



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN CON PROTOCOLO DE
CONTROL DOMÓTICO ESTANDARIZADO**

Tesis que para obtener el Título de Ingeniero Mecatrónico

Presenta:

Víctor Alberto Gómez Flores

Director de tesis:

Ing. Valente Vázquez Tamayo



México D.F., mayo de 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su constante e invaluable apoyo brindado a lo largo de mi vida y quién ha sido una guía para mi formación profesional.

A mi padre por sus buenos consejos y quien me ha centrado en este camino recordándome ser siempre una persona de éxito.

A mis hermanas Suee y Aleida, quienes siempre me han sabido escucharme y manifestarme una opinión para mi crecimiento.

A mi abuela por su enorme cariño que me ha demostrado.

A Jessica quien ahora forma parte de mi vida y quien me ha enseñado a ver las cosas desde una perspectiva diferente.

A toda mi familia quienes me han impulsado para llegar a este punto.

A mis amigos que conozco desde hace ya más de 10 años y por quienes conozco el valor de la amistad.

Al Ing. Valente Vázquez, por el tiempo dedicado, orientación y apoyo para la realización de ésta tesis.

Al Ing. Jesús quien me proporcionó asesoría para la culminación de mi trabajo.

Y a mí amada Universidad Nacional Autónoma de México que me ofreció educación de excelencia y que por ella ahora soy un profesionista.

CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
OBJETIVO	8
OBJETIVOS PARTICULARES	8
ALCANCES	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	11
1.1 ¿QUÉ ES LA DOMÓTICA?	11
1.2 ¿QUÉ ES LA INMÓTICA?.....	12
1.3 ¿QUÉ ES UN EDIFICIO INTELIGENTE?	12
1.4 SERVICIOS A GESTIONAR	14
1.5 BENEFICIOS	15
1.6 CARACTERÍSTICAS	15
1.6.1 Topologías de Red.....	16
1.6.2 Tipos de Arquitecturas	16
1.7 DOMÓTICA EN EL MUNDO.....	16
1.8 ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAR UNA INSTALACIÓN DOMÓTICA	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO – ILUMINACIÓN	18
2.1 NIVELES DE ILUMINACIÓN	18
2.2 LEY FUNDAMENTAL DE LA ILUMINACIÓN	18
2.3 FUENTES DE LUZ.....	19
2.3.1 Características de las fuentes.....	19
2.3.2 Tipos de fuentes luminosas	20
CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES	24
3.1 NECESIDAD BÁSICA	24
3.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	24
3.3 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO	24
3.4 ANÁLISIS DE LAS ESPECIFICACIONES.....	24
CAPÍTULO 4. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS DE CONTROL	26
4.1 X-10.....	27
4.2 KNX	27
4.3 EIB.....	28
4.4 BatiBUS.....	29
4.5 EHS.....	29
4.6 CEBus.....	29

4.7	LonWorks	30
4.8	BACnet	31
4.9	SCP	31
4.10	SELECCIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL.....	32
4.10.1	Descripción general	32
4.10.2	Matriz de decisión.....	34
4.11	PROTOCOLO DE CONTROL SELECCIONADO.....	38
4.11.1	Medios físicos de transmisión y sus áreas de aplicación.....	38
4.11.2	Topología.....	38
4.11.3	Comunicación	39
4.11.4	Software de configuración	40
4.11.5	Instalación.....	42
4.12	NORMATIVIDAD APLICABLE AL PROYECTO.....	42
CAPÍTULO 5. SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN CON PROTOCOLO KNX.....		43
5.1	PROCESO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	43
5.1.1	Descripción General	43
5.1.2	Selección del tipo de alumbrado.....	45
5.1.3	Selección preliminar de fuente luminosa.....	46
5.1.4	Selección final de fuente luminosa.....	47
5.1.5	Selección de luminaria	49
5.1.6	Selección de balastro	49
5.1.7	Altura de montaje	50
5.1.8	Método de lúmenes para iluminación de interiores.....	51
5.1.9	Plano: Distribución de luminarias	55
5.2	SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN	56
5.2.1	Descripción general	56
5.2.2	Diagrama de bloques del sistema	57
5.2.3	Diagrama de flujo del sistema	58
5.3	PROCESO DE DISEÑO CONTROL DE ILUMINACIÓN	59
5.3.1	Topología del sistema.....	59
5.3.2	Componentes de la instalación:.....	60
5.3.3	Cálculo del número de actuadores necesarios	60
5.3.4	Iluminación en pasillos.....	62
5.3.5	Selección de actuador de luminosidad, diagrama de bloques y funcionamiento	62
5.3.6	Selección del sensor pulsador, diagrama de bloques y funcionamiento	63
5.3.7	Selección del detector de movimiento diagrama de bloques y funcionamiento.	64
5.3.8	Asignación de direcciones físicas.....	65
5.3.9	Asignación de direcciones de grupo.....	67
5.3.10	Número de componentes para la instalación.....	73

5.3.11	Instalación.....	74
5.4	COMPARACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL VS SISTEMA PROPUESTO	75
	CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO	77
	BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA.....	79
	ANEXOS	83
	ANEXO 1: Terminología y unidades.	83
	ANEXO 2: Aplicaciones principales para cada tipo de lámpara.....	85
	ANEXO 3: Planos.	86
	ANEXO 4: Valores de reflectancias.....	87
	ANEXO 5: Temperatura de color.	87
	ANEXO 6: Fichas técnicas de dispositivos utilizados.	88

RESUMEN

En el presente trabajo se expone el diseño de un sistema de control de iluminación para el piso 1 de la Torre de Ingeniería de la UNAM, tomando en consideración las características arquitectónicas de cada oficina, así como su tipo de uso y los horarios en los que se utilizan. Al tratarse de un sistema de control, se seleccionó un protocolo de control utilizado para instalaciones inmóticas a través de una proyección tecnológica, para visualizar cuál de los protocolos disponibles en el mercado sería el adecuado.

