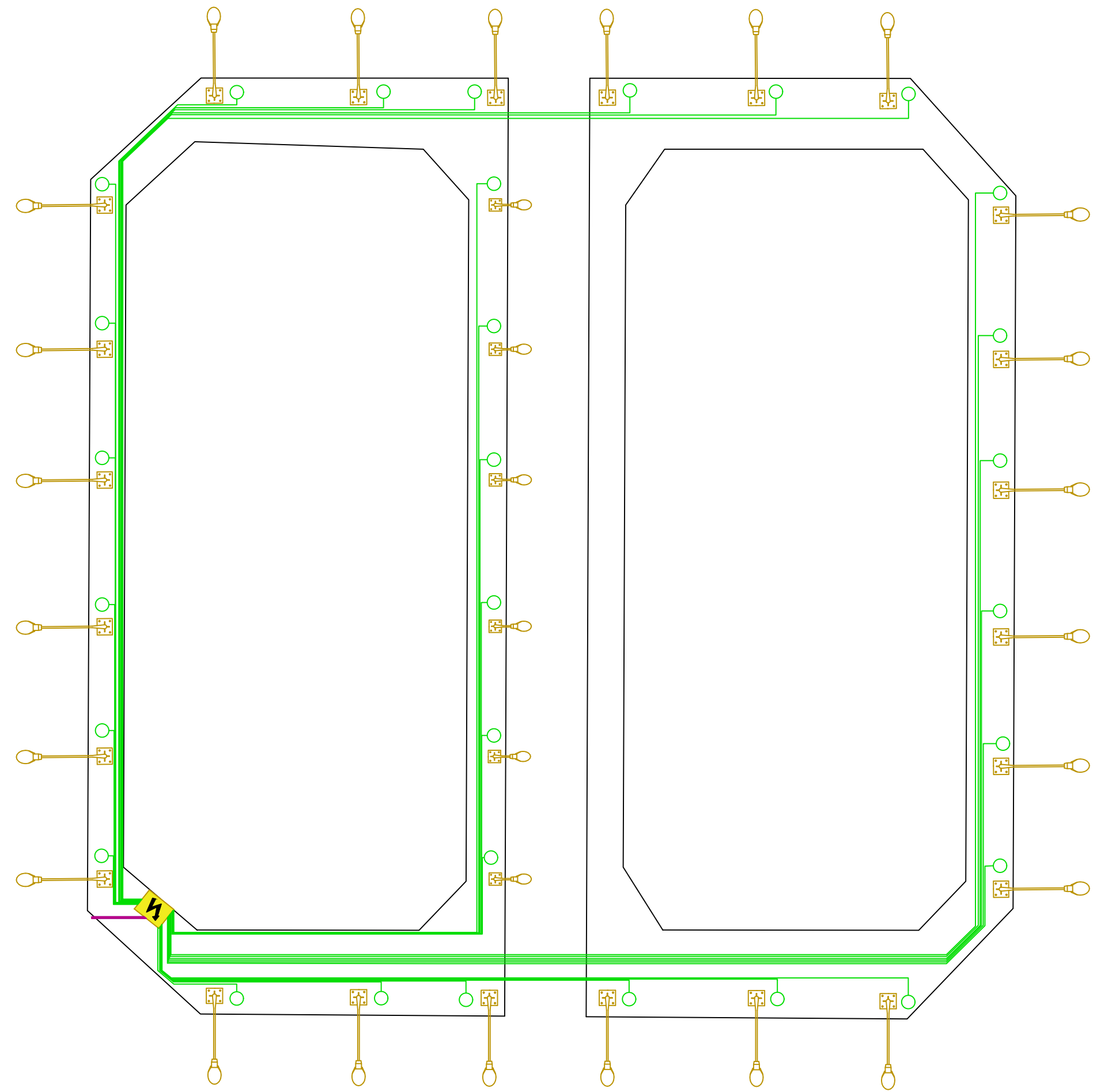


**LEYENDA**





- ARMARIO ELÉCTRICO
- SENSOR DE MOVIMIENTO
- CABLE BUS KNX-EIB
- CABLE FIBRA ÓPTICA



Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo B	Nº de plano: <b>9</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 

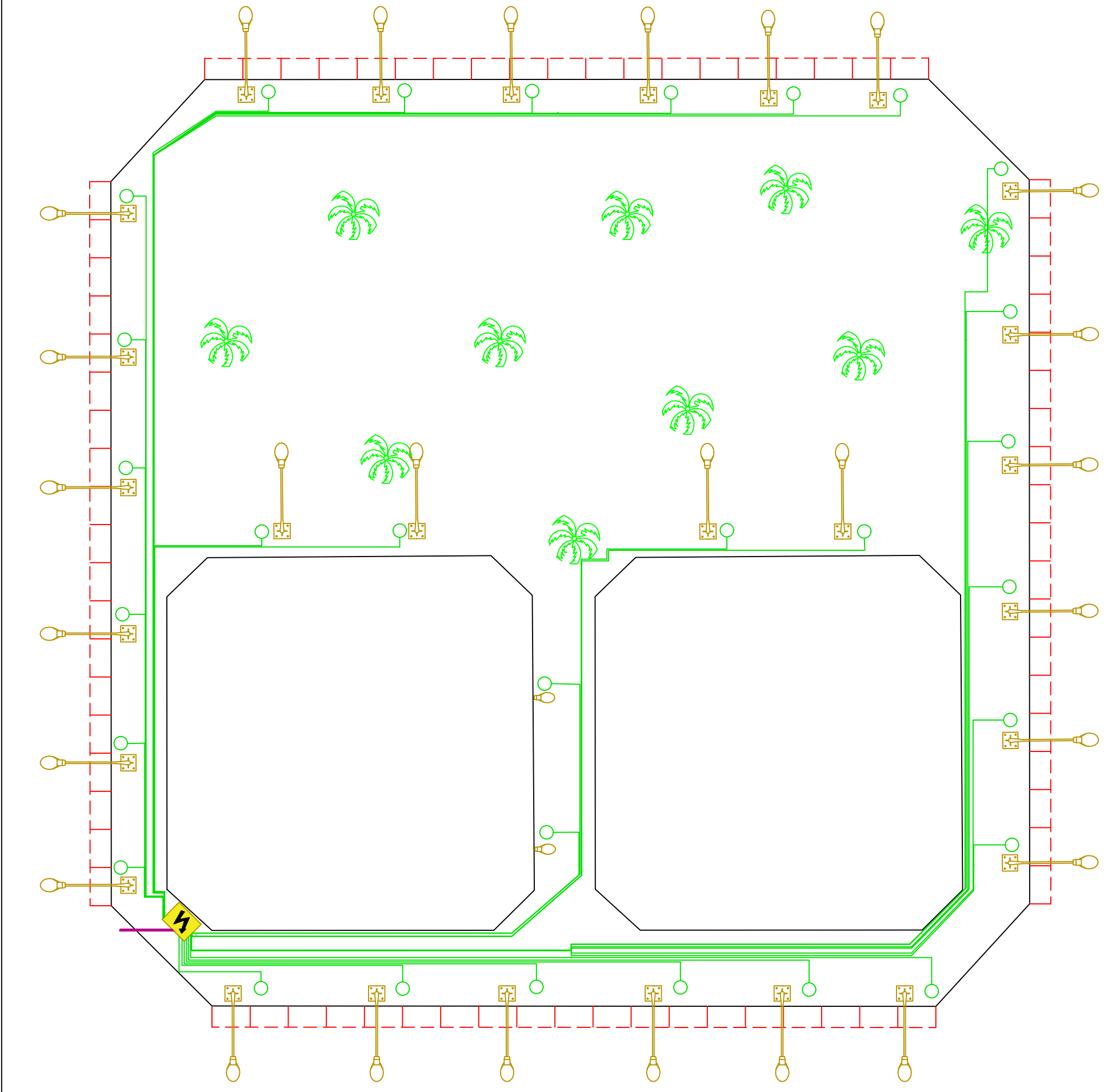








**LEYENDA**



-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo C	Nº de plano: <b>10</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 







**LEYENDA**

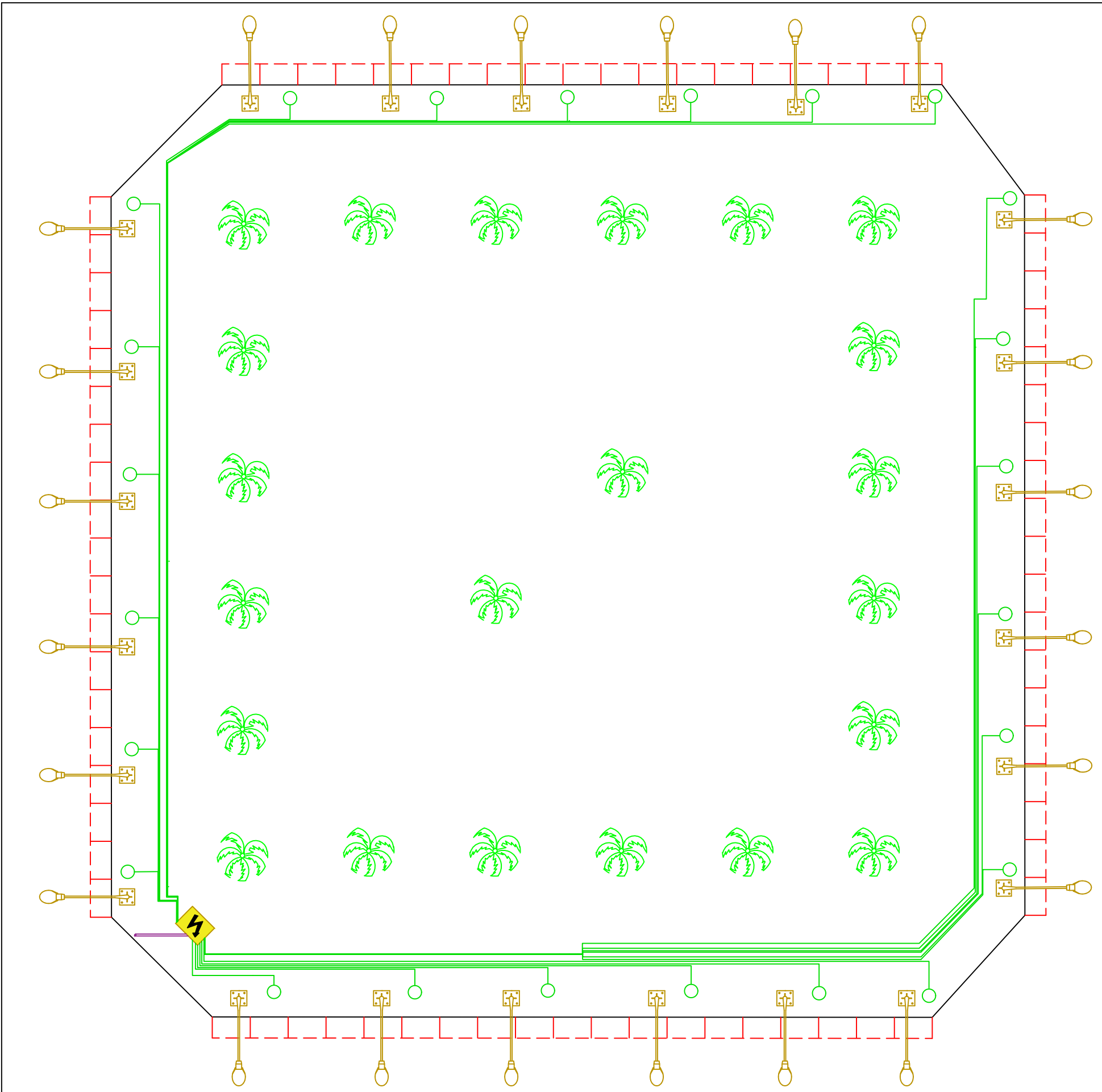
-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA



Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo D	Nº de plano: 11 /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 

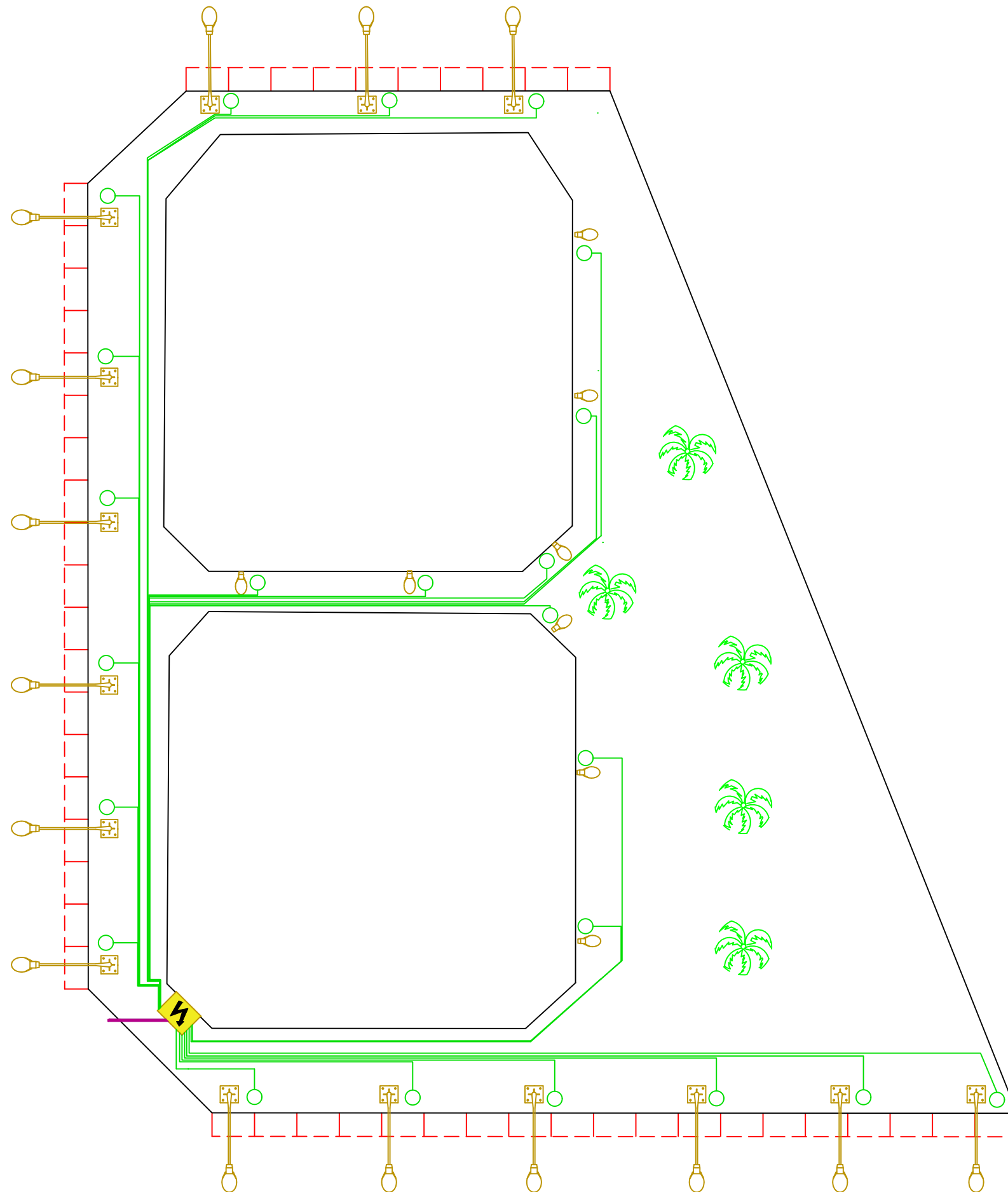


**LEYENDA**





-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA





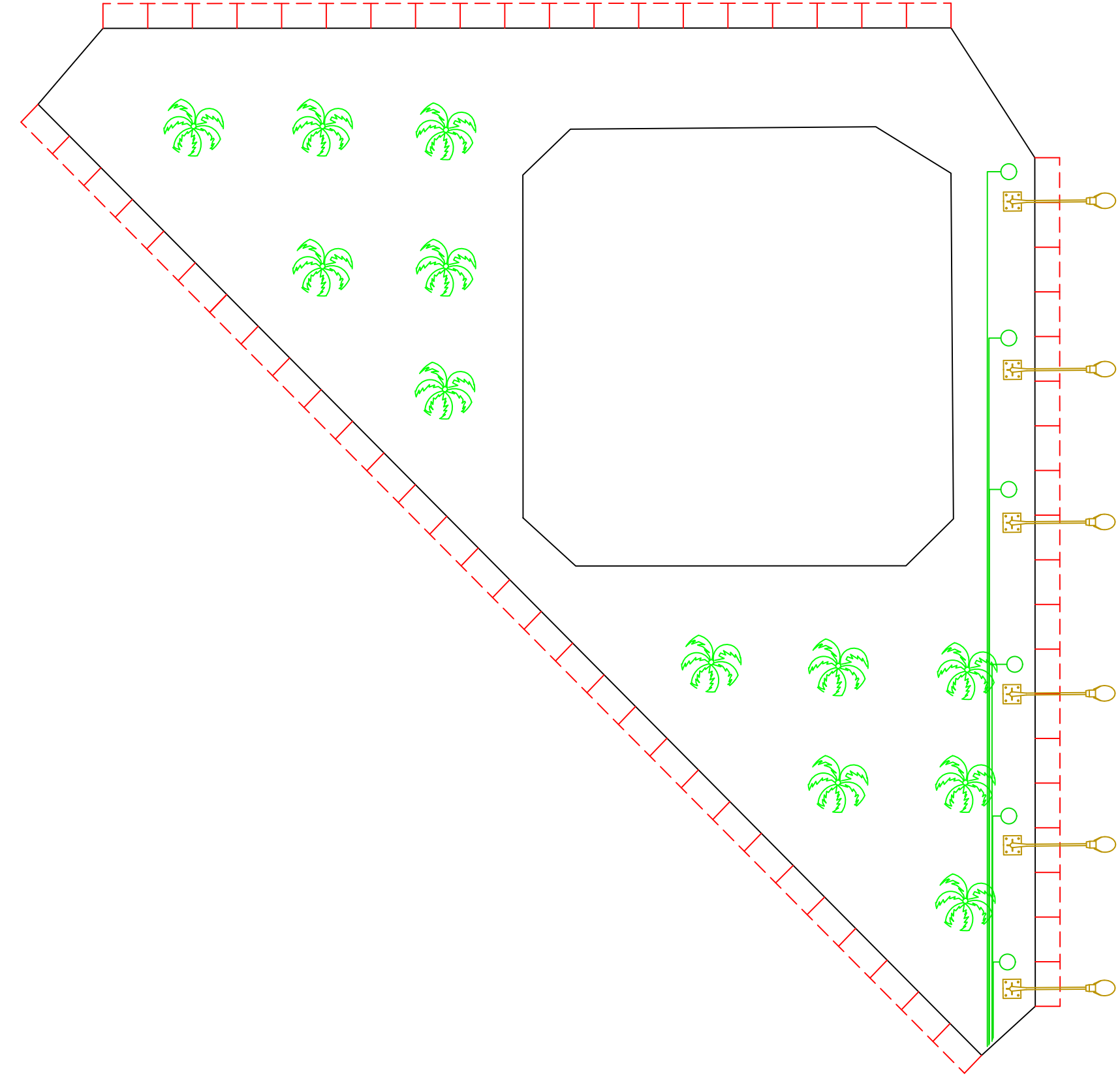
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo E	Nº de plano: 12 /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 