Se dividió el diseño del sistema en dos etapas: El sistema de iluminación y el sistema de control.

Para diseñar este sistema, primero se realizó una investigación acerca de las características de domótica¹ e inmótica², así como los servicios que gestionan, las topologías existentes y las alternativas para la implementación de una red domótica. De la misma forma se realizó una búsqueda de información respecto a la iluminación, con la finalidad de aportar elementos que permitieran el desarrollo del sistema siguiendo una metodología.

Con base en la investigación, se determinó el tipo de alumbrado, se seleccionó la fuente luminosa y se determinó el número de luminarias y su distribución. Con lo anterior se completó la primera etapa del proyecto, es decir el diseño del sistema de iluminación.

De igual forma se establecieron los parámetros para evaluar el protocolo de control y recurriendo a una matriz de decisión se seleccionó dicho protocolo. Una vez seleccionado, se aplica en el sistema de iluminación diseñado anteriormente. Para ello fue necesario estudiar su funcionamiento y posteriormente seleccionar los dispositivos del sistema que permitieran controlar las luminarias.

Enseguida se realizó el programa de control por medio de la plataforma ETS 4 para concluir con la segunda etapa del proyecto, el sistema de control.

Dicho sistema permite el accionamiento y regulación de luminarias por medio de pulsadores. Para los pasillos se tienen detectores de presencia y pulsadores, con la finalidad de que las luminarias no estén encendidas en todo momento, y permitiendo también el accionamiento y regulación.

Finalmente se realiza una comparación del sistema actual contra el sistema propuesto en este trabajo de tesis, de acuerdo con tres características principales: ahorro energético, tipo de alumbrado y costo.

El presente trabajo cumple con los alcances establecidos, y al tratarse de un sistema estandarizado para instalaciones inmóticas, puede considerarse ampliar la red de iluminación a los siguientes pisos de la Torre de Ingeniería, así como incrementar la instalación gestionando sistemas de seguridad, comunicaciones, y confort tales como: calefacción, refrigeración, aire acondicionado, riego, etc., sin necesidad de modificar la red propuesta.

¹ **Domótica:** Es la incorporación de equipos de automatización a viviendas, con la finalidad de gestionar las instalaciones de los sistemas de seguridad, confort, comunicaciones, etc.

² **Inmótica:** Se entiende por inmótica a la incorporación de equipos de automatización edificios, gestionando sistemas de seguridad, confort, comunicaciones, etc.

ABSTRACT

In this paper is discussed the design a lighting control system for the 1st floor of the Tower of Engineering UNAM, taking into account the architectural features of each office, as well as their type of use and the times at which are used. Like in a control system, a communication protocol was selected through a technology projection, to display which of the protocols available on the market would be the right . This protocol is used for building automation installations.

The system design is divided into two stages: The lighting system and the control system.

To design this system, first it was performed an investigation of the characteristics of home and building automation and managed services, existing topologies and alternatives for implementing a home automation network. Similarly, a search for information regarding lighting was performed, in order to provide elements that allow the development of the system following a methodology.

Based on research, the type of lighting is determined, the light source is selected and the number of luminaries and their distribution was determined. With the above, the first stage of the project was completed, the design of the lighting system.

Similarly the parameters were established to assess the control protocol. With a decision matrix that protocol was selected. Once selected, it is applied in the previously designed lighting system. It was necessary to study their use and then select the system devices that let lighting control.

Then the control program was conducted by the ETS 4 platform to complete the second phase of the project, the control system.

This system allows the luminaries operation and regulation by pushbuttons. For passageways have detectors and switches, in order that the luminaries are not on at all times, and also allowing activation and regulation.

Finally, a comparison is performed between the current system against the system proposed in this thesis, according to three main characteristics: energy savings, cost and type of lighting

This work meets the established scope, and being a standardized system for building automation installations, it can be considered expand the network lighting to the following plants of the Tower of Engineering, as well as increase the security systems, communications, and comforts such as: heating, cooling, air conditioning, irrigation, etc., without having to modify the proposed network.

OBJETIVO

Diseñar y desarrollar un sistema de control de iluminación para el 1^{er} piso de la Torre de Ingeniería de la UNAM, utilizando un protocolo estandarizado para instalaciones inmóviles, considerando las características arquitectónicas de cada cubículo, su tipo de uso y horarios.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer las características y técnicas utilizadas para domótica e inmótica.
- Investigar y analizar los aspectos teóricos relevantes para el diseño de un sistema de iluminación.
- Diseñar el sistema de iluminación para el 1^{er} piso de la Torre de Ingeniería de la UNAM con una metodología de diseño y bajo la normatividad correspondiente.
- Estudiar los diferentes protocolos de control que son utilizados para domótica e inmótica y elegir el adecuado conforme a una proyección tecnológica.
- Aplicar el protocolo de control seleccionado para la el desarrollo del sistema de control de iluminación.

ALCANCES

- Diseño del sistema de iluminación
 - Definición del tipo de uso para cada cubículo
 - Selección del tipo de alumbrado
 - Cálculo de luminarias
 - Selección de la fuente luminosa
 - Selección de luminarias
 - Distribución de luminarias
- Diseño del sistema de control
 - Selección del protocolo de control
 - Estudio del protocolo de control
 - Definición de las funciones del sistema de control
 - Selección de actuadores, sensores y dispositivos del sistema
 - Diseño del programa de control con el protocolo seleccionado

INTRODUCCIÓN

El impulso de la automatización de viviendas y edificios es un instrumento tecnológico que facilita la vida del ser humano. La inmótica como rama de la ingeniería debe asegurar la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad. Es así como la inmótica tiene un enfoque directo en la sociedad aportando principalmente seguridad y confort a los receptores de dicha tecnología, y la posibilidad de ahorro energético al encargarse de los diferentes sistemas que pueden ser integrados en la red inmótica.

Dentro de los sistemas de una instalación inmótica, se encuentran los sistemas de iluminación, los cuales son uno de los principales consumidores energéticos, registrando hasta un 20 %³ del consumo total en una edificación. Al hablar de iluminación, ya sea en el hogar, en una oficina, en exteriores o inclusive en la industria, muchas veces se deja de considerar que un sistema de iluminación puede mejorar nuestros sentidos e influir en nuestro estado de ánimo, teniendo un impacto directo en el nivel de confort de cada persona. Es decir, una adecuada iluminación en el lugar de trabajo influye directamente en los niveles de productividad de cada individuo.

Por otra parte, la implementación de los sistemas de control de iluminación, influye en la realización de las actividades diarias de cada persona, y consecuentemente dichos sistemas gestionan eficientemente la energía.

Existen diversos protocolos de control diseñados específicamente para su uso en viviendas y grandes edificaciones los cuales gestionan los diferentes tipos de automatización que se pueden tener en dichos recintos, tales como, el control de iluminación, calefacción, aire acondicionado, seguridad, etc. Dichos protocolos se pueden clasificar en dos grandes grupos, aquellos que son protocolos abiertos y los denominados protocolos propietarios o cerrados.

Desde el surgimiento de la domótica e inmótica se ha buscado la estandarización, con el objetivo de implementarse en el mercado mundial, basándose en ciertas normas y especificaciones que permitan la integración de dispositivos de una mejor forma. La necesidad de estandarización ha llevado a diferentes sociedades y fabricantes a fusionarse o crear asociaciones para establecer dichos parámetros de estandarización. Dicha estandarización abarca desde el diseño del producto y la gestión tecnológica, hasta el modo en que operará y el protocolo de control a utilizar.

Este proyecto de tesis surge como una propuesta alterna al trabajo que actualmente se desarrolla en la Torre de Ingeniería de la UNAM para controlar el sistema de iluminación por ala y piso.

El objetivo principal es diseñar y desarrollar un sistema de control de iluminación utilizando un protocolo de control estandarizado para instalaciones inmóticas, tomando en consideración las características arquitectónicas de cada recinto, su tipo de uso y horarios en los que se utilizan, así como evaluar la tecnología existente en el campo de la inmótica, específicamente, los protocolos de control disponibles para dichas instalaciones y seleccionar el adecuado conforme a una proyección tecnológica.

³ JUNG IBÉRICA, Domótica. Control eficiente de la climatización e iluminación. [En Línea] <<http://www.jungiberica.es/eficiencia.asp>> Consulta en Mayo 2014.

En el capítulo 1 se abordan los aspectos relevantes con respecto a la domótica e inmótica, así como: los servicios que gestionan, las topologías existentes, los beneficios de dichas instalaciones, la postura mundial y las alternativas existentes para la implementación de una red de este tipo.

Posteriormente en el capítulo 2 se estudian todos los aspectos técnicos con respecto a la iluminación, con el fin de aportar elementos que permitieran el desarrollo del sistema. Cabe destacar, que para el diseño del sistema de iluminación se consultaron tablas de los niveles de iluminación recomendados, con la finalidad de que todo el sistema esté regido bajo la normatividad correspondiente.

Después en el capítulo 3 se establecen las especificaciones y requerimientos del sistema.

En seguida en el capítulo 4 se analizan los protocolos de control existentes y de acuerdo con ciertas características importantes que debe cumplir un protocolo estandarizado, se selecciona uno de ellos. Dicho protocolo es el que se utiliza para el control de iluminación.

Finalmente en el capítulo 5 se expone el diseño del sistema dividiéndolo en dos áreas, la primera el diseño de iluminación, logrando seleccionar tipo de alumbrado y luminarias convenientes, de acuerdo con la metodología de diseño, y la segunda, el control de iluminación, utilizando el protocolo de control estandarizado seleccionado previamente. En esta parte se seleccionan los dispositivos del sistema y se realiza el programa de control para la red de iluminación.

Finalmente se analizan las características del sistema propuesto y el sistema actual de acuerdo con el ahorro energético que proporciona cada uno, su costo y el tipo de alumbrado.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Actualmente, se vive una etapa crítica en donde una de las cosas más importantes que se deben hacer es preservar el medio en el que vivimos, hoy en día es de suma importancia contribuir al cuidado del planeta, y cabe mencionar que no se necesitan hacer grandes cosas para lograr un gran cambio, es decir realizando acciones como limpiar el lugar en donde vivimos o trabajamos, depositar la basura en su lugar, separar basura orgánica e inorgánica, no dejar las llaves del agua abiertas mientras se realizan ciertas actividades, reciclar, reusar, reutilizar, apagar las luces y desconectar equipos cuando no se utilizan, son algunas de las actividades que se deben llevar a cabo diariamente y que se pueden hacer con facilidad, de esta manera nos hacemos parte de este gran cambio que nuestro planeta necesita. Sin embargo no lo es todo, aún quedan muchos espacios por explorar y desarrollar de una forma mucho más fuerte y comprometida, y una de las áreas que actualmente tiene un gran apogeo y está preocupada por el desarrollo sustentable en construcciones unifamiliares es la domótica.