**LEYENDA**

-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA

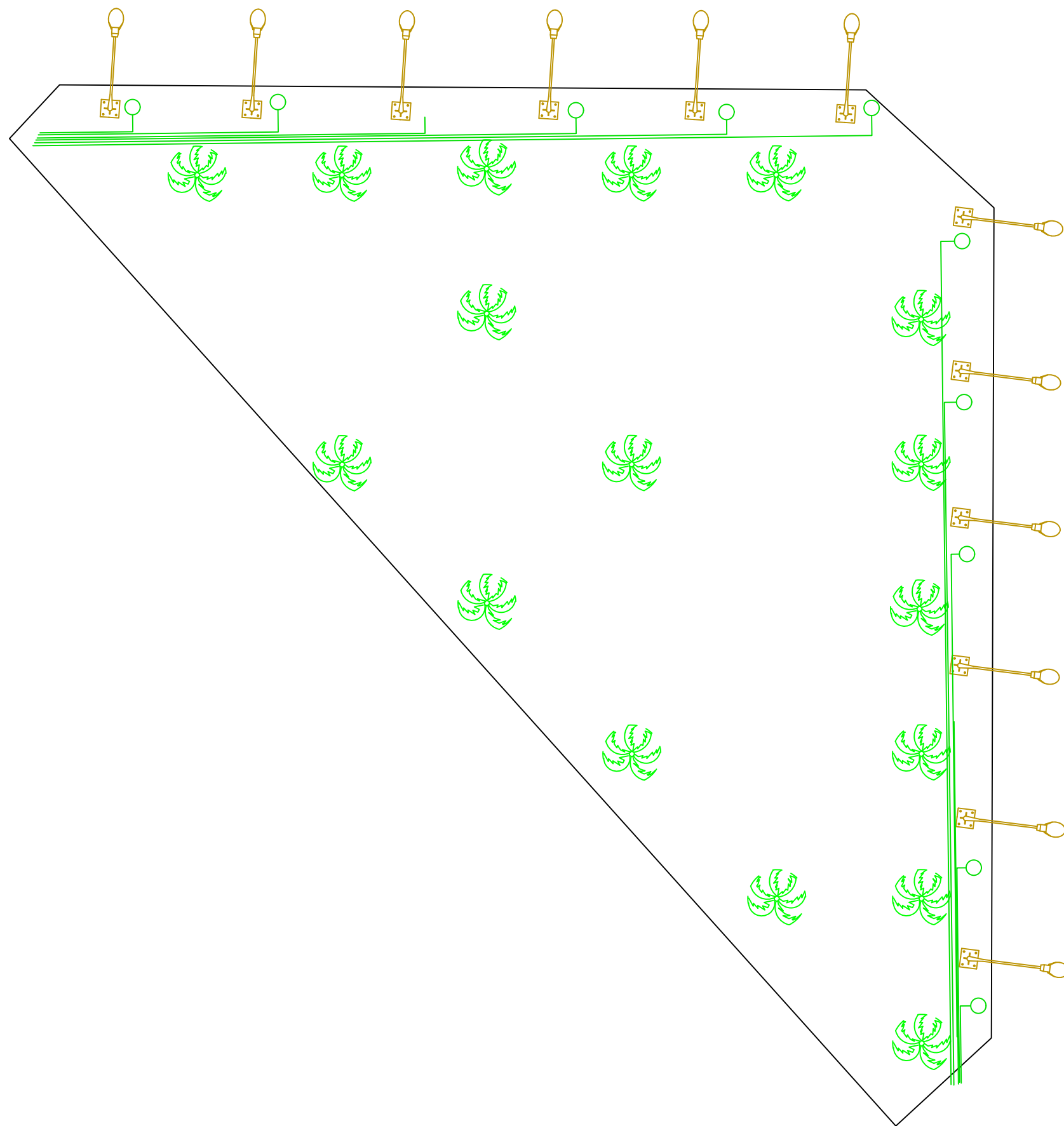
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo F	Nº de plano: <b>13</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 



**LEYENDA**



- SENSOR DE MOVIMIENTO
- CABLE BUS KNX-EIB

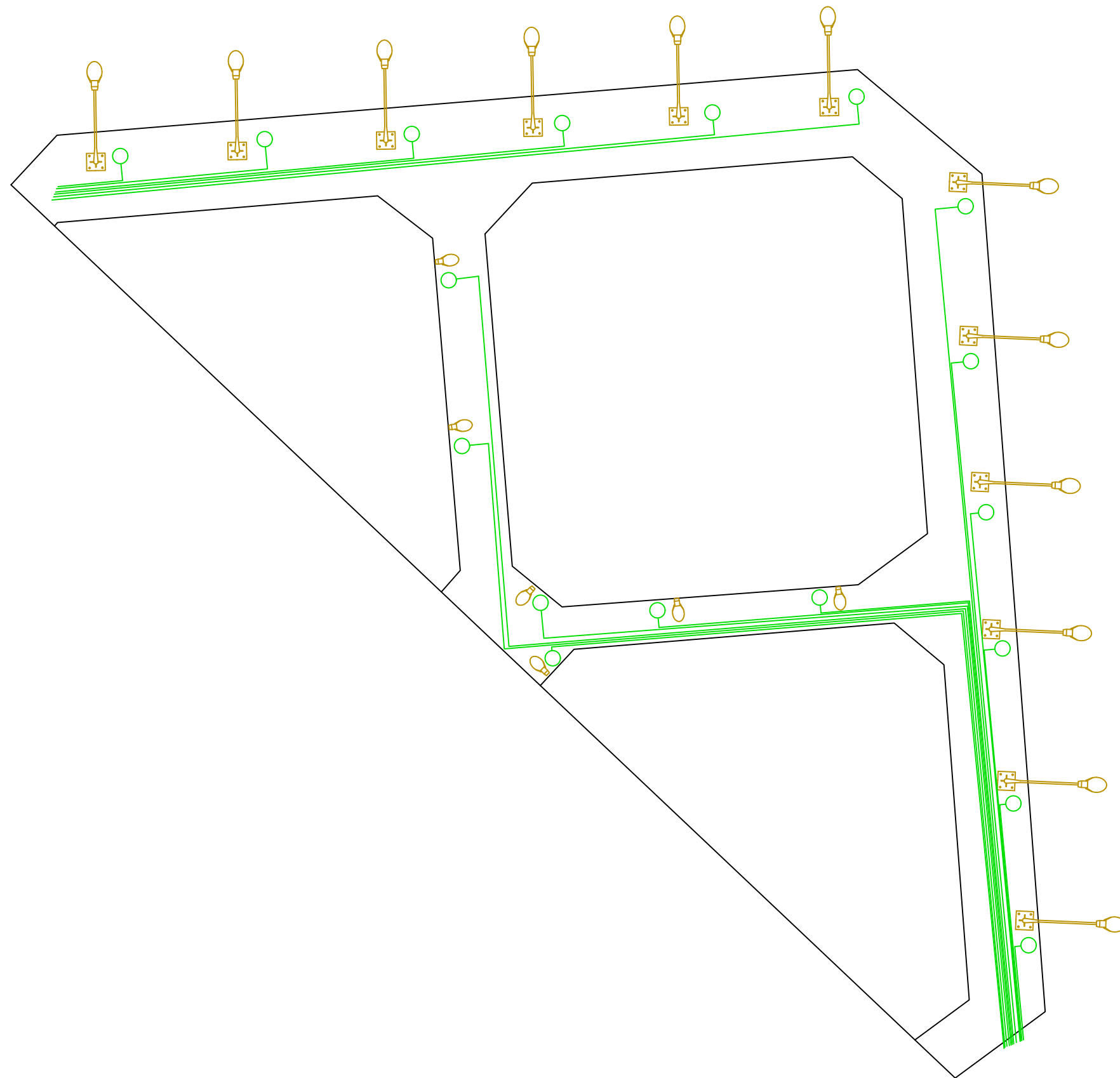
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo G	Nº de plano: <b>14</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 



**LEYENDA**



- SENSOR DE MOVIMIENTO
- CABLE BUS KNX-EIB

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Rotonda Tipo H	Nº de plano: <b>15</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 









**LEYENDA**

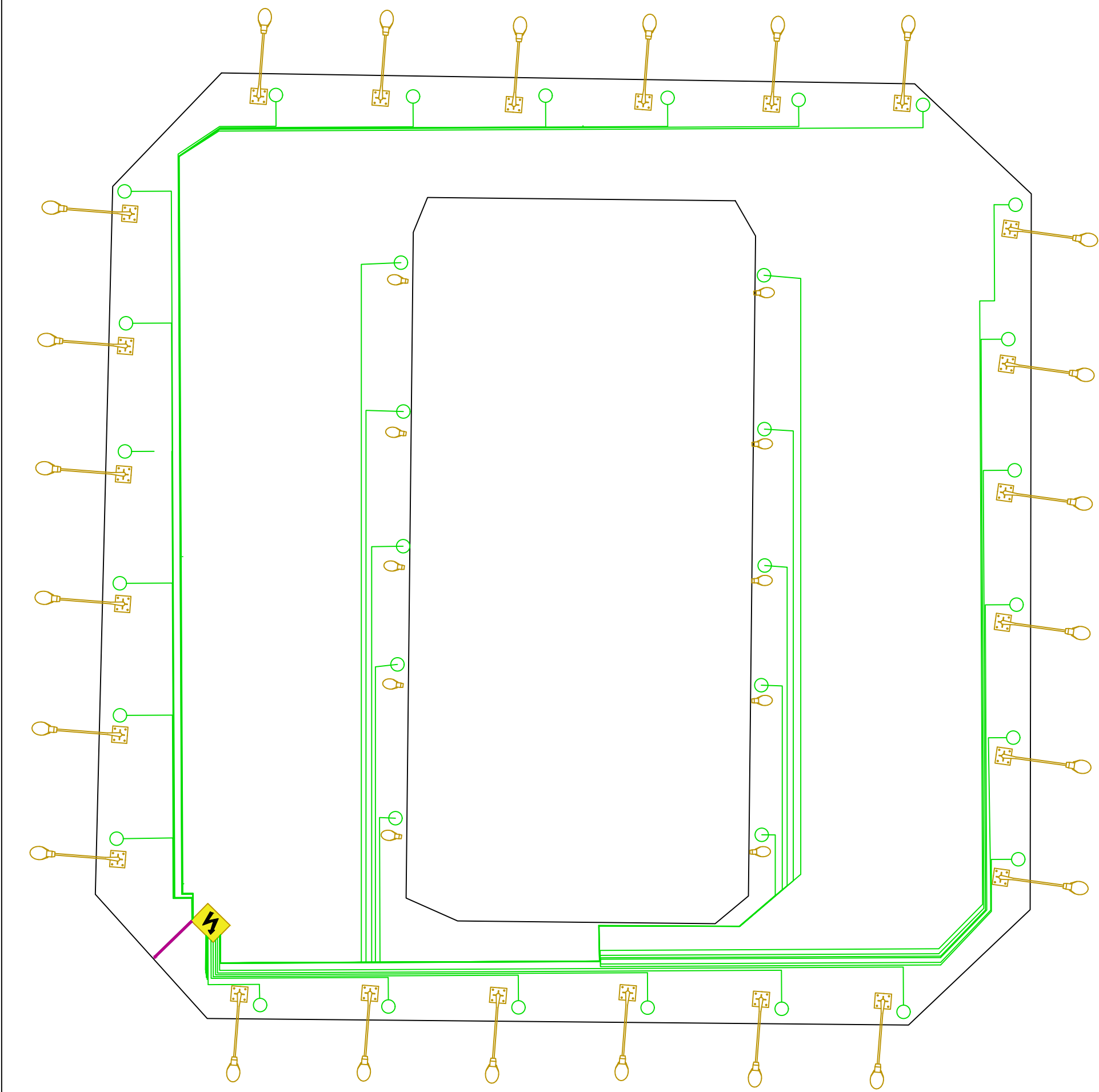
- SENSOR DE MOVIMIENTO
- CABLE BUS KNX-EIB

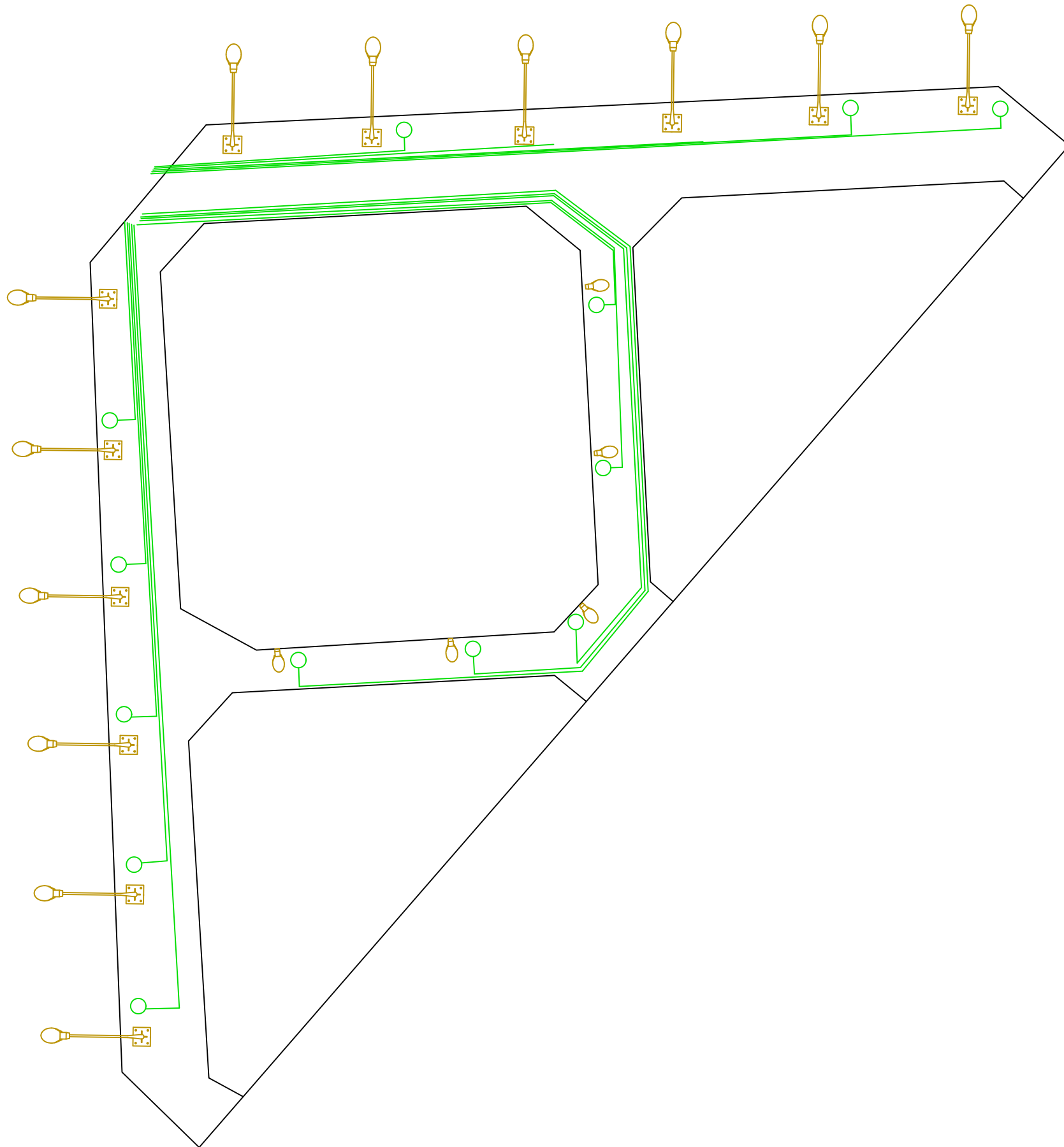
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Rotonda Tipo I	Nº de plano: <b>16</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 

**LEYENDA**

-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA



Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Rotonda Tipo J	Nº de plano: <b>17</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 