En el mundo la domótica se ha desarrollado desde hace ya más de 30 años, sin embargo es frustrante observar que en México esta área no tiene un gran desarrollo⁴, y esto es paradójico ya que un país como México necesita áreas de oportunidad para generar empleos y que mejor que hacerlo en un sector que aparte de contribuir con el crecimiento económico nacional, contribuye con el ahorro energético.

Hoy en día se habla de energías limpias, tales como la que se obtiene a partir de la instalación de celdas fotovoltaicas, o se escucha hablar acerca del ahorro y cuidado del agua, estos son temas que la domótica abarca y pretende hacer de éstos, sistemas que se puedan instalar fácilmente en una vivienda o edificio y a un costo accesible. Se escucha contradictorio como un sistema que tiene tantas ventajas y beneficios en su uso, que puede ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas, contribuye con el ahorro energético, además de fomentar el cuidado al medio ambiente, sea un sistema casi inaccesible para la mayor parte de la población.

1.1 ¿QUÉ ES LA DOMÓTICA?

El término domótica se compone de la unión de la palabra “domo” que proviene del latín domus cuyo significado es casa y el sufijo “tica” de automática⁵. Otros autores⁶ asumen que “tica” proviene de la unión TIC (Tecnologías de la información y la comunicación), y la “a” de automatización. Tomando en cuenta que en la actualidad no existe un único estándar para la domótica e inmótica que cubra los requisitos de una instalación de éste tipo, erróneamente se utiliza el término domótica para referirnos a cualquier tipo de automatización en un edificio. Desde un punto personal, éste concepto debe utilizarse para referirse a las técnicas que se utilizan para la automatización y gestión de las viviendas, integrando todos los sistemas de seguridad, de ahorro energético, de confort y de comunicación.

⁴ Ver fabricantes en áreas de aplicación para: iluminación, control de persianas, seguridad, confort, calefacción, ventilación, aire acondicionado, monitorización, alarmas, control de agua, gestión energética. [En línea] <<http://www.knx.org/es/miembros-knx/listado/?order=country>> Consulta en: Mayo 2014.

⁵ ROMERO M., C., VÁZQUEZ S., F., CASTRO L., C., *Domótica e Inmótica Viviendas y Edificios Inteligentes*, pág. 5.

⁶ HUIDORO, J., M., *Domótica: edificios inteligentes*, pág. 180

1.2 ¿QUÉ ES LA INMÓTICA?

Por otra parte, existe un término utilizado específicamente cuando se trata de un edificio, denominado inmótica, el cual constituye los diferentes automatismos que se encuentran en la edificación. Es así como surge la única diferencia entre ambos términos, aplicando la domótica para viviendas, y la inmótica para edificaciones. En la Figura 1.1. se muestra un hotel inmótico Burj al Arab, ubicado en Dubai



Figura 1.1. Edificio inmótico en Dubái. [25]

1.3 ¿QUÉ ES UN EDIFICIO INTELIGENTE?

Aunado a los términos de domótica e inmótica, en la literatura se encuentran también conceptos como Edificio Digital⁷, Edificio Ecológico⁸ y Edificio Inteligente. Éste último se ubica en un punto más alto, es decir que la domótica y la inmótica forman parte de lo que se denomina un edificio inteligente, ya que para que éste sea considerado así, se debe tener una construcción en la cual todos los automatismos estén integrados, es decir un edificio domótico o inmótico y al cual se le agregará de inteligencia artificial para la interacción con el usuario.

Entonces un edificio inteligente es un sistema capaz de interactuar con su medio ambiente, haciéndolo un edificio sostenible, simplificando al personal tareas de mantenimiento, y se hace susceptible para predecir fallos en las instalaciones e incluso pudiera predecir las necesidades de sus habitantes con un manejo adecuado de la información.

⁷ **Edificio digital:** Su objetivo es la materialización de la convergencia de los servicios de entretenimiento, comunicaciones y gestión digital de hogar.

⁸ **Edificio ecológico:** Optimizan el uso de los recursos energéticos y de los materiales en la construcción, conservación, mantenimiento y reciclaje de los mismos.

Sabemos que actualmente se han ido integrando a la vivienda, diferentes tipos de sistemas que permiten la automatización del hogar. Estos tipos de sistemas aportan servicios de ahorro energético, de seguridad y confort, y dentro de los cuales se pueden ejemplificar los siguientes:

- ✓ Alarmas
- ✓ Control de iluminación
- ✓ Control de persianas y toldos
- ✓ Riego automatizado
- ✓ Tele-seguridad
- ✓ Entretenimiento
- ✓ Acceso a internet (video conferencias, video teléfono)
- ✓ Juegos en red
- ✓ Tele-educación
- ✓ Tienda en casa
- ✓ Compra automatizada

Los ejemplos antes mencionados se han ido desarrollando con el paso del tiempo en el mercado internacional. Actualmente Estados Unidos y Japón son líderes en el desarrollo de la tecnología domótica⁹, sin dejar de tomar en cuenta que es en Alemania en donde se ha diseñado y desarrollado fuertemente la tecnología domótica.

Pero, ¿con qué se van a controlar todos estos dispositivos?

Para ello es indispensable el conocimiento sobre temas de electrónica digital, ya que uno de los dispositivos que se encarga del control para que las instrucciones dadas por el usuario sean traducidas en operaciones binarias son los microcontroladores. Dicha señal es la que el microcontrolador mande a los sensores y actuadores del sistema domótico.