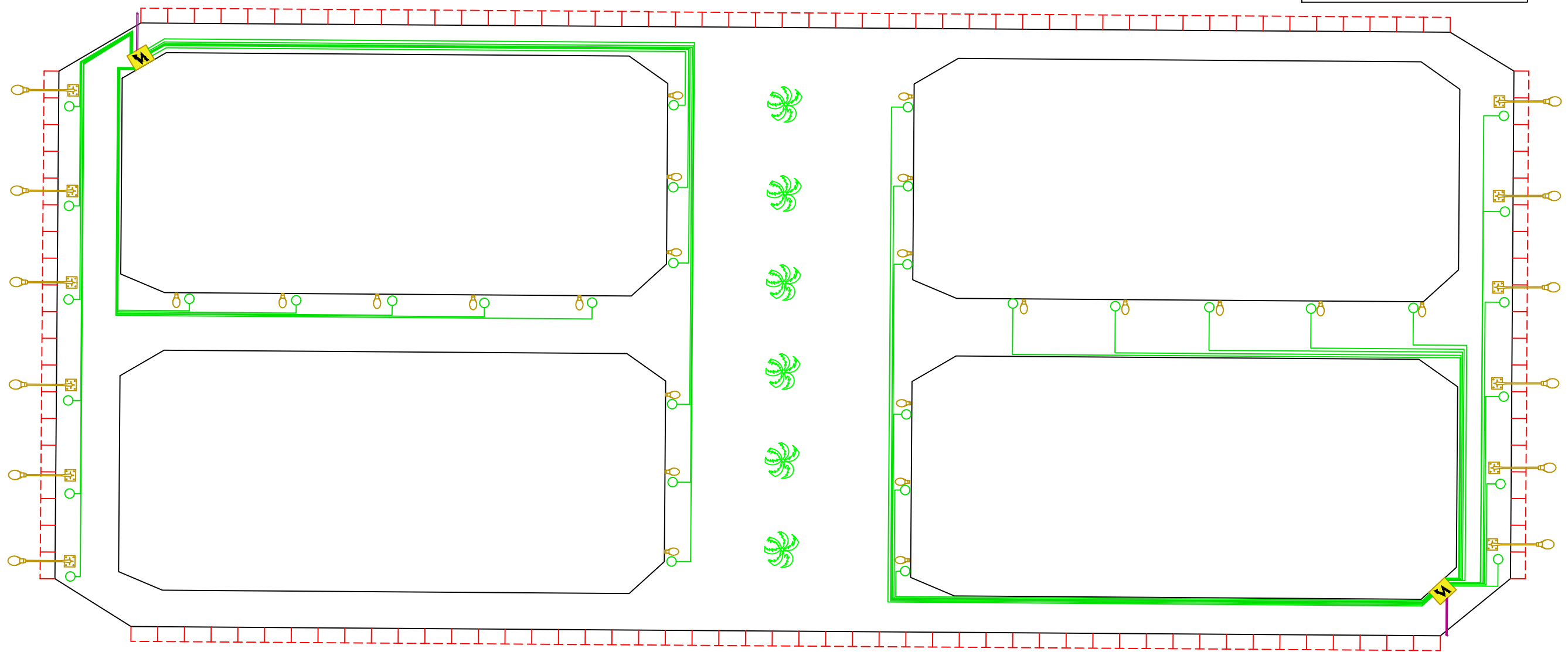
**LEYENDA**



- SENSOR DE MOVIMIENTO
- CABLE BUS KNX-EIB

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Rotonda Tipo K	Nº de plano: <b>18</b> /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 

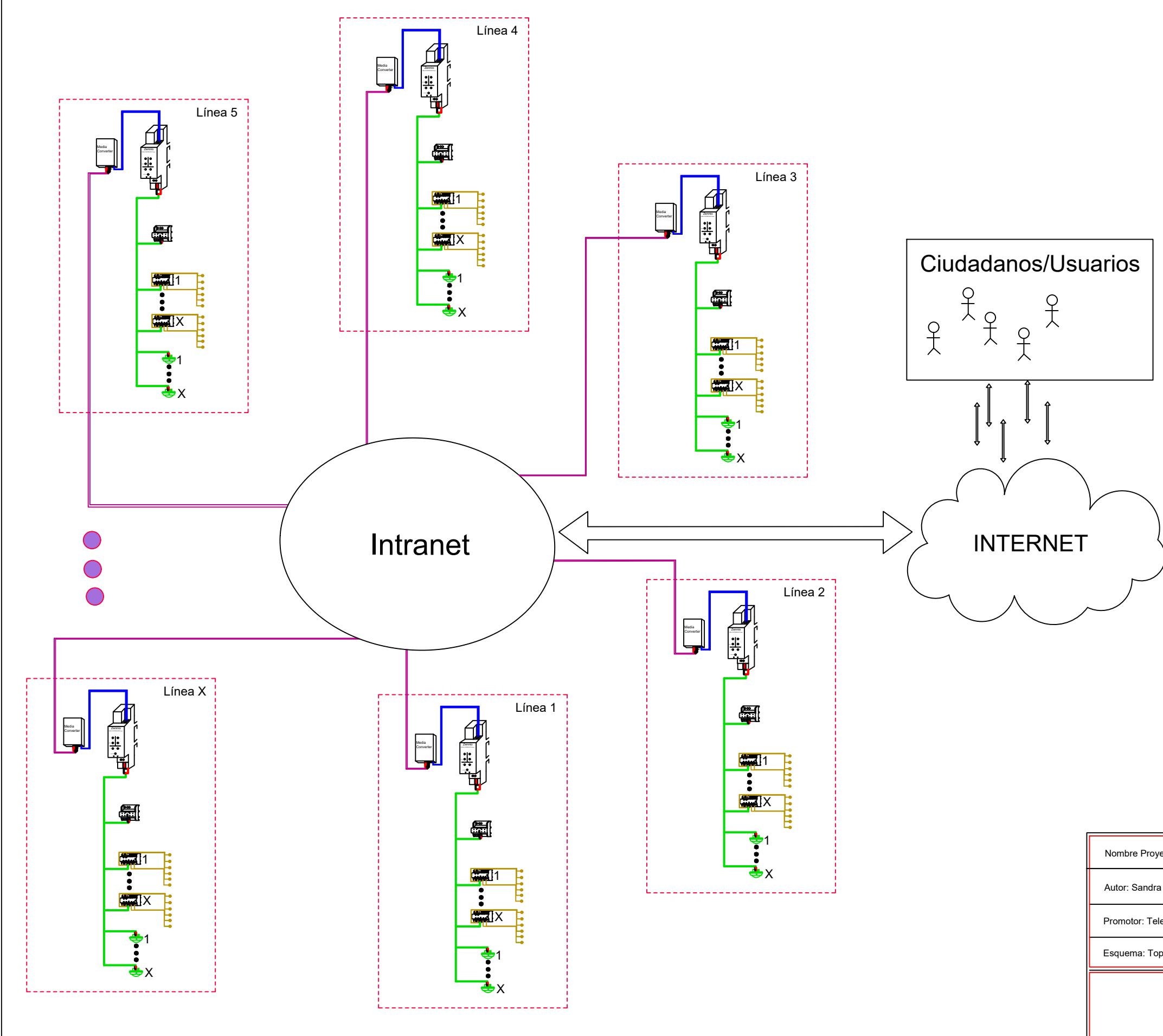
**LEYENDA**

-  ARMARIO ELÉCTRICO
-  SENSOR DE MOVIMIENTO
-  CABLE BUS KNX-EIB
-  CABLE FIBRA ÓPTICA



Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Plano: Manzana Tipo L	Nº de plano: 19 /19
Escala: 1:500 Escala gráfica: 	Firma: 



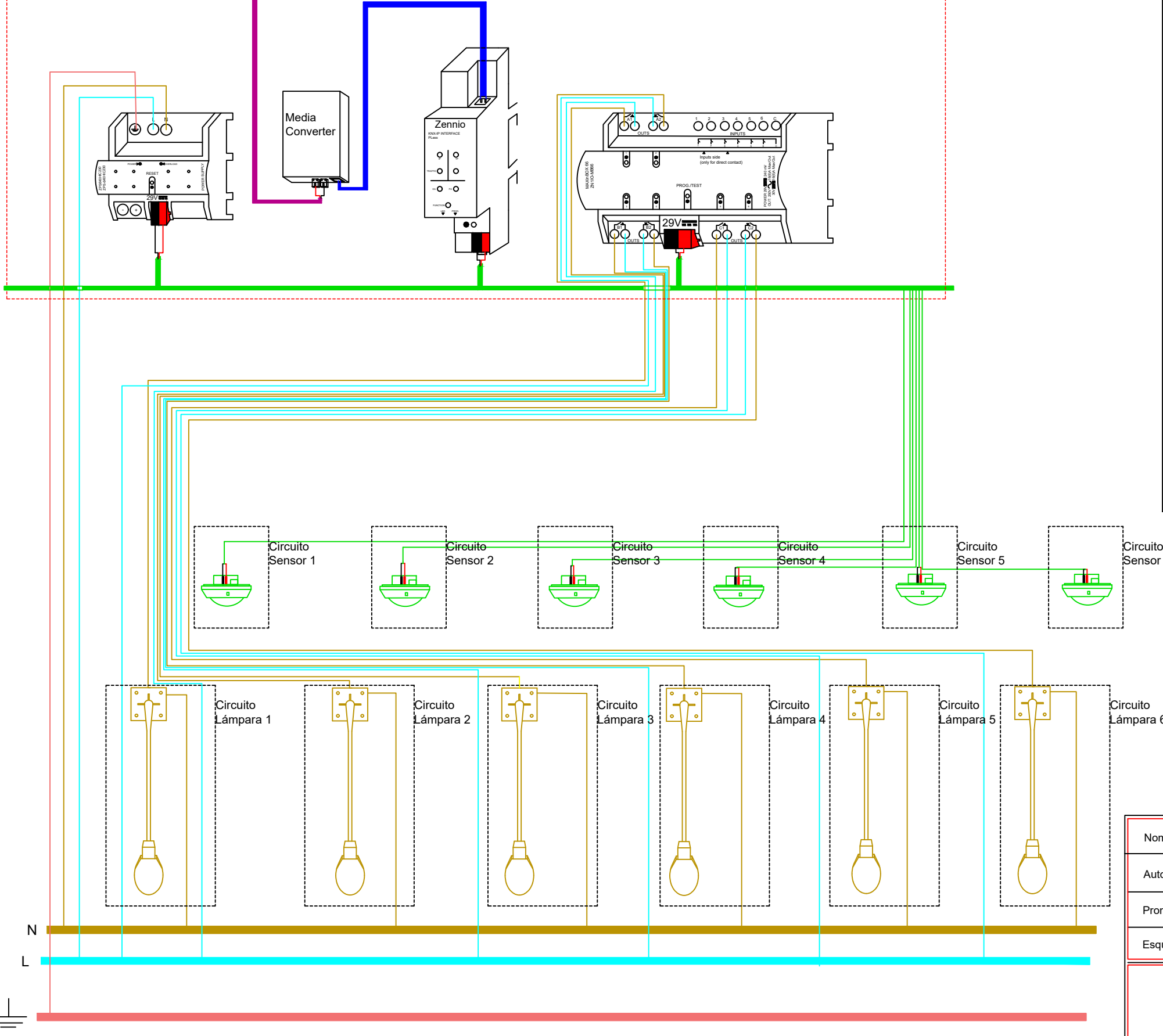


### LEYENDA

- SISTEMA DE CONTROL KNX
- SISTEMA DE ALUMBRADO ELÉCTRICO
- CONEXIÓN FIBRA ÓPTICA
- CONEXIÓN ETHERNET
- IDENTIFICACIÓN CABLEADO PAR BUS KNX
- SENSOR KNX
- ACTUADOR KNX
- FUENTE DE ALIMENTACIÓN KNX
- CONVERTOR DE MEDIO (TX-FX)
- PASARELA IP KNX
- LÍNEAS DEL SISTEMA KNX

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Esquema: Topología KNX	Nº de Esquema: <b>1</b>
Firma:	

# ARMARIO SECTOR

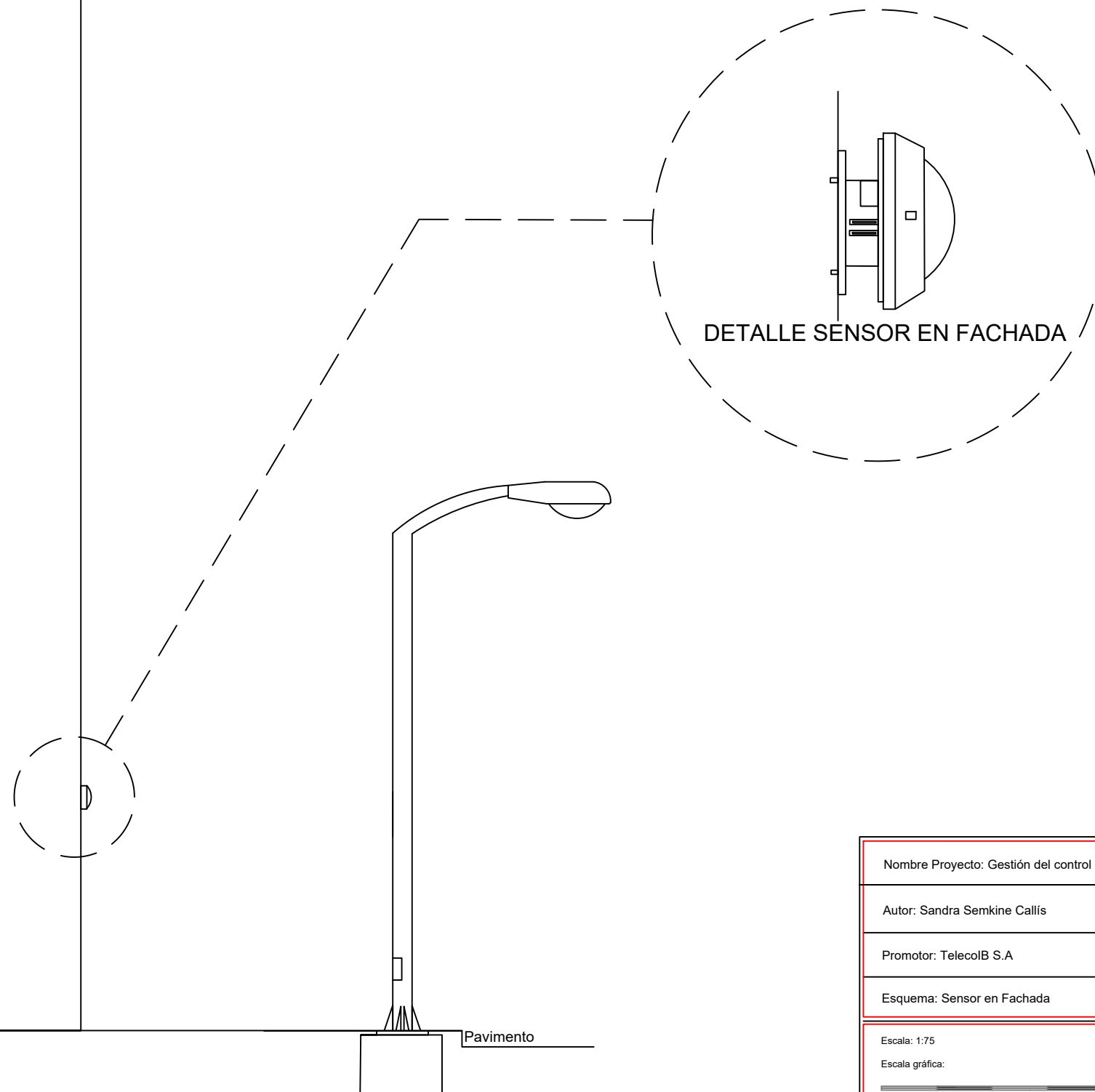


## LEYENDA

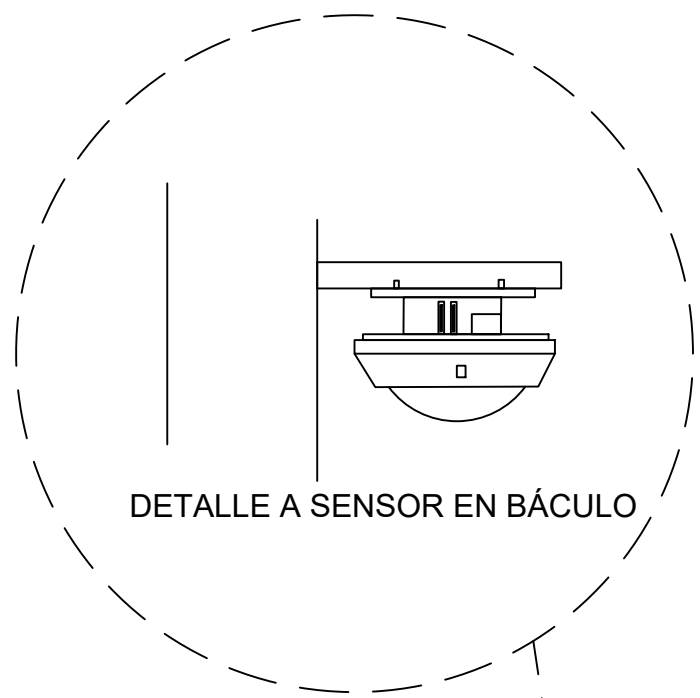
- SISTEMA DE CONTROL KNX
- CONEXIÓN A TIERRA
- SISTEMA DE ALUMBRADO ELÉCTRICO
- CONEXIÓN ELÉCTRICA A LA LÍNEA
- CONEXIÓN FIBRA ÓPTICA
- CONEXIÓN ETHERNET
- || IDENTIFICACIÓN CABLEADO PAR BUS KNX
- SENSOR KNX
- ACTUADOR KNX
- FUENTE DE ALIMENTACIÓN KNX
- CONVERTOR DE MEDIO (TX-FX)
- PASARELA IP KNX

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Esquema: Conexiones Elementos KNX	Nº de Esquema: 2
Firma:	

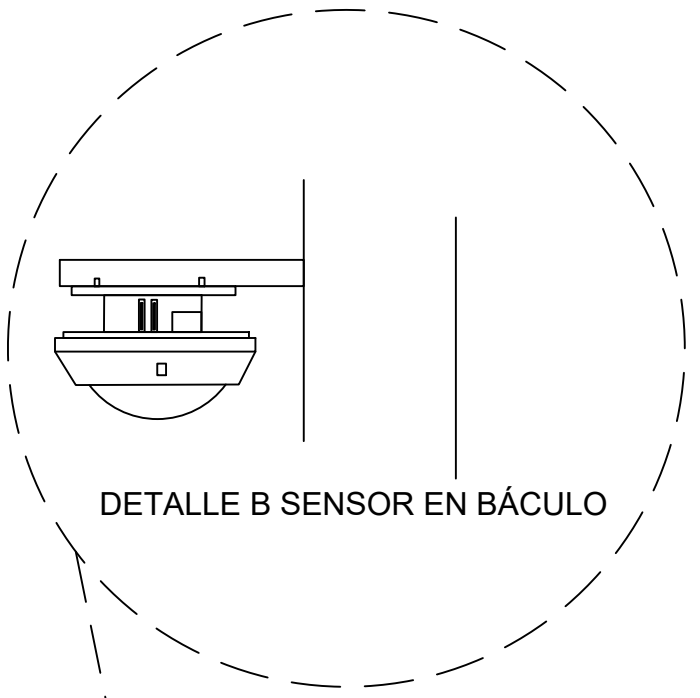
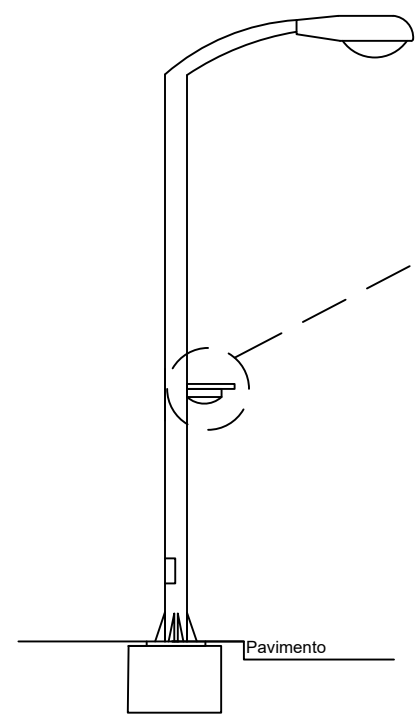




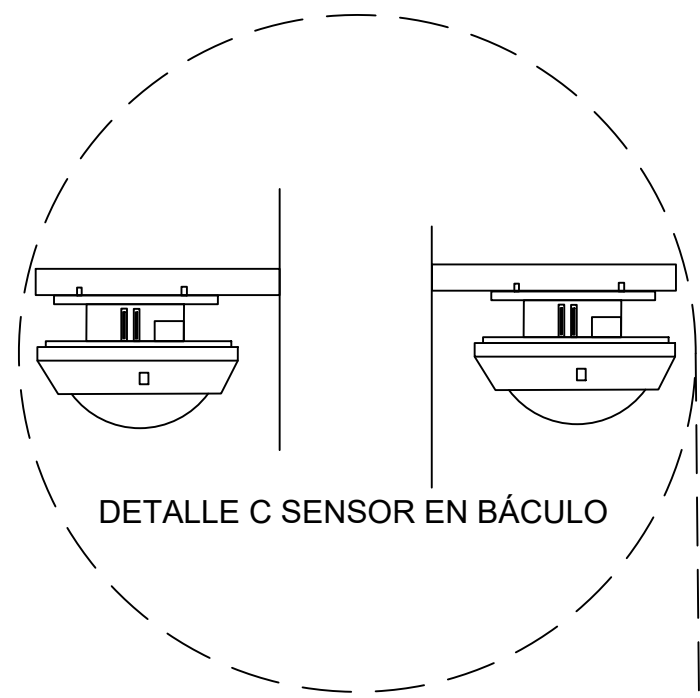
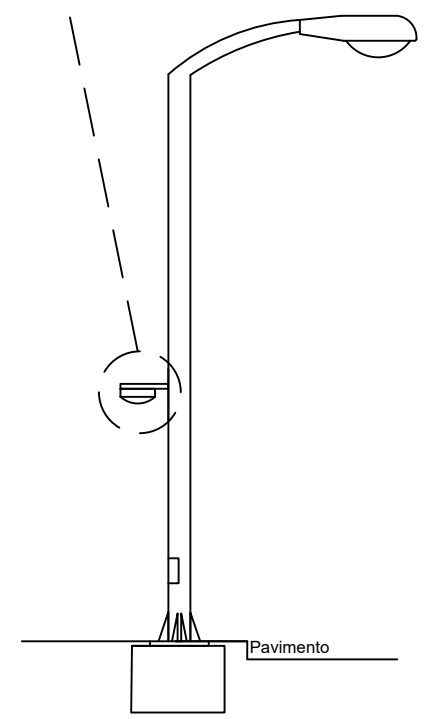
Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Esquema: Sensor en Fachada	Nº de Esquema: 4
Escala: 1:75 Escala gráfica: 	Firma: 



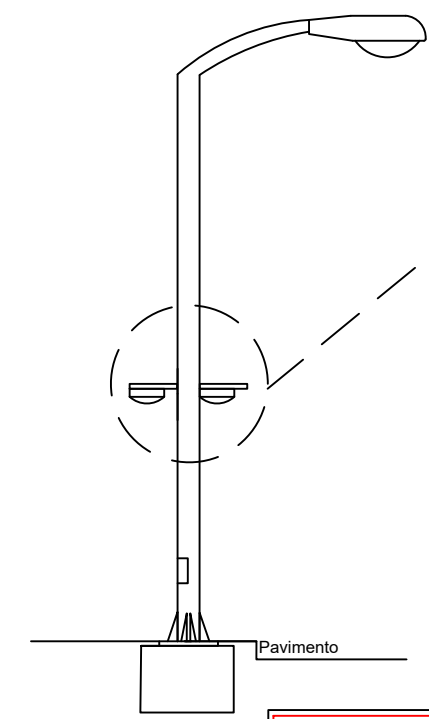
**A**



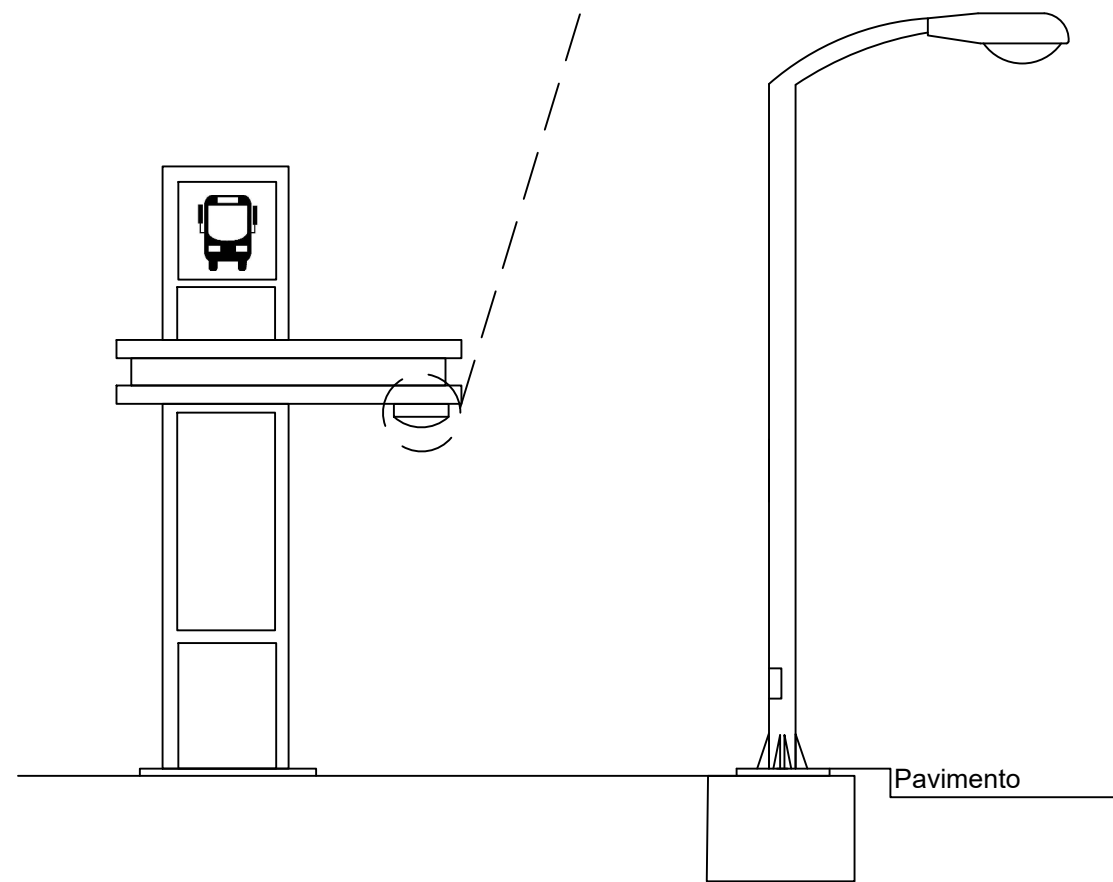
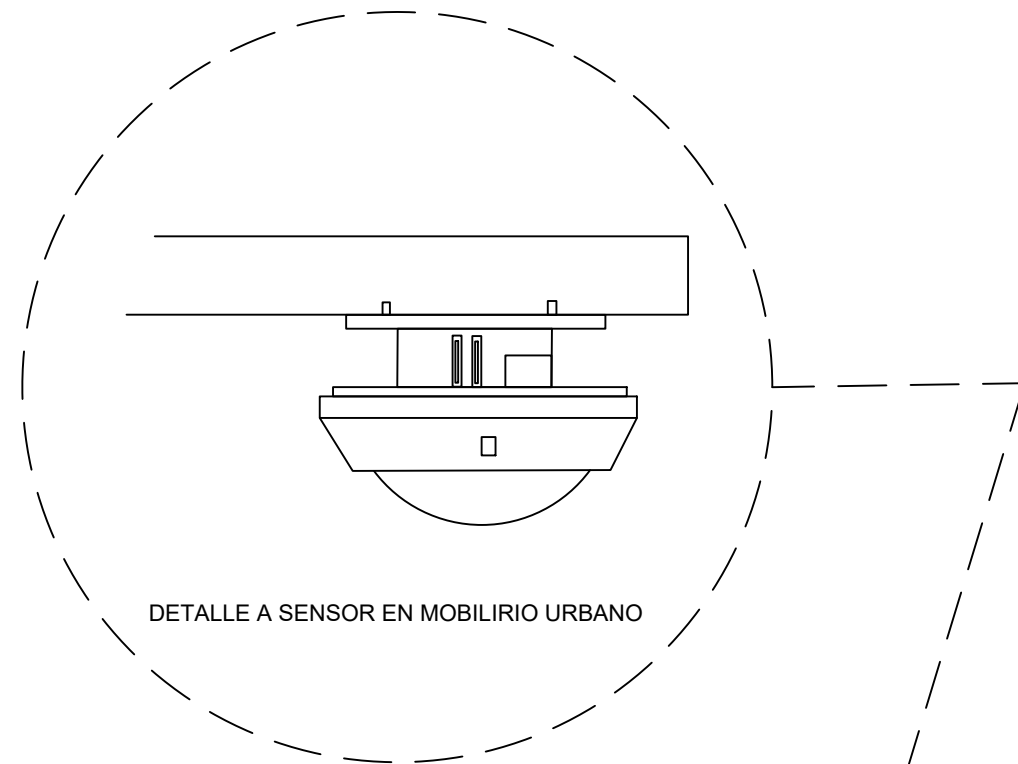
**B**



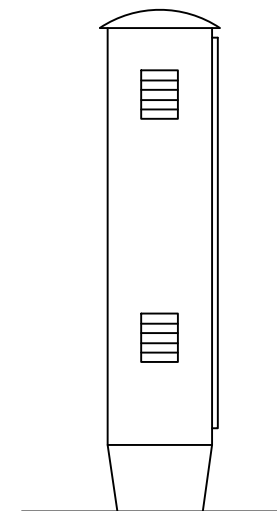
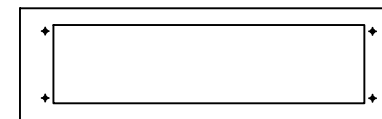
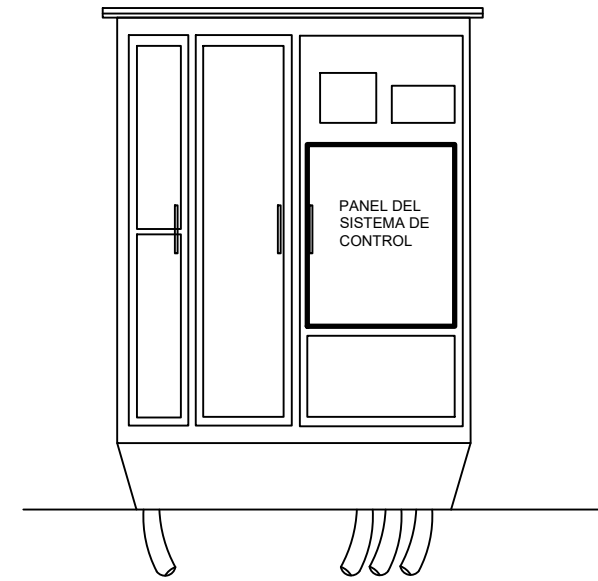
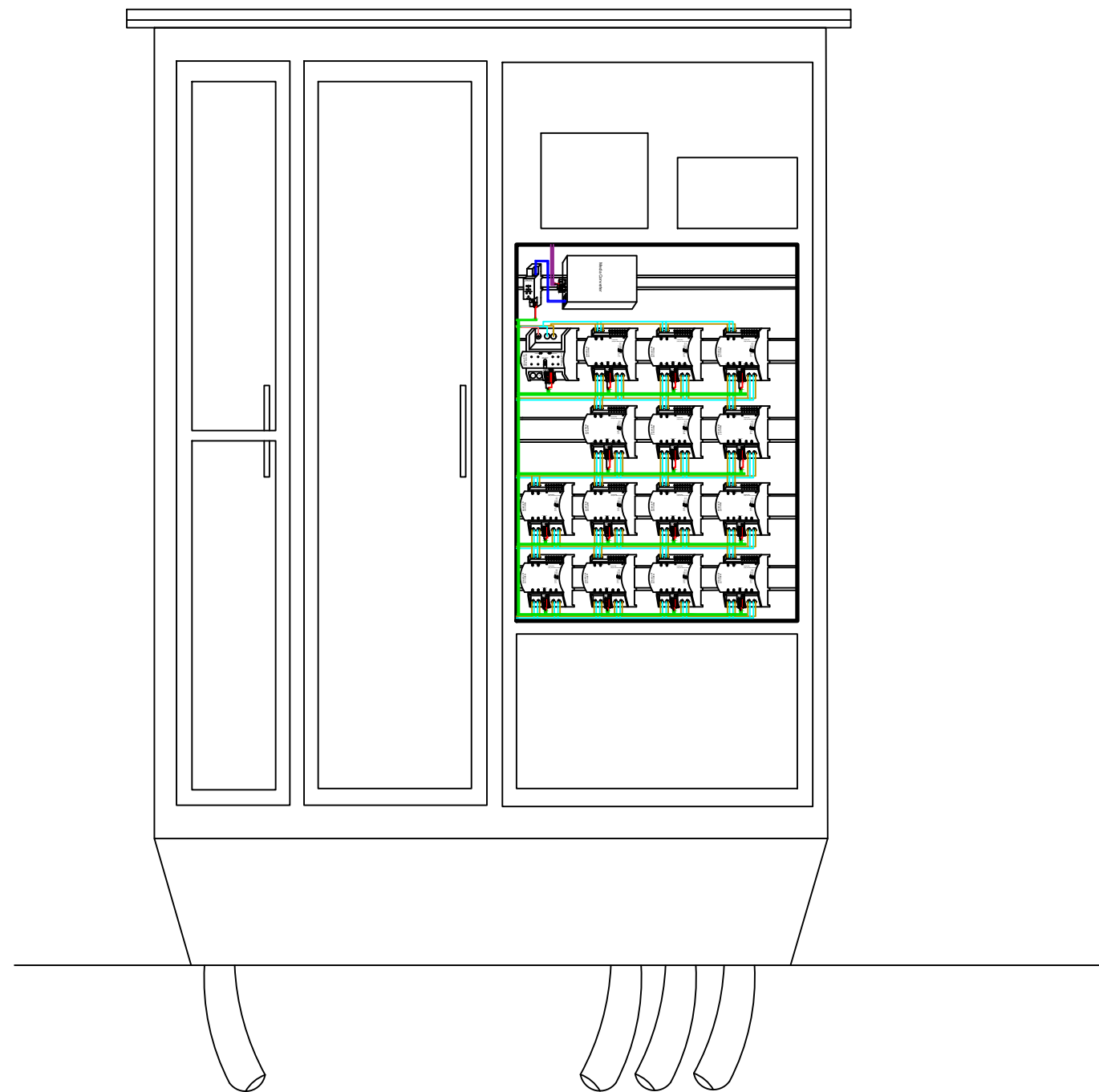
**C**



Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Esquema: Sensor en Báculo	Nº de Esquema: <b>5</b>
Escala: 1:125 Escala gráfica: 	Firma: 



Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland	
Autor: Sandra Semkine Callís	
Promotor: TelecolB S.A	Fecha: 06/06/2018
Esquema: Sensor en Mobiliario Urbano	Nº de Esquema: 6
Escala: 1:75 Escala gráfica: 	Firma: 



## LEYENDA

- SISTEMA DE CONTROL KNX
- CONEXIÓN A TIERRA
- SISTEMA DE ALUMBRADO ELÉCTRICO
- CONEXIÓN ELÉCTRICA A LA LÍNEA
- CONEXIÓN FIBRA ÓPTICA
- CONEXIÓN ETHERNET
- || IDENTIFICACIÓN CABLEADO PAR BUS KNX
- ACTUADOR KNX
- FUENTE DE ALIMENTACIÓN KNX
- CONVERTOR DE MEDIO (TX-FX)
- PASARELA IP KNX

Nombre Proyecto: Gestión del control de alumbrado en el marco de una SmartIsland

Autor: Sandra Semkine Callís

Promotor: TelecolB S.A

Fecha: 06/06/2018

Esquema: Sistema KNX en Armario Eléctrico

Nº de plano:

7

Escala 1: 1:100  
Escala 2: 1:250

Escala gráfica 1:

Escala gráfica 2:

0 1 2 3 4 m  
0 2.5 5 7.5 10 m

Firma:





## DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

Los elementos que formarán parte del sistema de control de alumbrado público será el conjunto completo de dispositivos que hace uso la red KNX para manejar el comportamiento de la red eléctrica y, en general, de las lámparas.