Otro de los aspectos importantes de la domótica son los protocolos de comunicación. Dicho protocolo será el medio por el cual todos los elementos del sistema deben comunicarse. Dentro de los protocolos de comunicación se tiene la siguiente división:

- Protocolos estándar: Abiertos a terceras personas y respaldados por alguna organización. Utilizados ampliamente por diferentes empresas que fabrican productos que son compatibles entre sí.
- Protocolos propietarios: Desarrollados por una empresa, y los cuáles sólo pueden comunicarse con productos fabricados por la misma empresa.

Actualmente el protocolo más desarrollado desde hace ya varios años, aproximadamente 30¹⁰, es el lenguaje de programación *X-10*. Los distintos tipos de comunicación se han ido desarrollando con el paso del tiempo de tal manera que cada vez cueste menos al programador realizar estas tareas, además de hacerlo de una forma más eficiente, rápida y fácil.

Uno de los problemas de la domótica es que no existe un consenso para su estandarización, sin embargo poco a poco se han ido desarrollando normas internacionales con el objetivo de estandarizar

⁹ BOSCÁN R., N.C., 2010. Tecnología Domótica: Análisis de Patentes. [En línea]

<<http://www.revistaespacios.com/a10v31n01/10310132.html>> Consulta en Mayo 2014.

¹⁰ ROMERO M., C., VÁZQUEZ S., F., CASTRO L., C., *Domótica e Inmótica Viviendas y Edificios Inteligentes*, pág. 115

dicha área, siendo *KNX* es el único estándar internacional aprobado para el control de viviendas y edificios¹¹.

Las especificaciones anteriores a *KNX* surgen en los años 90's encargadas por *Batibus*, *EIB* y *EHS*. Cada una de estas soluciones para el control de viviendas y edificios en Europa, intentaron desarrollar sus mercados independientemente. *Batibus* lo logró en Francia, Italia y España, mientras que *EIB* lo hizo en los países de lengua germana y norte de Europa. Por su parte *EHS* fue la solución preferida para fabricantes de productos de gama blanca y marrón¹². Fue hasta 1997 cuando los tres consorcios se unieron con el fin de desarrollar conjuntamente el mercado del hogar inteligente. La especificación *KNX* fue publicada en primavera de 2002 por la recién establecida *KNX Association*.

1.4 SERVICIOS A GESTIONAR

Existen múltiples servicios que la domótica ofrece como se muestra en la Figura 1.2., y entre los principales se pueden mencionar los siguientes:

Gestión Energética, este sistema se encarga de la racionalización del consumo de energía mediante temporizadores y programadores.

Gestión del Confort, es un sistema que tiene relación con la calidad de vida que se ofrece a las personas que habitan una vivienda automatizada, y los servicios que brinda dependerán en gran medida de las necesidades del cliente, entre los cuales proporciona comúnmente control automático de servicios de calefacción, agua caliente, refrigeración, iluminación, así como control de accesos, apertura y cierre de persianas, ventanas, toldos y riego automático.

Gestión de la Seguridad, un sistema de seguridad domótico está integrado por tres grandes campos que son controlados por distintos sistemas, tal es el caso de la seguridad de bienes, la seguridad de personas y seguridad ante incidentes y averías.

Gestión de las Comunicaciones, es uno de los sistemas con mayor importancia dentro de los servicios a gestionar ya que es el encargado de captar, almacenar y procesar la información, para así distribuirla en todo el complejo y se lleve a cabo una monitorización remota adecuada de dicha instalación domótica.

Gestión del Entretenimiento, este es un nuevo servicio y se presenta con mayor frecuencia en viviendas que en edificios dentro del cual se pueden mencionar las videoconferencias, TV interactiva, juegos de consola y diferentes tipos de descargas. El sistema de entretenimiento se encuentra estrechamente ligado con la gestión de las comunicaciones.

Gestión de Servicios para discapacitados, para personas mayores y/o con problemas de movilidad, ofreciendo servicios de automatización de todos los elementos de la vivienda y control por medio de pulsadores o mediante la voz.

¹¹ ¿Qué es KNX? [En línea] <<http://www.knx.org/es/knx/que-es-knx/>> Consulta en Mayo 2014

¹² **Gama marrón**: Conjunto de electrodomésticos, audio y video. ROMERO M., C., VÁZQUEZ S., F., CASTRO L., C., *Domótica e Inmótica Viviendas y Edificios Inteligentes*.



Figura 1.2. Servicios que gestiona la domótica.

1.5 BENEFICIOS

Como todo campo laboral la domótica ofrece servicios no sólo a los habitantes de la vivienda sino a todo el equipo de trabajo que hacen posible estos tipos de proyectos. Los principales beneficios que proporciona la domótica según Santiago Lorente¹³, es a los promotores constructores ya que existen nuevas prestaciones para la vivienda y hay un incremento en las ventas, se incrementa la relación calidad precio porque se venderán más casas en cuanto más domótica ofrezcan. De igual forma ofrece beneficios a los instaladores eléctricos que serán quienes hagan la instalación domótica, además que ofrecerán sus servicios para mantenimiento de las mismas incrementando el volumen de negocio. También a fabricantes porque ofrecerán más ventas y se demandarán más aquellos que sean ergonómicos, interactivos, útiles y prestigiosos¹⁴.