Aprovechando la compatibilidad que proporciona KNX para todos los elementos de su sistema, se podrán usar elementos de diferentes fabricantes.

En este proyecto, se definirán las características concretas que se desea que cumplan los aparatos, tomando como referencia elementos de marcas concretas, pero en ningún momento se limitarán a estos. Podrá usarse cualquier otro siempre que, como mínimo, cumpla con las características especificadas.

### 3.1 Cable Bus KNX

El cable KNX/EIB<sup>1</sup> es un cable del tipo FieldBus para las instalaciones europeas. Funciona siguiendo el protocolo de comunicaciones de red OSI. El rendimiento de transmisión eléctrica debe de ser óptima puesto que todos los elementos KNX se alimentarán por medio de este cable. Este Bus no solo se encargará de transportar la información del sistema, sino que llevará la alimentación eléctrica.



Figura 3.1: Cable KNX/EIB utilizado para la instalación

---

<sup>1</sup>Para más información, revisar [7]

### 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

---

Al ser una instalación exterior subterránea, se deberá usar cable EIB con revestimiento ignífugo, no corrosivo, de baja emisión de humos y sin halógenos. El material elegido para la cubierta y el aislamiento será la poliolefina, un material económico y común para las instalaciones de este tipo de cable. Al ser una instalación exterior, se prescinde del cable PVC debido al endurecimiento que presenta a bajas temperaturas, volviéndolo frágil ante impactos, haciendo peligrar el cableado interior del Bus.

Por tanto, las características constructivas serán:

- Conductor: cobre electrolítico pulido de diámetro 0.80mm, según UNE-EN 13602.
- Aislamiento: poliolefina termoplástica.
- Formación: Cuatro conductores cableados en forma de estrella (STAR QUAD) (20V/m). Formado por dos pares con los siguientes códigos de colores. Primer par: Rojo (+) y Negro (-). Segundo par: Blanco (-) y Amarillo (+).
- Separador: cinta de poliéster.
- Drenaje: Cu Sn de 0.51 mm de diámetro según UNE-EN 13602.
- Pantalla: cinta de aluminio.
- Cubierta exterior: poliolefina termoplástica según UNE-EN 50290-2-27.

El color por defecto de la cubierta de este tipo de cables es el verde, Ral 6018.

### 3.2 Sensor

Se usarán sensores con detector de presencia dual con función de regulación continua de luminosidad<sup>2</sup>. Contando con el uso de los infrarrojos y de los ultrasonidos se obtendrá la máxima sensibilidad y cobertura para conseguir una fiabilidad y funcionamiento óptimo.



Figura 3.2: Detector de presencia y sensor crepuscular

Los sensores serán presenciales y crepusculares, instalados en un mismo dispositivo. La parte crepuscular se utilizará para regular el encendido a las horas nocturnas y mantenerlo apagado en las diurnas, incluso si se detecta poca luz solar. La parte

---

<sup>2</sup>Para más información, revisar [10]

presencial se encargará de encender la lámpara cuando detecte movimiento en las horas nocturnas para no mantener un encendido constante de estas.

La detección de movimiento, siempre que no se alcance el umbral de luminosidad configurado, permitirá la conexión del sensor con el sistema de la lámpara, provocando su encendido. El apagado vendrá determinado por dos circunstancias:

- si se supera el umbral de luminosidad
- si no se supera el umbral de luminosidad y no se detecta movimiento dentro del campo de detección, ni en el plazo de tiempo establecido

Tanto la sensibilidad como la regulación del tiempo podrá ser modificado de forma manual o por medio de la sala de control que tendrá total acceso a la configuración y comportamiento de los dispositivos.

Debido a la presencia de un único sensor por luminaria, la zona de detección deberá de abarcar un radio de 360°, apuntando hacia el suelo.

Cada sensor estará compuesto por tres sensores PIR que pueden ser configurables y evaluados de forma independiente. En la figura 3.3 se puede ver las zonas delimitadas por cada sensor

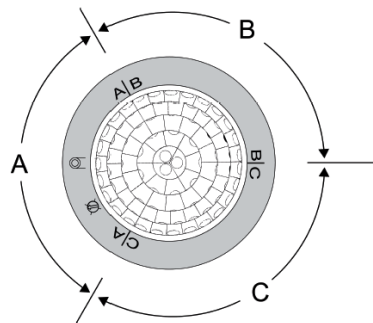


Figura 3.3: Áreas del sensor delimitadas por los sensores PIR independientes

En la figura 3.4 se esquematiza cual es la distancia de detección que alcanza el sensor en función de la distancia a la que nos encontremos del centro del mismo. La altura del sensor es de 2.50m.

El campo de detección es la relación altura-distancia en el que el funcionamiento del dispositivo es óptimo. Mientras que el alcance hace referencia a una mayor distancia de detección del movimiento, pero con un rango de fallos mucho mayor.

El campo de detección de presencia dependerá no solo de la altura o distancia a la que se encuentre el sensor, sino también de la dirección del movimiento en el que la persona u objeto en movimiento entra en el campo del sensor, representado en la figura 3.5. Sin embargo, como el sensor a utilizar realizará una función de sensor presencial, la altura de su instalación no deberá sobrepasar los 3,50 metros, puesto que la detección dejará de ser precisa. Además, el sensor no únicamente precisa instalarse en techado sino en cualquier otra superficie.

El diámetro de alcance de detección de cada uno de los movimientos señalados en el esquema, a distintas alturas, viene reflejado en el cuadro 3.1.

### 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

---

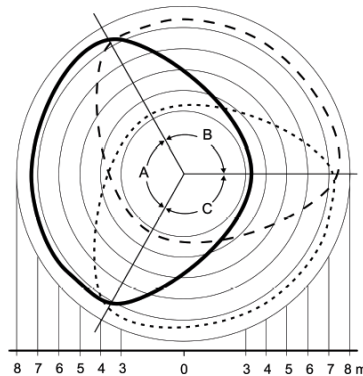


Figura 3.4: Campo de detección de las zonas delimitadas por los tres sensores a una altura de 2.50m

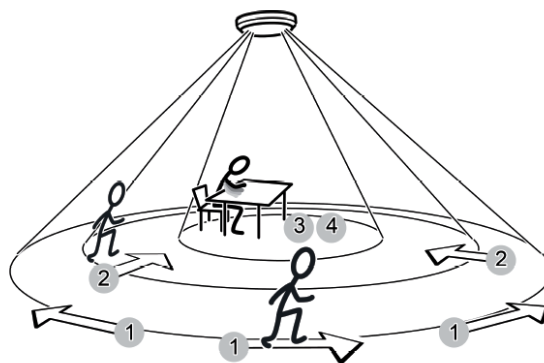


Figura 3.5: Esquema del campo de detección en función del movimiento dentro del campo de detección

El grado de protección deberá de ser adecuado para el exterior, IP66. Este grado proporciona una fuerte protección contra el polvo y contra potentes chorros de agua, evitando que el aparato se vea afectado por los climas más desfavorables. Deberá aguantar temperaturas ambientes alrededor de  $-5 \dots +45^{\circ}\text{C}$ , adaptándose al marco de temperaturas reinantes en el clima mediterráneo. En caso de que el sensor seleccionado no cumpla con estas características de protección, se deberá de proporcionar un marco de protección mantenga protegido al elemento.

En la instalación, el sensor tendrá conexión directa al Bus KNX, de esta forma la distancia vendrá determinada por la longitud permitida por el cable KNX.

Se evitarán sistemas de calefacción, ventilación, equipos de iluminación, aire acondicionado y otras fuentes que puedan perturbar el correcto funcionamiento de los sensores. Así como también se realizará un estudio de la cobertura de luz solar para que esta no incida directamente en el dispositivo provocando que se dañe y deje de tener un uso correcto. El marco de protección puede ser también importante en este caso para evitar las fuentes perturbadoras y proteger el aparato.

Altura del montaje:	1:	2:	3:	4:
<b>2,20m</b>	14,5m	11,5m	8m	6m
<b>2,50m</b>	16,5m	13m	10m	7m
<b>3,00m</b>	20m	16m	12m	8m
<b>3,50m</b>	23m	18,5m	14m	9m
<b>4,00m</b>	26m	17m	14,5m	-
<b>5,00m</b>	28m	18	15m	-

Cuadro 3.1: Alcance del sensor, en relación al movimiento y altura del montaje

Opcionalmente, podrá disponer de una pantalla de cobertura. Esta se deberá encargar de reducir al mínimo la influencia de las fuentes externas.

Deberá disponer de Unidad de Control de Posición. Es la que permitirá que se pueda variar la configuración de detección del sensor. De esta forma, se obtendrá una regulación automática de la iluminación del punto de luz en función del aporte exterior.

Serán pasivos debido a que se alimentarán por medio del cable EIB/Bus, al cual estarán directamente conectados. La información registrada del movimiento exterior será enviada al actuador por medio del mismo Bus, permitiendo que esta viaje hasta la sala de control.

La sala de control será la que tenga acceso completo a la configuración final de los sensores. Estos deberán permitir ciertas modificaciones de parámetros de forma manual, por medio de mando a distancia o contacto directo con el sensor, en caso de fallo de comunicación con la central.

### 3.3 Actuador

Este elemento de la red KNX permitirá traducir las señales obtenidas de los elementos de entradas y traducirlo en posibles órdenes para los elementos de salidas<sup>3</sup>.



Figura 3.6: Actuador

<sup>3</sup>Para más información, revisar [11]

### 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

---

La función principal de los actuadores en el sistema de control será la misma que la de un relé.

Los sensores son los elementos de entrada de la instalación. Recogerán la información, obtenida por la presencia de personas y luz solar, y la enviarán a los actuadores por medio del Bus. A través de estas señales, se enviarán los métodos de actuación a las luminarias, elementos de salida, afectando a su encendido y apagado. Si la luminaria lo permite, además, puede haber varios grados de iluminación y no solo encendido/apagado.

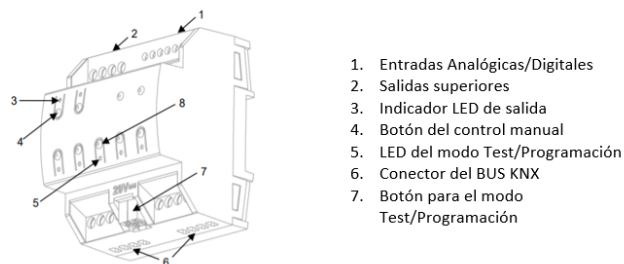


Figura 3.7: Actuador. Esquema

Los actuadores se encontrarán conectados directamente al cable de Bus KNX.

Los requisitos que deberán tener estos actuadores es tener, al menos, 6 entradas y 6 salidas, donde cada elemento se corresponderá con 1 de ellas. La corriente de cada salida será de 16A y soportará un máximo de 250V. Aunque el voltaje al que se encuentran conectadas las luminarias será de unos 220V, 230V como máximo.

Deberán de ser eléctricos, obteniendo la energía directamente del cable Bus al que se encuentran conectados. La ventaja que esto supone es prescindir de otros elementos para el funcionamiento de estos dispositivos, a excepción de la electricidad. Como añadido, son más silenciosos, pasando más desapercibidos, y elementos adecuados para combatir contra la contaminación acústica de las ciudades. Opcionalmente, podrá contar con personalizables en caso de ser necesarias otras funciones.

Periódicamente enviará una señal a la sala de control para confirmar que todavía sigue funcionando y que esa sección de la instalación no presenta problemas. El intervalo temporal en el que esta señal es enviada debe poder ser configurable.

En caso de que haya un problema en el Bus y haya un fallo de alimentación, el actuador se encargará de interrumpir las acciones pendientes y guardar el estado para reiniciarse en el punto exacto una vez el problema se haya solventado. Durante los fallos, las salidas cambiarán al estado que se haya configurado en el dispositivo pero ninguna orden será llevada a cabo hasta la recuperación del funcionamiento normal del circuito. Además, en caso de fallo, no necesitan ninguna fuente de alimentación externa.

Tendrán un modo TEST para verificar su funcionamiento durante las pruebas sin afectar al funcionamiento de la instalación, tanto la de control como la eléctrica. Durante este modo, la luz LED, elemento 7 de la figura 3.7, se encontrará en color verde para su señalización.

La cantidad de voltaje proporcionado por el Bus KNX conectado al actuador por medio de las líneas fase y neutro será de un total de 29V en corriente continua. La conexión a la corriente eléctrica proporcionará un total de 230V en alterna. La carga resistiva proporcionada por las salidas del actuador será de 4000W. Al haber un total de 6 lámparas conectadas a la salida del actuador, se deberá calcular que el consumo máximo del conjunto total no sobrepase el máximo de esta carga.

El lugar de instalación serán los armarios eléctricos, los cuales ya fueron colocados previamente cuando se llevó a cabo la instalación del sistema de alumbrado eléctrico. Debido a que el nivel de protección es de IP20 y su conexión es por medio de cables, los armarios serán los encargados de proporcionar esta protección extra. Con esto, los actuadores podrán ser resistentes a intervalos de temperatura entre -20°C y +70°C, a los efectos exteriores y a los efectos climáticos, gracias a la protección proporcionado por los armarios. No soportan chorros directos de agua, ni de polvo por lo que en su manipulación se debe garantizar su seguridad.

El montaje de este elemento se realizará sobre raíl DIN por presión siguiendo el reglamento EN 50022.

### 3.4 Fuente de alimentación

Las fuentes de alimentación se encargarán de producir y regular la tensión de cada línea. Proporcionarán corriente eléctrica al cable EIB/Bus para que los elementos KNX que se encuentren conectados puedan recibir alimentación eléctrica<sup>4</sup>.

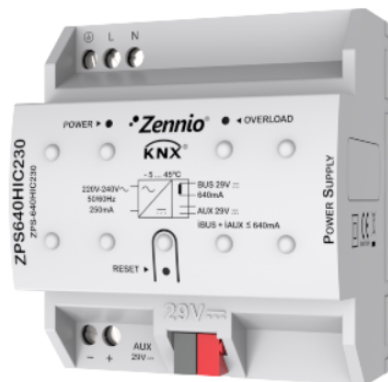


Figura 3.8: Fuente de Alimentación

Al igual que el actuador, su instalación se realizará en los armarios eléctricos sobre un carril DIN 4.5 según EN 50022, mejorando así su nivel de protección, IP20. Cada armario eléctrico contendrá una fuente de alimentación, como mínimo.

Proporcionarán una tensión de 250 V. Tendrán reguladores de tensión y de corriente, así como fusibles de protección, haciéndolas resistentes a posibles cortocircuitos y sobrecargas del sistema, sobrepasando los 850 mA. El reemplazo de los fusibles que se activaron deberá realizarlo un técnico de la marca seleccionada. Disponen de un

<sup>4</sup>Para más información, revisar [11]

### 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

---

tiempo de reserva de 130ms permitiendo mantener la red en funcionamiento si se producen pequeños cortes de electricidad.

Cada elemento absorberá alrededor de 150 a 250 mW. Si así lo requiere la instalación, se puede disponer de una segunda fuente de alimentación conectada en paralelo con la primera, usando la misma bobina para ambas.

Al ser un elemento que estará en constante funcionamiento, debe proporcionársele un espacio ventilado y fresco.

En la figura 3.8 se puede observar un ejemplo de fuente de alimentación. Mientras que en la 3.9 se detalla en formato esquema las partes importantes del dispositivo.

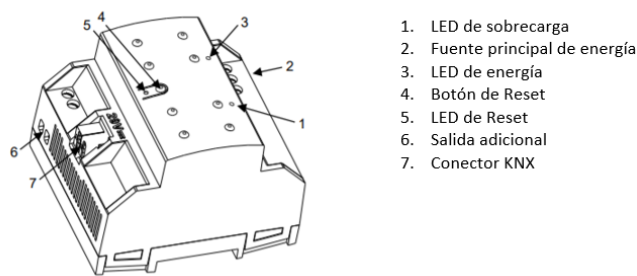


Figura 3.9: Fuente de alimentación. Esquema

### 3.5 Pasarela IP PowerLess

La pasarela IP será el quinto y último elemento del sistema de control KNX. Su función será interconectar la línea KNX a un medio Ethernet sin la necesidad de una fuente de alimentación externa. Es la solución para pasar de KNX a IP, pudiendo suplir las desventajas que contenía KNX de limitación de líneas y elementos conectados<sup>5</sup>.