1.6 CARACTERÍSTICAS

Dentro de las principales características que debe tener una instalación domótica se encuentran las siguientes:

- Simple y fácil de utilizar. Referente al sistema de control ya que debe ser fácil de usar para que sea aceptado por los usuarios finales, utilizando interfaces de usuario sencillas, intuitivas e interactivas.
- Flexible. Es una de las principales características ya que debe permitir modificaciones futuras, adquisición de módulos para hacer más robusta una instalación sin que se presente un costo elevado.
- Modular. Deberá ser modular para evitar fallos por el uso de sistemas centralizados, que pudieran afectar toda la instalación.
- Integral. Como ya se ha mencionado anteriormente el sistema debe permitir el intercambio de información y la comunicación entre todos los equipos.

¹³ **Santiago Lorente:** Miembro del Comité Español de Domótica (CEDOM)

¹⁴ HUIDORO, J., M., *Domótica: edificios inteligentes*, pág. 179

1.6.1 Topologías de Red

La topología de red define la ubicación física de los elementos del sistema con respecto al cableado o medio de comunicación. Para instalaciones domóticas e inmóticas se utilizan frecuentemente las siguientes topologías:

- Topología en estrella: Todos los elementos están unidos entre sí a través de un controlador principal
- Topología en bus: Los elementos comparten la misma línea de comunicación y cada elemento se identifica con una dirección única permitiendo la comunicación.
- Topología en anillo: Es una estructura cerrada, en donde los elementos se conectan formando un anillo cerrado.
- Topología en árbol: Es una topología mixta, mezclando características de una en estrella y una en bus, estableciendo una jerarquía en los elementos de red.

1.6.2 Tipos de Arquitecturas

La forma en la que los dispositivos se deben ubicar está definida por el tipo de arquitectura del sistema de control. A continuación se mencionan tres tipos:

- Arquitectura centralizada: Donde todos los elementos (sensores) reúnen la información del sistema y la envían a un controlador para que se las comunique a los elementos actuadores.
- Arquitectura descentralizada: Donde todos los elementos del sistema son independientes, y se permite la comunicación entre todos los componentes. Se muestra un esquema en la Figura 1.3.

Se tiene una arquitectura más llamada distribuida y su objetivo es mejorar las dos arquitecturas anteriores en donde existe no uno, si no muchos elementos de control y cada uno de éstos, se sitúa cerca del elemento a controlar.

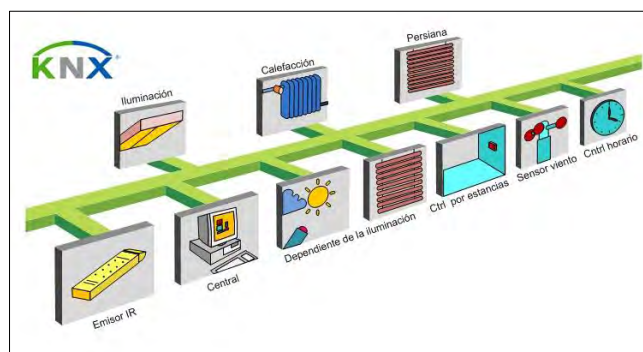


Figura 1.3. Arquitectura descentralizada. [26]

1.7 DOMÓTICA EN EL MUNDO

La domótica ha tenido un desarrollo muy importante durante las últimas décadas, reuniendo tres áreas de aplicación tecnológica, es decir la convergencia de la electrónica, informática y telecomunicaciones. Las viviendas han ido evolucionando con el paso del tiempo, desde la aparición de la electricidad en

las mismas, hasta la creación de diferentes electrodomésticos que hasta cierto punto eran inaccesibles para la mayoría de las personas, como se cree que lo es hoy en día la domótica. Llega un punto en el que la tecnología avanza considerablemente que es posible para la mayoría de la población contar con estos tipos de elementos. Lo mismo busca la domótica en sus diferentes mercados. Se tiene una idea errónea de que la domótica es muy costosa y por lo tanto sólo pueden acceder a ella ciertos grupos sociales, lo cual es completamente falso ya que en la actualidad existen diversos tipos de automatismos que las personas pueden integrar a sus viviendas dependiendo de sus necesidades y capacidad económica. Es así como el costo de una instalación domótica va en aumento conforme a lo que se desee implementar.

En EUA la aplicación de la domótica está encaminada para tener consecuencias únicamente económicas. Su orientación se dirige hacia el hogar interactivo y ha sido el primer país en promover y realizar un estándar para la gestión técnica de los edificios: el CEBus (Consumer Electronic Bus).

La visión japonesa pretende utilizar los sistemas informáticos y orientarlos no hacia el hogar interactivo, sino hacia el hogar automatizado. La asociación más activa de éste país es la EIAJ (Electronic Industries Association of Japan) con su proyecto de bus HBS (Home Bus System).

En Europa el objetivo es técnico-económico y se le da más importancia a la ecología, la salud y el bienestar de los habitantes. Se orienta hacia la idea completa de un edificio inteligente y a la creación de un estándar único.

Todo lo anterior se resume a conocer sobre los conceptos de domótica e inmótica, sabiendo diferenciar entre las particularidades que estas instalaciones requieren, conociendo a su vez los diferentes tipos de sensores y actuadores que se pueden incorporar a los automatismos de un sistema domótico, analizando las posibles tecnologías alternativas o complementarias a la hora de diseñar un automatismo de aplicación domótica y para ello se debe conocer sobre los diferentes sistemas domóticos existentes en el mercado, haciendo comparaciones con el sistema propio a adoptar, y por otra parte se debe conocer a detalle el sistema de instalación en bus, ya sean medios, topologías, transmisiones, y componentes, para poder aplicarlo con ayuda del software de programación, incorporando las bases de datos de los diferentes fabricantes de programación.