La figura 3.10 representa el elemento seleccionado para el sistema.



Figura 3.10: Pasarela IP PowerLess

Este elemento permitirá que la información que se mueve en el sistema KNX llegue a la sala de control y viceversa. Por tanto, permite que la línea KNX pueda comunicarse con el exterior del sistema.

---

<sup>5</sup>Para más información, revisar [11]



Permite enviar mensajes de hasta 250Bs y al tener un buffer de gran capacidad se encuentra preparada para la recepción de telegramas de la red Ethernet. Las direcciones de las que puede hacer uso se encuentran entre el rango 14 y 31.

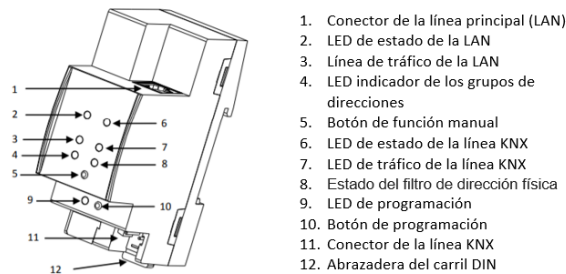


Figura 3.11: Pasarela IP PowerLess. Esquema

Al igual que el resto de elementos de sistema, no requiere de una fuente de energía externa puesto que el propio Bus proporcionará la alimentación al elemento.

La configuración de la pasarela puede realizarse tanto de forma manual como a través de su interfaz web, la cual se usará también para la actualización de los firmwares, para mantener el sistema en las últimas versiones establecidas. El acceso a esta interfaz se realizará a través del puerto 8080, colocado justo después de la dirección IP. Además, permite hacer filtro de los datagramas entrantes por medio de grupos de direcciones o por direcciones físicas.

Este elemento será colocado en el armario eléctrico sobre carril DIN 2, montado a presión siguiendo la normativa EN50022.

La figura 3.11 muestra el esquema de conexiones de la pasarela.

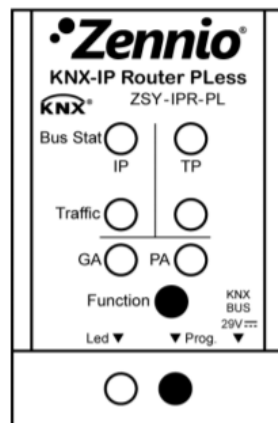


Figura 3.12: Pasarela IP PowerLess Zennio. Esquema LEDs

La pasarela incorpora un total de siete LEDs, 3.12, que facilitan la monitorización del estado de los buses para detectar los problemas de comunicación que puedan ocurrir.

Por medio de un enchufe RJ45, la pasarela IP puede conectarse a la red Ethernet, soportando 10/100 BaseT IP (Fast Ethernet). La conexión se realizará en la posición 1 de la pasarela, localizado en la figura 3.11, correspondiendo al conector de la línea principal.

## 3.6 Conversor de Ethernet a Fibra Óptica

La fibra óptica ha sido el elemento utilizado en el sistema de canalizaciones como medio de transporte para las conexiones de red. Debido a que el elemento seleccionado para la conexión de red hace uso de cableado Ethernet, será necesario llevar a cabo una conversión. La conversión será de cableado Ethernet a fibra óptica.

Para realizar esta conversión se ha seleccionado un conversor Fast Ethernet independiente y administrado. La distancia que permite entre la conexión Ethernet y la fibra óptica se mueve en un intervalo máximo de 2 km hasta 40. Sin embargo, debido a que el propio conversor irá resguardado en el armario sector, estas distancias máximas no se alcanzarán.

Este conversor hará la función de pasar del cableado Ethernet, conectado a la pasarela IP, al cableado de fibra óptica montado en la isla (de 100Base-TX a 100Base-FX)<sup>6</sup>.



Figura 3.13: Conversor de 100Base-TX a 100Base-FX

Este conversor permitirá que se pueda aprovechar la ventaja que proporciona la fibra óptica como enlace. La instalación del cableado Ethernet solo se llevará a cabo para conectar la pasarela IP. No se transportará cableado Ethernet por las canalizaciones, sino que se hará uso de la instalación de fibra óptica para cubrir las mayores distancias. Con la fibra óptica se proveerá protección contra las interferencias, que podrían afectar al cable Ethernet e interrumpir el intercambio de información entre el sistema de control y el sistema central. También se provee protección contra el ruido.

Las ventajas que proporciona son:

- Protege los elementos que hacen uso de Ethernet. En este proyecto, se protege a la pasarela IP que conecta con el exterior el sistema de control KNX. Aunque el sistema no necesita de un elemento central para llevar a cabo sus funciones

---

<sup>6</sup>Para más información, revisar [12]

predeterminadas en la configuración, cada cierto tiempo la información del sistema de control viaja por la red hasta el sistema central para enviar información. Por otro lado, el sistema central puede enviar información para cambiar el funcionamiento del sistema.

- El sistema de control se beneficiará de las ventajas que ofrece la fibra óptica al enviar o recibir la información del sistema central.
- Debido a que la pasarela IP está conectada por medio de Fast Ethernet se podrá pasar a multimodo o monomodo. En caso de que se quiera cambiar de Fast Ethernet a Gigabit Ethernet, la conexión a la fibra seguirá siendo exactamente la misma gracias al conversor.
- Se hace la conversión de enlaces Ethernet a fibra y viceversa.

El funcionamiento del conversor se debe a la transformación de señal que realiza el transceptor de cobre que contiene. Por tanto, se convierte de cableado UTP/RJ45 a un enlace que un transceptor de fibra óptica pueda utilizar. Permite la conexión a fibra multimodo, monomodo o de una sola línea.

Las conexiones de interfaz de este conversor para la fibra permiten cuatro tipos: ST dual, SC dual, LC dual o SC simple. Sin embargo, este conversor permite configurar automáticamente la conexión gracias al Auto-MDIX (cruce automático de interfaz dependiente del soporte).

Otra funcionalidad que puede ser de gran utilidad es la de conocer si el enlace entre la pasarela IP y la conexión a la fibra óptica funciona correctamente. Este conversor permite distinguir si existe algún problema de conexión como rotura del enlace, evitando que se envíe información ya de antemano perdida debido a la desconexión con el extremo receptor. Se ha de tener en cuenta que debido a la conexión del enlace Ethernet, la pasarela IP no puede asegurar que la conexión con la fibra óptica siga en funcionamiento. Link Pass-Through, o paso de enlace, junto con el modo Far End Fault supervisa que la conexión de enlace es correcta hasta los dispositivos finales. De esta forma, si el dispositivo de cobre está caído o el enlace de fibra no funciona no se mostrará un activo, evitando que se siga enviando información.

Si se produce alguna caída del enlace, se puede llevar a cabo una recuperación. El funcionamiento es restaurando el enlace y viendo si el fallo ya se ha resuelto. De no ser el caso, entonces se vuelve a forzar la caída. Si se ha resuelto, entonces el enlace se reestablece.

El conversor tiene un total de 6 conmutadores que permiten establecer su configuración, mostrados en la figura 3.14:

La posición de los conmutadores será arriba o abajo, siendo arriba la que esté establecida por defecto y, por tanto, en modo de funcionamiento.

Las distintas configuraciones que puede adquirir el conversor son:

1. **Auto Negociación.** La activación del primer conmutador permite que se establezcan los parámetros Ethernet óptimos según la conexión, de forma automática. En caso de no poder llevarse a cabo la Auto Negociación pueden establecerse dos configuraciones. Por una parte, dejar establecida esta función en modo Auto, estableciéndose, por defecto, una conexión a 100Mbps y a modo Half Dúplex

### 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

---

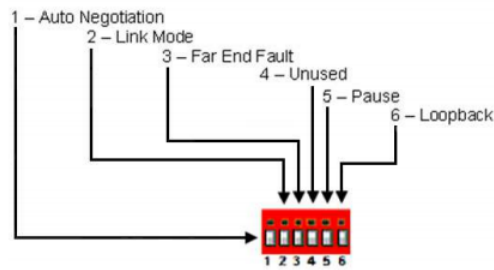


Figura 3.14: Conmutadores del Conversor para establecer su configuración

(flujo de datos bidireccional no al mismo tiempo). Por la otra, se podría desactivar esta función, operándose a 100Mbps y en modo Full Dúplex (flujo de datos bidireccional y al mismo tiempo).

2. **Modo de enlace.** Esta configuración, que por defecto se encuentra activada, permite comunicar el estado de la pasarela IP (siendo el elemento que se encuentra conectado a la conexión Ethernet) al transmisor de fibra óptica, 100BASE-FX. En caso de que el cable Ethernet sufra una desconexión del elemento, el conversor lo detecta para, posteriormente, interrumpir la conexión con la fibra óptica. Sin embargo, por sí mismo, no es capaz de informar de este fallo. Si se pasa el estado del conmutador a OFF, entonces el funcionamiento será en modo estándar. En este caso, no se interrumpirá la conexión con el sistema de fibra. La información seguirá circulando por los enlaces, pero no llegará a su destino.
3. **Far End Fault.** Este estándar IEEE 802.3u tiene como objetivo facilitar la detección de fallos en el enlace de fibra. El conversor de medio será el encargado de monitorizar constantemente el estado mediante mensajes de control Far End Fault hasta que el problema sea corregido. El modo de actuación dependerá de si el modo de enlace se encuentra o no activado. Si está activado, entonces el conocimiento del estado de comunicación llega al enlace de cobre, haciendo que el elemento conectado conozca el estado. Por tanto, la pasarela IP podrá saber que el enlace de fibra no está plenamente operativo. Si se encuentra desactivado, esta función no estará deshabilitada.
4. El **conmutador número cuatro** no tiene ningún uso.
5. **Pausa.** Si la configuración de la Auto Negociación está activada, entonces el conversor podrá usar la configuración de Pausa para establecer los parámetros de la conexión Ethernet. Estos parámetros no estarán establecidos por el conversor, sino que permitirá que pasen a través de él para llegar a los dispositivos que se encuentren conectados a la red Ethernet, la pasarela IP en el sistema de control. Si el estado del conmutador se establece a OFF, entonces no se negociará el soporte de Pausa y no se dejarán pasar estos mensajes al enlace de cobre.
6. **LoopBack.** Este es el único conmutador que por defecto se encuentra configurado como deshabilitado. La posición UP indica que está desactivado, mientras

que DOWN indica su activación. Como la información debe pasar a través del conversor, esta configuración debe de estar desactivada por defecto si queremos que haya una conexión con la conexión de fibra. Cuando se encuentra activado, el estado del enlace de cobre no es relevante y ni los datos ni los estados de enlace pueden llegar a la conexión Ethernet.

Cuando se realiza un cambio en la posición de los conmutadores y, por tanto, en la configuración, se producirá un reinicio inmediato en los dos puertos del conversor (el puerto Ethernet y el puerto de Fibra).

Observando el conversor, representado en la figura 3.13, se puede apreciar como a la izquierda de los puertos de conexión se encuentran los LED de estado, colocados en el panel frontal de la unidad. En la imagen 3.15 se puede ver el esquema.

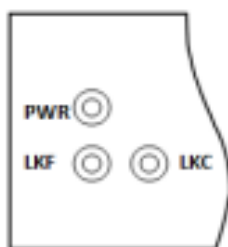


Figura 3.15: Esquema de LEDs

1. El LED **PWR** es el led de Power/Test. Informa si el conversor se encuentra en modo test o encendido.
  - **On**: El conversor se encuentra encendido y operativo.
  - **Parpadeo lento**: La configuración loopback se encuentra activada.
  - **Parpadeo rápido**: La unidad tiene un error de hardware.
2. El LED **LKF** hace referencia al enlace de fibra y a la actividad presente en el conversor.
  - **On**: El enlace de fibra se encuentra presente.
  - **Parpadeo rápido**: El enlace de fibra está presente y recibiendo datos
  - **Off**: No hay enlace de fibra conectado.
3. El LED **LKC** representa el estado del enlace de cobre y la actividad presente en este.
  - **On**: El enlace de cobre está conectado al conversor.
  - **Parpadeo rápido**: El enlace de cobre está conectado y hay recepción de datos.
  - **Off**: No hay conexión.

### 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES

---

Habrá un conversor por pasarela IP, lo que se traduce a un conversor por cada armario eléctrico que haya colocado a lo largo de las tres ciudades localizadas en la Smart Island. Al ir dentro de los armarios, podrán soportar temperaturas de entre -25 C y 70 C.

Ir  conectado al sistema eléctrico ya predefinido. La entrada de energía de este elemento será de unos 12V en corriente continua.

Los requisitos para la conexión de fibra son:

- **MonoModo:** 50/125 microones o 62/125 microones
- **MultiModo:** 9/125 microones

Los requisitos de conexión Ethernet son:

- UTP o STP de categoría 5
- 24-22 AWG
- Conexión a Ethernet directa o cruzada

#### 3.7 Cable Ethernet

La conexión entre el sistema de control y el exterior se realizará por medio de conexión a red y protocolo IP. Al haberse hecho la conexión a la red por medio de fibra óptica, no solo es necesario el conversor de medios, explicado en el apartado anterior, sino que se necesita un cable que permita la conexión entre la pasarela IP y el conversor. Como la conexión será por medio Ethernet, se usará cable trenzado UTP de categoría con conector macho miniatura RJ-45, que dispone de mayor inmunidad a interferencias y se encuentra representado en la figura 3.16.



Figura 3.16: Cable de par trenzado UTP, categoría 6, 4 pares

La categoría de elección será cat6, como se muestra en la imagen 3.16. Aunque el conversor de medio acepta categoría 5, el tipo seleccionado es compatible con estándares anteriores y puede alcanzar velocidades de hasta 1Gbps. Por tanto, cuando a futuro se quiera mejorar o cambiar el conversor de medio, no haría falta hacer un cambio de cable, pese a ser utilizado en una distancia tan corta. La distancia máxima que tiene como limitación esta categoría de cable, 100 metros para Fast Ethernet, no será alcanzada en este proyecto, por una misma conexión.

El cable a utilizar tendrá las mismas características que el utilizado en el proyecto *Edificio público inteligente y autosostenible en el ámbito de una Smart Island*.

La figura 3.17 muestra el esquema de los componentes que forman un cable UTP de categoría 6, mientras que en la figura 3.18 el conector macho RJ45.

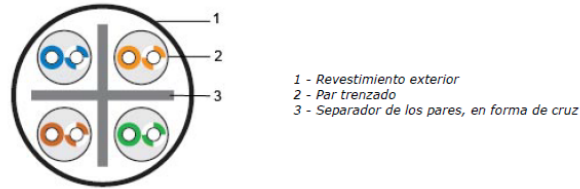


Figura 3.17: Componentes cable UTP Cat6

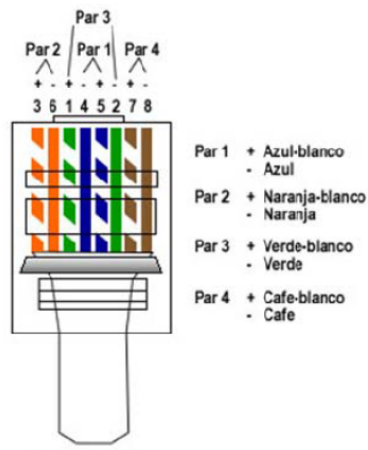


Figura 3.18: Conector macho miniatura RJ-45





## PLIEGO DE CONDICIONES

El presente pliego de condiciones abarca todas las condiciones técnicas a cumplir para este proyecto. Al mismo tiempo, todas las cláusulas mencionadas en este pliego formarán el conjunto de condiciones mínimas requeridas para implementar el Sistema de Control del Alumbrado Público.

El contratista ejecutor de la obra deberá seguir en todo momento todo lo incluido en el presente Pliego de Condiciones, asegurando que la calidad de los materiales empleados, la ejecución, el material de obra, los precios medición y abono cumplan con lo mínimo establecido. Aquellos materiales restantes que no tengan especificación en el presente Pliego, cuyo uso sea obligatorio para la realización de este proyecto, serán de primera calidad y cumplirán con las condiciones establecidas en el apartado 4.2 de NORMATIVA APLICADA.

Todas las decisiones que se lleven a cabo a lo largo del desarrollo, hasta el momento de la recepción definitiva de la obra terminada, recaen en manos del Ingeniero o Ingeniero Técnico en Telecomunicaciones, Director de la obra. Este puede ordenar en todo momento el reemplazo de los materiales si considera que estos no cumplen con las condiciones mínimas. El contratista deberá acatar estas decisiones en todo momento. Sin embargo, no se excluye al contratista la responsabilidad de asegurar que toda recepción de material cumple con el mínimo de calidad.

### 4.1 Condiciones particulares

En el siguiente apartado se adjuntarán las especificaciones de los elementos, materiales, procedimientos o condiciones de instalación y cuadro de medidas para los servicios del Sistema de Control.

#### 4.1.1 Instalación y montaje

El Ayuntamiento o la administración pública a cargo de la isla está de acuerdo en la subcontratación de una empresa instaladora especializada que permita instalar los

dispositivos en obra. La instalación y la programación domótica caerá en manos de personal cualificado, con experiencia en el campo.

### 4.1.1.1 Cableado Bus KNX

El cableado a instalar del sistema KNX hará uso de las obras a realizar en las canalizaciones como transporte. Al llevarse a cabo al mismo tiempo ambos proyectos, no supondrá obstáculo. Se usarán las arquetas del sistema eléctrico para transportarlo hasta los sensores. Como las arquetas contienen cableado eléctrico, será primordial diferenciar un cableado del otro para evitar confusiones a la hora de manipular uno u otro.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Temperatura de servicio: -30 °C a +80°C
- Resistencia eléctrica del conductor a 20 °C: <math>36\Omega/\text{km}</math>
- Resistencia eléctrica de aislamiento a 20°C >1000 M $\Omega$ /km
- Capacidad entre conductor del mismo par a 1 kHz: 50 ± 10pF/m
- Impedancia característica Z0: 100  $\Omega$
- Tensión nominal (C.A.): 250V
- Tensión nominal (C.C.): 300V
- Tensión de Ensayo: 1000 V

### 4.1.1.2 Cableado de pares trenzados

Este cableado solo será utilizado dentro del armario eléctrico para permitir la conexión entre la pasarela IP y el convertidor de medio, Fast Ethernet-Fibra Óptica. Debido a que la distancia entre ambos elementos es escasa y menor al metro, la longitud total del cable no superará esta distancia. El cable sobrante, para que no interfiera en las conexiones del panel, será enrollado y recogido por medio de una brida, junto al convertidor.

Se utilizará el mismo tipo de cable que el seleccionado para el proyecto *Edificio público inteligente y autosostenible en el ámbito de una Smart Island*

Cumplirá con las especificaciones de la norma UNE-EN 50288-6-1, especificada en mayor detalle en el apartado 4.2 de NORMATIVA APLICADA.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Conductor: alambre de cobre desnudo  $\varnothing 0.54\pm 0.01$  mm, 23-24 AWG.
- Aislamiento: Polietileno de consistencia incrementada, grosor mínimo 0.18 mm.
- Diámetro del cable  $0.99\pm 0.02$  mm.
- Color de los pares trenzados:
  - azul-blanco/azul

#### 4.1. Condiciones particulares

- naranja-blanco/naranja
- verde blanco/verde
- marrón-blanco/marrón
- 4 pares trenzados con separación de polietileno, cubiertos con forro de LSZH (refractario, de baja emisión de humo, no contiene halógenos), grosor mínimo del forro 0.4 mm.
- Diámetro exterior del cable 6.2±0.2mm.
- Radio de curvatura del cable: 8xØ durante la instalación; 6xØ en cableado vertical, 4xØ en cableado horizontal.
- Peso de 1 m del cable: 42.3 g.
- Temperatura de funcionamiento: a partir de -20°C hasta +75°C.
- Resistencia al fuego: CMP.
- Estándares: UL444/UL1581, TIA/EIA 568B.

Frecuencia, Mhz	RL	Atenuación, dB/100 m	NEXT, dB	PSNEXT, dB	ELFEXT, dB	PSELFEXT, dB
1.0	20.0	2.4	74.3	72.3	67.8	64.8
4.0	23.0	3.8	65.3	63.3	55.8	52.8
8.0	24.5	5.3	60.8	58.8	49.7	46.7
10.0	25.0	6.0	59.3	57.3	47.8	44.8
16.0	25.0	7.6	56.3	54.3	43.7	40.7
20.0	25.0	8.5	54.8	52.8	41.8	38.8
25.0	24.3	9.5	53.3	51.3	39.8	36.8
31.25	23.6	10.7	51.9	49.9	37.9	34.9
62.5	21.5	15.4	47.4	45.4	31.9	28.9
100.0	20.1	19.8	44.3	42.3	27.8	24.8
200.0	18.0	29.0	39.8	37.8	21.8	18.8
250.0	17.3	32.8	38.8	36.3	19.8	16.8
<b>Resistencia máxima del conductor en temperatura de 20°C</b>						9.38 Ohms/100 m
<b>Desequilibrio de resistencia</b>						5 %
<b>Capacidad de desequilibrio del par con relación a tierra</b>						330 pF/100m
<b>Resistencia en frecuencia de 0.772-100 MHz</b>						85-115 Ohms
<b>Capacidad de operación máxima</b>						5.6 nF/m
<b>Prueba por chispa</b>						2.5 kV

Cuadro 4.1: Características cable UTP. Categoría 6

##### 4.1.1.3 Sistema Eléctrico del Alumbrado Público

Se respetarán todos los elementos de este sistema. No se modificará su situación, ni tampoco se añadirán, ni quitarán elementos.

Las luminarias ya instaladas serán respetadas y la bombilla contenida no será seleccionada en este proyecto tampoco. La decisión es externa al mismo.

En caso de que algún elemento presente incompatibilidad con el sistema KNX será responsabilidad de la administración pública a cargo la elección e instalación de los nuevos equipos. Esta elección no entra dentro de la jurisdicción del presente proyecto.

Las arquetas serán utilizadas únicamente para transportar el cableado. No se modificarán ni se influirá en su instalación.

Los armarios eléctricos tampoco serán modificados de posición, ni agregados, ni eliminados. Tampoco los elementos que se encuentren en su interior. Se hará uso de uno de los compartimientos vacíos, destinado previamente para la instalación de los elementos KNX. Sólo en este compartimento se instalarán los elementos del sistema de control. Si fuera necesario mayor espacio, entonces se hablaría con la administración pública para obtenerlo y, en caso de no ser posible, se haría de la instalación de pequeños compartimientos para albergar, únicamente, elementos de control. Deberán de ser pequeños e instalados en zonas de poca visibilidad para garantizar la seguridad.

##### **4.1.1.4 Sensor**

El sensor es el encargado de detectar movimiento y las variaciones de intensidad lumínica. Deberá contar con acoplador de bus integrado. Como estará instalado en el exterior, deberá contar con un IP66 o, en caso de no disponer de este, contar con un marco de protección que le proporcione el mismo nivel de protección o superior.

Debido a que la instalación del sensor superará los 2 metros. Es recomendable que cuente con un control remoto para facilitar la manipulación de configuración desde el suelo, sin contacto directo con el dispositivo.

La instalación debe ser conforme a la norma DIN 49073.

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Tensión nominal KNX: 21DC ... 32 V SELV
- Consumo de corriente KNX: 12 mA, máximo
- Conexión Bus: Borne de conexión
- Temperatura ambiente de funcionamiento: -5°C hasta +45°C
- Temperatura de almacenaje/transporte: -25°C hasta 70°C
- Humedad relativa: de 5 a 93 % (sin condensación)
- Clase de aislamiento: III
- Ángulo de detección: 360°
- Alcance: Ø aprox. 20 m (altura de montaje 3 m)
- Sensor de luminosidad:
  - Alcance de medición: de 0 a 2000 lx
  - Campo de detección: Ø 2 m

#### 4.1.1.5 Actuador

El actuador será el elemento KNX que permitirá que se lleve a cabo la configuración del comportamiento de las luminarias, según la instalada. Se conectará al Bus por medio de un terminal de conexión.

Su colocación será en el interior del armario eléctrico, sobre carril DIN 4.5.

Contará con 6 salidas y no se hará uso de sus entradas para la implementación de este proyecto. Tendrá incorporado acoplador de bus.

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- 6 salidas individuales
- En caso de fallo del sistema, debe poder guardar el estado del sistema antes del fallo
- Rango de voltaje en KNX: 21 a 31 V DC
- Consumo de energía en KNX: 29 V DC
- Necesidad de energía externa al Bus: No
- Conexión Bus: TP1, Ø 0.80 mm
- Temperatura ambiente de funcionamiento: 0°C hasta +55°C
- Temperatura de almacenaje/transporte: -20°C hasta +70°C
- Humedad relativa: de 5 a 95% (sin condensación)
- Clase de aislamiento: II
- Peso: 264 g
- Sección de conductor recomendado: Cable trenzado o sólido Ø 0.5 a 4 mm<sup>2</sup>, 26-10 AWG.
- Tiempo máximo de respuesta: 50 ms
- Esperanza de vida: 3.000.000 de operaciones (60cpm)
- Potencia máxima: 4000 W
- Corriente máxima: 60 A
- Corriente por salida: 16A (por cada una de las 6)
- Potencia de salida: 30V DC (por cada una de las 6)
- Montaje en carril DIN, a presión
- Indicador de operación: LED indicador el modo de operación que está llevando a cabo el actuador.
  - Red: Modo de actuación
  - Verde: Modo test

#### 4.1.1.6 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación se encarga de proveer tensión al cable Bus y, por tanto, a los elementos que se conecten a este.

Su ubicación será dentro del armario eléctrico, en el panel del sistema de control junto con el resto de los elementos del sistema de control, sobre carril DIN 4.5.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tensión de alimentación: 230V - 50/60Hz.
- Consumo máximo de 640 mA (consumo en la línea de bus KNX y en la salida auxiliar)
- Bobina KNX incluida
- Montaje en carril DIN a presión
- Protección contra cortocircuitos y sobretensión
- Botón de reset y LED de estado de sobrecarga
- Tipo de conexión: TP1, Ø 0.80 mm
- Temperatura ambiente de funcionamiento: -5°C hasta +55°C
- Temperatura de almacenaje/transporte: -20°C hasta +55°C
- Humedad relativa: de 5
- Clase de aislamiento: I
- Peso: 247 g
- Tiempo de backup en caso de fallo de energía: 130ms
- Corriente máxima antes de notificación por sobrecarga: 850mA
- Sección transversal de cable: Ø 0.5 a 4 mm<sup>2</sup>, 26-10 AWG
- LED de potencia:
  - Verde: Funcionamiento correcto.
  - Verde parpadeante: Cortocircuito en el Bus KNX o en la salida adicional
  - Apagado: Fallo en la tensión de entrada
- LED de sobrecarga:
  - Rojo: El Bus y/o la salida adicional han sufrido sobrecarga
  - Rojo parpadeante: apagado debido a sobrecarga/cortocircuito en el Bus KNX o en la salida adicional
  - Apagado: corriente máxima especificada no excedida

#### 4.1.1.7 Pasarela IP

La pasarela permite conectar la subred KNX al exterior, enviando la información que viaja por el Bus, si así se ha configurado. Delimita las líneas del sistema.

Se instalará dentro del armario eléctrico, en el panel destinado a los elementos del sistema de control, sobre carril DIN 2. Hace uso del protocolo KNXnet/IP tunneling. Deberá tener acoplador de Bus integrado.

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- No necesita alimentación auxiliar, ni PoE
- Consumo máximo de 640 mA (consumo en la línea de bus KNX y en la salida auxiliar)
- Ethernet 10/100BaseT IP (más de 100Mbps, FastEthernet)
- Conector macho RJ-45
- Diagrama de carga de Bus de la última hora
- Rango de voltaje en KNX: 21 a 30 V DC
- Consumo de energía en KNX: 29 V DC
- Conexión Bus: TPI, Ø 0.80 mm
- Temperatura ambiente de funcionamiento: -5°C hasta +45°C
- Temperatura de almacenaje/transporte: -20°C hasta +60°C
- Humedad relativa: de 5 a 93% (sin condensación)
- Clase de aislamiento: III
- Peso: 74 g
- LED de estado de la línea Ethernet:
  - Verde: Funcionamiento correcto de la línea Ethernet.
  - Rojo: sobreescritura manual activa
  - Apagado: error
- LED de estado de la línea KNX:
  - Verde: línea KNX en correcto funcionamiento
  - Verde parpadeante: modo inicio
  - Rojo: restablecimiento de los valores predeterminados
  - Apagado: error o no conexión
- LED de estado del Tráfico Ethernet:

#### 4. PLIEGO DE CONDICIONES

---

- Verde parpadeante: tráfico en la línea Ethernet
- Rojo parpadeante: error
- Apagado: no hay tráfico
  
- LED de estado de la dirección de grupo:
  - Rojo: restablecimiento de los valores predeterminados
  - Apagado: operación normal
  
- LED de estado de la dirección física:
  - o Rojo: restablecimiento de los valores predeterminados
  - o Apagado: operación normal
  
- LED de programación:
  - Rojo: modo programación
  - Rojo parpadeante: cable Ethernet no conectado
  - Apagado: operación normal

##### **4.1.1.8 Conversor de medio**

El conversor de medio tiene la función de hacer la conversión de conexión Fast Ethernet a fibra óptica.

Estará ubicado en el interior del armario eléctrico junto con la pasarela IP, en el mismo carril. Sin embargo, su instalación será por medio de otro elemento mecánico para sostenerse puesto que no está pensado para colocarse en carril DIN.

##### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Conversión de 100Base-TX a 100Base-FX
- Rango de voltaje de suministro de entrada: 6-30V DC, no regulado (12V DC nominal)
- Corriente: 167 mA
- Consumo de potencia: 2 W
- Conector de potencia: 5.5mm x 9.5mm x 2.1mm, conector de barril
- Adaptador universal AC/DC: 100 – 240 V AC, adaptador de AC regulado incluido
- LED de potencia:
  - Verde: potencia aplicada al conversor.
  - Verde parpadeante: modo Loopback en test
  - Apagado: conversor apagado
- LED del enlace de fibra:



- Verde: Potencia aplicada en el enlace 100Base-FX
- Verde parpadeante: recepción de data
- LED del enlace de cobre Ethernet
  - Verde: Potencia aplicada en el enlace 100Base-FX
  - Verde parpadeante: recepción de data
- Debe permitir Full Dúplex
- Paso de enlace
- Far-End Fault

#### **4.1.1.9 Otros dispositivos**

La administración pública de la isla queda a cargo de la elección de nuevos elementos o añadido en caso de mejoras o ampliaciones del proyecto.

#### **4.1.2 Programación y pruebas**

Tanto la programación, como las pruebas de los dispositivos a instalar, se irán ejecutando a medida que se vayan instalando en el sistema. La sala de control será la encargada de monitorizar, en todo momento, durante este período.

#### **4.1.3 Discrepancias entre documentos**

Los documentos que conforman este proyecto (memoria, planos, descripción de materiales y pliego de condiciones) podría tener elementos contradictorios, creando algún conflicto. Sin embargo, en caso de suceder, cae en manos del director de obra la responsabilidad de la elección, pudiendo aceptar como ayuda la opinión de la persona encargada de supervisar la obra, designada por la administración pública de la isla. Por tanto, no se podrá hacer reclamaciones por conflictos, omisión o desconocimiento de información entre cualquiera de los cuatro documentos.

#### **4.1.4 Condiciones no comprendidas**

El director de obra de este proyecto, el contratista y el instalador quedan absueltos de la realización de cualquier actividad de albañilería, así como de modificación de elementos del sistema de alumbrado público o las obras para la implementación de las canalizaciones. Sin embargo, se deberá tener responsabilidad de seguir a la par a las obras de estas últimas, puesto que las zanjas creadas también serán usadas para pasar cable del sistema de control, evitando modificaciones y roturas que pudieran acarrear problemas en la obra paralela.

##### **4.1.5 Modificaciones en el proyecto**

Las modificaciones de las especificaciones comprendidas en este proyecto solo se llevarán a cabo si se desea mejorar la calidad de los dispositivos seleccionados y/o aumentar la cantidad necesaria para implementar la configuración definida. En todo caso, la responsabilidad de decisión recae sobre el Director de Obra, quien tendrá la toma de decisión final.

Toda modificación deberá cumplir con las características mínimas comentadas en el pliego de condiciones, así como con las características mínimas de los materiales, mencionadas en el apartado 3, LISTADO DE MATERIALES.

Las modificaciones que no cumplan con estos requisitos carecerán de validez y será descartada su ejecución dentro de la obra del proyecto.

##### **4.1.6 Inspecciones**

Tanto el director de obra como la persona designada por la administración pública podrán pedir certificaciones técnicas de materiales y montajes. Las inspecciones también podrán ser realizadas en el momento y cuantas veces se considere. Estas pueden ser totales o parciales.

##### **4.1.7 Calidad de los elementos del sistema de control**

Cualquier calidad que haya sido definida en concepto de elemento, material u otro tendrá prioridad. Esta puede venir definida por una marca comercial concreta o por una serie de especificaciones concretas exigidas. Todos aquellos conceptos que carezcan de dicha especificación será autoría del director de obra elegir la que se corresponda y sea compatible con los especificado en la presente documentación del proyecto.

Todo deberá de estar normalizado por fabricantes dedicados a los materiales demandados y serán tanto de primera calidad como del diseño más reciente sacado al mercado por el fabricante, siempre que cumpla con las especificaciones y la normativa vigente.

La fecha de fabricación de los materiales deberá de ser anterior a los 9 meses, como mínimo. Esta delimitación podrá ser saltada bajo indicación escrita por el director de obra.

##### **4.1.8 Documentación gráfica**

Los planos encontrados en este proyecto tienen la obligación de reflejar las instalaciones en detalle al completo, para permitir la correcta instalación de los elementos, siguiendo así la definición establecida de la obra.

La realización de los planos no será paralela a la realización de la obra, sino previa. En caso de que haya que hacer alguna modificación o se tenga que realizar alguna instalación de forma distinta a lo establecida, se le notificará al director de obra que tomará la decisión que considere oportuna, pudiendo consultarlo con la persona designada.

Se deberá legalizar previamente la instalación entre los diferentes organismos, enseñando la documentación que precise, antes de ejecutar lo plasmado en los planos.

Al final de la obra, estos planos deberán ser entregados. Tanto los planos de instalación como los esquemas de conexionado. La entrega de estos documentos es imprescindible. Es posible que se lleve a cabo documentación gráfica para paliar con conflictos o errores, sin embargo, deberá de ser aprobada y la persona encargada de haberla realizado no quedará exenta de los errores o detalles incorrectos que se puedan plasmar en los mismos.

### 4.1.9 Residuos

El trabajo de instalación de los elementos puede dar lugar a una amplia variedad de residuos, especialmente de formas sobrantes y restos de embalajes, cantidad que dependerá del número de elementos necesarios y el trabajo realizado.

La identificación de los trabajos previstos será primordial para hacer una aproximación el tipo y el volumen de los residuos a producir, para organizar contenedores e ir adoptando medidas. Antes de llevar a cabo la fase del trabajo, se deberán gestionar los residuos que se pueden producir y decidir si se pueden reducir, reutilizar y/o reciclar.