1.8 ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAR UNA INSTALACIÓN DOMÓTICA

Existen dos caminos para comenzar a implementar automatismos en las viviendas, y para ello debemos identificar dos grupos:

- a) Vivienda construida
- b) Proyecto de vivienda

Cuando se tiene una construcción que está completamente terminada, se debe recopilar la información del proyecto, así como plano arquitectónico, planos de instalaciones sanitarias, eléctricas e hidráulicas y posteriormente se comienza con el diseño del proyecto de automatización, el cual brindará la información necesaria para saber cómo y en dónde se deben colocar estos dispositivos y con ello obtener el ahorro energético, confort y seguridad buscados en la implementación de los mismos.

El segundo camino, es mucho más libre, desde el punto de vista en qué no se tiene nada construido, y diseñadores, arquitectos e ingenieros están inmersos desde un principio en el proceso de diseño.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO – ILUMINACIÓN

2.1 NIVELES DE ILUMINACIÓN

El nivel de iluminación es la intensidad de iluminación medida en un plano de trabajo. Es la medición del flujo luminoso emitido por una fuente de luz incidente en una superficie. Dicha relación se simboliza con la letra E y su unidad es el lux.

$$E = \frac{\phi_L}{S} [lux] \quad (2.1)$$

dónde:

E = Iluminancia [lux]

ϕ_L = Flujo luminoso [lm]

S = Área de la superficie de coincidencia [m²]

Existen tablas con niveles de iluminación recomendables elaboradas por diversos organismos y profesionales del área. Al ser recopilados por diferentes expertos, suelen tener ligeras variaciones, es por ello que determinar un nivel adecuado de iluminación para cada tipo de instancia, resulta un tarea difícil, sin embargo dicho datos sirven para dar una aproximación adecuada y orientar en el diseño de sistemas de iluminación.

Para un recinto, en el cual se desea tener un nivel de iluminación adecuado, se deben tomar en cuenta diferentes características, así como la tarea o actividad que se va a desempeñar en el mismo, horarios en los que se utilizará el espacio, así como sus características arquitectónicas. Otros puntos importantes que se deben tomar en cuenta son los siguientes:

- a) Detalles de la tarea que se realiza.
- b) Distancia entre objetos y los ojos del observador.
- c) Grado de reflexión de los objetos observados.
- d) Edad y diferencias individuales.

El punto d) hace referencia a la degeneración que sufre el sistema visual de una persona con el aumento de la edad, es por ello que se requerirá un mayor nivel de iluminación, para conservar el rendimiento visual.

El confort visual va ligado con la iluminación requerida, y dependerá de la tarea a realizar como de la persona que lo desempeña. Un 80% de la información que recibe el ser humano proviene del sentido de la vista, es por ello que la luz es necesaria para crear condiciones visuales óptimas. Es por ello que cuando se tiene un nivel adecuado de iluminación, uno de los factores que se ve directamente afectado por este hecho, es el comportamiento humano, es decir, su motivación y rendimiento aumentan, mientras que la tendencia a cometer errores disminuye.

2.2 LEY FUNDAMENTAL DE LA ILUMINACIÓN

La iluminación de una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación luminosa, es directamente proporcional a la intensidad luminosa en dicha dirección, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa la fuente de dicha superficie.

$$E = \frac{I}{a^2} [lux] \quad (2.2)$$

dónde:

E = Iluminancia [lux]

I = Intensidad luminosa [cd]

d = Distancia de la fuente a la superficie [m]

Cuando la dirección de la luz forma un determinado ángulo con la superficie sobre la que incide, la iluminancia se calcula, aplicando la ley fundamental de la iluminación, pero multiplicando por el coseno del ángulo correspondiente

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \alpha \quad (2.3)$$

dónde:

α = Ángulo de incidencia.

de esta ecuación surgen los conceptos de iluminancia horizontal, iluminancia vertical refiriéndose a la iluminación en un punto que está situado en el plano horizontal o bien vertical, respectivamente.

Recurrir al anexo 1, en dónde se describe la terminología y unidades.

2.3 FUENTES DE LUZ

2.3.1 Características de las fuentes

2.3.1.1 Duración o vida

Es imposible predecir la duración de una lámpara individual, este tiempo debe calcularse considerando una muestra significativa de lámparas. Se define como vida promedio de una lámpara, a la cantidad de horas a las que deja de funcionar un 50% de las lámparas de un grupo suficientemente grande en condiciones normales de trabajo.

El tiempo de vida de una lámpara depende de un sinnúmero de factores, por lo que sólo es posible estimar un valor medio de vida sobre la base de una muestra representativa.

Su valor depende de la cantidad de encendidos, de la posición de funcionamiento, de la tensión de alimentación y de factores ambientales tales como temperatura y vibraciones

2.3.1.2 Depreciación del flujo luminoso

Según el número de horas de funcionamiento que lleva una lámpara, ésta va sufriendo una reducción en su emisión luminosa. Esta reducción se llama depreciación del flujo luminoso de una fuente o lámpara. Esta depreciación debe ser tomada en cuenta al calcular el valor de iluminancia de una instalación “en servicio”.

Fuente de luz	Vida nominal	% depreciación luminosa al 50 % de la vida nominal	% depreciación luminosa al 100% de la vida nominal
Incandescente	1000	88	83
Incandescente Halogenada	2000	98	97
Fluorescente T8	20000	85	75
Mercurio	24000	75	65
Mercurio halogenado	15000	74	68
Sodio de alta presión	24000	90	72

2.3.1.3 Vida económica

Resulta de vincular los conceptos de vida promedio y de depreciación del flujo luminoso.