## 4.2 Normativa aplicada

REAL DECRETO 485/1997, de 14 de Abril (BOE 23/04/97), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

REAL DECRETO 685/1997 de 12 de mayo (B.O.E. 24/05/97). Protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

REAL DECRETO, 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo (BOE 11/03/06), sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Transposición al derecho español de la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

LEY 31/1995 de 8 de Noviembre de prevención de Riesgos Laborales. Transposición al Derecho Español de la Directiva 89/391/CEE relativa a la aplicación de las medidas para promover la mejora de la seguridad y salud de los trabajadores en el trabajo, así como las Directivas 92/85/CEE, 94/33/CEE y 91/383/CEE relativas a la aplicación de la maternidad y de los jóvenes y al tratamiento de las relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.

REAL DECRETO, 842/2002, de 2 de agosto (BOE 18/09/2002), por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

REAL DECRETO, 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2004/108/CE sobre compatibilidad electromagnética.

REAL DECRETO ,1077/2012 de 13 de julio, por el que se establecen cinco certificados de profesionalidad de la familia profesional Electricidad y electrónica que se incluyen en el Repertorio Nacional de certificados de profesionalidad.

#### 4. PLIEGO DE CONDICIONES

---

NORMA UNE-EN 50288-6-1, de 2004, por el que se establece la especificación intermedia para cables sin apantallar aplicables hasta 250 MHz y cables para instalaciones horizontales y verticales en edificios.

Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios.

REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

NORMATIVA ENI 3201, ajuste de los niveles de iluminación teniendo en cuenta el uso de la vía, la densidad de tráfico y condiciones meteorológicas.

NORMATIVA UNE-EN 50086-2-2, octubre de 2013, por el que se regulan los sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2: Requisitos particulares para sistemas de tubos curvables.

NORMATIVA UNE-EN 50265-2-1, septiembre de 2007, por el que se regulan métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Parte 2: Procedimientos. Sección 1: Llama premezclada de 1 kW.

NORMATIVA UNE-EN 50267-2-1, enero de 2007, por el que se regulan métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Parte 2: Procedimientos. Sección 1: Determinación de la cantidad de gases halógenos ácidos.

NORMATIVA UNE-EN 13602, julio de 2014, por el que se regula el cobre y aleaciones de cobre. Alambres de cobre redondo y estirado para la fabricación de conductores eléctricos.

NORMATIVA UNE-EN 50290-2-27, julio de 2014, por el que se regulan cables de comunicación. Parte 2-27: Reglas comunes de diseño y construcción. Mezclas libres de halógenos y retardantes de la llama para cubiertas.

NORMATIVA UNE-EN 50022, por la que se regulan especificaciones para dispositivos de distribución y de conmutación de baja tensión y sistemas de control para uso industrial, carriles de montaje. Carril DIN 35 mm para montaje de equipos.

## CONCLUSIONES

En este TFG se ha profundizado en el Internet de las Cosas, cada vez más conocido e implementado alrededor de los usuarios. En concreto, se ha presentado el proceso de diseño y desarrollo de un Sistema de Control para un alumbrado público ya definido en el contexto de una Smart Island. Para llevarlo a cabo se ha utilizado la domótica. Dentro de este mismo campo, hay distintas tecnologías que permiten implementar este área y ejecutar un sistema de control para un alumbrado eléctrico. El proceso de desarrollo ha conllevado un estudio de las diferentes tecnologías presentes en el mercado actual, así como la búsqueda de los elementos necesarios para llevarlo a cabo y definir las especificaciones mínimas requeridas. Para este proyecto se barajaron tres tecnologías principales: PLC, LonWorks y KNX.

La decisión de utilizar KNX se debió a un estándar abierto a varias áreas que contaba con un gran número de proveedores. La fácil instalación de los elementos, que cuentan con el software de instalación ETS, permiten una buena integración, sin sacrificar el ahorro energético y con una fuerte presencia en el ámbito europeo.

El objetivo ha sido obtener un sistema que mejorara la eficiencia del anterior, haciendo uso de elementos de detección de movimiento y de nivel de luminosidad. Las posibilidades que abren las distintas configuraciones que pueden ser programadas en los dispositivos abre un abanico de escenas que permiten un uso inteligente de la luz exterior. Todo esto se ha conseguido por medio de un sistema que cumple con los criterios normativos y técnicos.

Pese a KNX presenta un elevado precio a diferencia de otras tecnologías, actualmente es uno de los estándares más usados en domótica gracias a la cantidad de posibilidades que permite al trabajar en todo tipo de terrenos y áreas. Esto ha permitido que la dificultad del diseño se redujera. Los sistemas KNX son fácilmente integrables por el Bus y permiten el control de muchos sistemas domóticos, facilitando el uso y volviéndolo más eficiente. Por tanto, los elementos utilizados en este proyecto han podido ser provistos por distintas empresas especializadas, escogiendo aquellos elementos que cumplieran con las características técnicas deseadas para llevar a cabo el sistema.

Se ha de reconocer que la tecnología KNX es cara como para ser utilizada en un

proyecto de tan gran envergadura. No hablamos de un único edificio, sino de toda una isla que cuenta con tres núcleos de población de tamaños variantes. Por tanto, la inversión inicial resulta elevada. Sin embargo, la poca complejidad que lleva permite que si se expande el sistema de alumbrado, el sistema de control también será fácilmente ampliable. De desear cambiar las funcionalidades, o añadir nuevas, la búsqueda e integración de los nuevos elementos KNX facilita esta tarea.

En cuanto a elementos a mejorar en el proyecto:

- Calcular cuál es la tensión que gasta cada elemento para saber qué cantidad de fuentes de alimentación es realmente necesaria para que el sistema funcione sin problemas.
- Definir más de una línea en aquellos armarios donde se supera el número de elementos conectados a la línea, incluyendo los sensores.
- Seleccionar el modelo exacto de elementos, no solo las características, para llevar a cabo el estudio del presupuesto y obtener el coste exacto que supondría llevar a cabo un proyecto de esta envergadura con el estándar KNX.

### 5.1 Opinión Personal

Inicié este proyecto porque durante la carrera me había llamado la atención el tema de la domótica. Tuve algunas experiencias externas a la carrera a muy bajo nivel, así como una introducción a su manejo en algunas asignaturas del grado. Fue un tema que llamó mi atención y del cual quise convertir en tema principal en mi Trabajo de Final de Grado, debido al poco manejo que había tenido.

A través de este proyecto, he conocido cuáles son las tecnologías que utiliza la domótica para implementarse. Al haber hecho uso de la tecnología KNX, he podido saber los distintos fabricantes que han adoptado este estándar para sus dispositivos domóticos. Me ha ayudado a saber informarme y documentarme, así como también a perfeccionar mis técnicas en la creación y manejo de planos. Tal vez, esta ha sido la parte más tediosa y que más tiempo me ha llevado en la implementación del proyecto, aunque ha sido la que me ha permitido llegar a conclusiones lógicas para resolver problemas que iban surgiendo. La razón era que los pequeños errores a la hora de plasmar el sistema podían derivar en grandes cambios por lo que mucho tiempo ha sido invertido o bien en cambiar la disposición presentada en los planos o en buscar alternativas favorables para evitar hacer estos grandes cambios.

Hay muchas más cosas aprendidas a lo largo de este proyecto, sin embargo, lo más importante para mí ha sido ver este trabajo como una entrada laboral al mundo de los proyectos, especialmente en los de domótica. En definitiva, aprender a implementar un proyecto de importante magnitud poniendo en práctica las herramientas y conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera y haciendo uso del ingenio. A fin de cuentas, la palabra *ingeniero* deriva de la palabra *ingenio*.



## ANEXOS

### A.1 Estudio de tecnologías

#### A.1.1 Introducción

La tarea principal de la domótica es la de automatizar y gestionar los servicios del campo energético, seguridad, bienestar y comunicación. Su principal ejecución es sobre viviendas o edificios para mejorar el confort de los habitantes.

En este proyecto se ha ido un paso más hacia adelante y se ha querido utilizar la domótica para gestionar y automatizar el alumbrado público de toda una isla, cumpliendo así uno de los requisitos para que pase a pertenecer a la familia *Smart*, abarcando el marco de una Smart Island.

Aunque la tecnología escogida responde al estándar KNX, fue necesario un estudio de tecnologías para escoger la que fuera compatible con los servicios que se querían proporcionar y cumpliera las características técnicas y de instalación pensadas. Siendo KNX la seleccionada, dentro de las posibilidades que el propio estándar permitía se tuvo que volver a hacer otro estudio para escoger el que fuera óptimo para el proyecto.

Las tecnologías resultantes serán explicadas en este anexo.

#### A.1.2 Tecnologías

##### A.1.2.0.1 PLC

A través de un artículo del control de alumbrado de la ciudad de Salzburgo fue que surgió PLC como una posibilidad, aunque el artículo resaltaba que no correspondía a la mejor alternativa debido al alto presupuesto que suponía. En el mismo artículo, se hace una ligera comparación con la tecnología KNX[5].

La tecnología PLC, siglas para Controlador Lógico Programable, se presentaba como una alternativa de automatización. Este sistema presentaba gran libertad de programación, potencia de procesamiento y comunicación, así como también de al-

macenamiento. Esto permitía que los elementos fuesen creados de cero. De esta forma se habrían creado elementos con la funcionalidad exacta que se querría para el sistema de control, puesto que con el mismo elemento se podía acceder al control completo de varias máquinas, pudiéndose programar el equipo para hacer funciones de varios dispositivos distintos. La otra ventaja se encontraba en el mínimo mantenimiento necesario, traduciéndose en bajo coste en mano de obra.

El problema principal que presentó esta tecnología era la necesidad de contar con un personal técnico altamente cualificado que pudiera manipular los PLCs. Tanto a la hora de implementar el proyecto como a futuro para mantenerlo en funcionamiento, garantizando el buen funcionamiento de la instalación. De hecho, los instaladores de domótica no programan PLCs, sino equipos específicos con unas funciones limitadas para una serie de comportamientos.

Otro problema se encontraba en el cableado. La magnitud del proyecto hacía ver que toda la parte del cableado iba a ser excesiva, pudiendo añadir complejidad a la instalación. La desventaja final que presenta esta tecnología es el uso de un sistema centralizado, completamente contrario a la finalidad de un sistema de domótica que busca la independencia de los dispositivos, minimizando los mensajes de control y de tráfico, acelerando el tiempo de respuesta y reduciendo el número de información perdida.

### **A.1.2.0.2 LonWorks**

La siguiente tecnología que se evaluó, al mismo tiempo que KNX, fue LonWorks. Al igual que KNX, es un estándar de domótica que cuenta con dispositivos autónomos y automatizados que, conectados a un medio físico, realizan una comunicación total con el sistema mediante un único protocolo de comunicación.

En LON, un dispositivo es un objeto que responde a varias entradas y produce unas salidas. El sistema no es centralizado, sino que los dispositivos gozan de un alto grado de autonomía, en función de la configuración dispuesta para cada uno.

Para la comunicación de estado o control, se hace uso del protocolo LonTalk.

LonWorks no hace uso de buses físicos para conectarse sino de par trenzado y líneas de potencia. La principal ventaja que presenta este estándar es la gran capacidad que permite para su sistema. Al tener identificadores de 48 bits para los nodos del sistema, es una buena solución para sistemas domóticos de gran cobertura.

De hecho, LonWorks presenta muchas otras ventajas. Tiene una velocidad de transmisión de 76000bps. Como protocolo de acceso al medio, utiliza el mismo que la tecnología KNX, CSMA-CA. En este protocolo no es necesario el uso de fuente de alimentación por línea, la cual puede tener una distancia máxima de 2700 metros y permite el uso de bucles, que aporta alternativas en caso de rotura en cableado.

Eso sí, para poder configurar los elementos de Lon se puede hacer uso de varios softwares, en cuyo caso se hará uso de varios protocolos de comunicación que permitan que todo el sistema pueda comunicarse entre sí. Más adelante, surgió el LonMaker, válido para todos los productos, aunque todos los anteriores siguen funcionando y utilizándose. Lo mismo sucede con los datos que envían y reciben los dispositivos, aunque en este caso no hay uno universal.



Aunque el estándar LonWorks reunía mayores ventajas para llevar a cabo el proyecto, KNX tiene un catálogo de productos y aplicaciones más amplio que LON, así como una mayor cobertura en Europa, dónde LON aún no ha ganado tanta fuerza en el mercado.

#### **A.1.2.0.3 KNX[1]**

Al igual que LON, KNX utiliza una topología de cableado por medio de un Bus. Sin embargo, la distancia máxima que es capaz de alcanzar es de tan solo 1000 metros. Este cable, contrario a lo que sucede con LON, sí se encuentra homologado pero todos los elementos que van conectados necesitan una asignación de dirección física uno a uno, algo que resulta repetitivo, especialmente si el sistema a montar es de una importante dimensión.

Al contrario a lo que sucedía en LON, KNX solo hace uso de un software para configurar sus dispositivos. Con el mismo se regula la configuración para la instalación de la red y para la depuración de los elementos.

Al igual que LON, hace uso del protocolo CSMA-CA como acceso al medio pero la velocidad de transmisión es bastante inferior. Tan solo 9600 bps a través del cable Bus.

En este estándar hay un único tipo de datos que permite que los dispositivos puedan comunicarse entre ellos, entendiendo la información que se envía. Por tanto, todos los productos que adoptan el estándar KNX tienen asegurada la comunicación entre ellos en la misma red de un sistema.

KNX dispone de un sistema de distribuidores mucho más amplio que LON y tiene supremacía de actuación en el marco europeo.

#### **A.1.2.1 Conclusión**

La razón principal por la que se seleccionó KNX fue la sencillez y comodidad que presentaba el hecho de tener un estándar definido para la instalación y comunicación de los elementos en un mismo sistema, sin tener que preocuparse por encontrar elementos que respondieran al mismo como hubiera sucedido con LON. Además, al ser el catálogo de LON menos extenso, si, además, se tenía que seguir este otro requisito, se corría el riesgo de estar faltos de materiales que cumplieren las características requeridas por el sistema. Incluso, de permitir que se mejorara el proyecto a futuro con la utilización de otro tipo de dispositivos que otorgarán nuevas y mejores funcionalidades.

Cuando se estudiaron las dimensiones de las ciudades e infraestructuras donde se iba a aplicar el estándar de domótica, se tuvo en cuenta la distancia entre los puntos más lejanos, sabiendo de antemano donde estaban dispuestos los armarios eléctricos. Debido a que las manzanas no tenían perímetros superiores a 1000 metros, con un amplio margen de actuación, se decidió que KNX era más que suficiente para paliar con esta limitación.

A nivel económico, ambos presentaban índices similares, por lo que no fue un factor decisivo a la hora de selección.

De hecho, la mayor desventaja proporcionada por KNX era el número de elementos que se podía conectar al sistema, 14400 es el máximo si hacemos uso de KNX a través de Ethernet o por par trenzado. Sin embargo, al hacerse el estudio, se encontró la alternativa de aplicar KNX sobre IP.

Con esta nueva variante se rompían las barreras impuestas por el número de elementos y la cantidad máxima que permitía el montaje del sistema. La cantidad de dispositivos venía delimitada por la cantidad de direcciones IPs disponibles que hubiera, Mientras que el número de líneas estaría mayormente delimitado por el número de manzanas que hubiera en la isla, sobre las que se iba a aplicar este sistema de control.

También se mejoró la velocidad máxima de la que hace uso KNX. Dentro de las líneas, la velocidad se mantendría igual, pero para la comunicación entre líneas o llevar al información a un sistema central, se haría uso del medio de conexión a red seleccionado para las TICs de la isla, siendo fibra óptica para este proyecto. Por tanto, la velocidad obtuvo una importante mejora.

Todo este conjunto de soluciones encontradas para paliar con las desventajas de KNX y el haber tenido experiencia previa con este estándar, dando una mayor seguridad a la hora de diseñar un proyecto domótico, fueron los factores claves para que la balanza se inclinara en favor de estándar domótico KNX.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] KNX.org, “KNX: Conocimientos básicos.” [Online]. Available: [https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics{}\\_es.pdf](https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics{}_es.pdf)
- [2] B. Innovation Center, “Internet de las Cosas,” p. 30, 2015.
- [3] BBVA, “¿Qué son las ‘smart cities’?” feb 2017. [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/las-smart-cities/>
- [4] Cabildo Insular de La Palma, “Smart Island.” [Online]. Available: <http://www.lapalmasmartisland.es/>
- [5] KNX.org, “Eficiencia energética con KNX.”
- [6] Interplast, “Información técnica de tubo PVC.” [Online]. Available: <http://www.interplastghana.com/pgs/spanish/TextTechnicaluPVC72SPA.pdf>
- [7] Ascable-Recael, “Cableado del sistema.” [Online]. Available: <http://www.ascable-recael.com/ascable-recael/>
- [8] Wim Diepstraten, “IEEE PS02.11.93170a: CSMA/CA Based Protocol.” [Online]. Available: [http://www.ieee802.org/11/Documents/DocumentArchives/1993{}\\_docs/1193070a{}\\_scan.pdf](http://www.ieee802.org/11/Documents/DocumentArchives/1993{}_docs/1193070a{}_scan.pdf)
- [9] O. B. Javier Garcia Fernandez, “Alumbrado de vías públicas.” [Online]. Available: [https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias{}\\_p.html](https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias{}_p.html)
- [10] JUNG, “Detector de presencia.” [Online]. Available: <https://www.jung.de/es/online-catalogo/255938730/>
- [11] Zennio, “Dispositivos KNX.” [Online]. Available: <http://zennio.com/products>
- [12] Perle Systems, “Conversor de medio.” [Online]. Available: <https://www.perlesystems.es/products/fast-ethernet-converter.shtml>