Las fuentes de luz pueden continuar funcionando con una reducción importante en el flujo luminoso pero manteniendo constante su consumo. El concepto de vida económica intenta definir cuál es el porcentaje tolerable de disminución de flujo. Dado que incluye factores económicos, este concepto puede incluir también el costo de los trabajos de mantenimiento asociados al remplazo de las lámparas.

2.3.2 Tipos de fuentes luminosas

Lámparas Incandescentes

Una de las formas más antiguas para generar luz artificial por medio de una lámpara, es la incandescencia. La incandescencia se logra por la combustión de un material. Las lámparas incandescentes tienen aplicación sobre todo para espacios residenciales e iluminación decorativa, a pesar de que hoy en día existen lámparas más eficientes, siendo la fuente de luz artificial más próxima a la luz del día.

Las lámparas incandescentes se les puede hallar para funcionamiento en baja tensión (6, 12, 24, 48, 110 volts) y para 220 volts.

Las ventajas que presentan las lámparas incandescentes son su bajo costo inicial, sus dimensiones, disponibilidad en un gran rango de formas decorativas, y buena reproducción de color. Por otro lado, este tipo de lámparas no utilizan equipos auxiliares para su funcionamiento. Este tipo de lámparas tiene una vida útil del orden de las 1000 horas.

Las lámparas incandescentes son sumamente sensibles a la tensión de aplicación. Una práctica habitual, es la de “dimerizar” (disminuir la tensión por medio de atenuadores o Dimmers) para fines decorativos y creación de ambientes, sin embargo cumple con la función de prolongar la vida de la lámpara.

Lámparas incandescentes halogenadas

Las lámparas incandescentes halogenadas son un perfeccionamiento de las lámparas incandescentes, mejorando aspectos de dimensión, tiempo de vida y eficiencia. Su principio se basa en agregar halógenos en el gas de llenado, lo cual permite la combinación de los electrones del tungsteno con los halógenos, formando un vapor de halogenuros de tungsteno que permanecen en torno del filamento sin pegarse a la ampolla. Cuando se acercan a las elevadas temperaturas del filamento se produce una nueva disociación adhiriéndose el tungsteno nuevamente al filamento y liberándose el halógeno.

Sus aplicaciones residen directamente en aquellos lugares en donde se necesitan luminarias de pequeñas dimensiones, o cuando es necesario un encendido rápido, como es el caso de las luminarias de seguridad, también son utilizadas para iluminación en vehículos y sistemas de proyección. La vida útil de este grupo oscila entre las 2000 y 4000 horas según el tipo.

Lámparas reflectoras dicróicas

Estas lámparas tienen una capa reflectora formada por una superposición de delgadas capas de materiales con distinto índice de refracción. En este tipo de lámparas la luz es reflejada y amplificada

mientras que el calor es transferido hacia la parte posterior del reflector. Dicho principio permite eliminar gran parte de la radiación térmica y se logra tener un haz frío.

Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes también son llamadas lámparas de descarga. Su principio de funcionamiento se basa en la corriente que se hace pasar a través de un vapor de mercurio a baja presión. Es por ello que también suelen ser denominadas como lámparas de descarga de mercurio a baja presión. La pared interior del tubo de descarga está cubierta de polvos fluorescentes, lo que permite la conversión de radiación UV en visible.

Las ventajas que presenta este tipo de lámpara está la gran variedad de formas y tamaños disponibles, la flexibilidad en sus propiedades de reproducción de color, el buen desempeño en términos de conversión de potencia eléctrica en luz y la emisión difusa.

Se puede considerar como desventaja la utilización de equipos auxiliares para su funcionamiento, sin embargo con balastos electromagnéticos, la vida promedio de la lámpara es de aproximadamente 7000 horas, y con balastos electrónicos de alta frecuencia, se puede prolongar hasta las 11000 horas. Otra desventaja es que se trata de una fuente de luz diseñada para trabajar a una temperatura de 25°C, siendo que temperaturas superiores o inferiores, afectan directamente el flujo luminoso.

Por sus características, el tubo fluorescente es una lámpara versátil, que hoy en día permite iluminar objetos que antes no se concebían iluminados más que por incandescentes.

Tiene una amplia aplicación en oficinas, industrias y supermercados.

Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas reúnen las características de los tubos fluorescentes pero en las dimensiones de una lámpara incandescente.

Entre sus ventajas se pueden mencionar las buenas características de reproducción de color, y la vida útil que puede ser media o alta (8000 horas). Puede venir con el balastro incorporado o no, según el tipo de rosca.

A este tipo de lámparas se les conoce como lámparas de bajo consumo, y se debe principalmente a su baja potencia que tiene que ver con el tamaño del tubo, a menor tamaño, menor potencia. Sin embargo dichas lámparas pueden adaptarse a una instalación diseñada para lámparas incandescentes, consumiendo un 80 % menos de energía que una lámpara incandescente, alcanzando el mismo nivel de iluminación.

Son utilizadas para aplicaciones comerciales, residenciales e industriales, pero tienen mayor aplicación en edificios de oficinas y escuelas.

Lámparas de inducción

Estas lámparas son asociadas con lámparas fluorescentes, sin embargo usan un campo electromagnético, en lugar de la aplicación de una tensión para iniciar la descarga.

Una de sus desventajas pudiera ser el costo, ya que es relativamente alto con respecto a cualquiera de las lámparas antes mencionadas. Se instalan principalmente en lugares de difícil acceso, o bien acceso controlado.

Lámparas de mercurio de alta presión

Son lámparas de descarga de alta intensidad. Su principio de funcionamiento se basa en una descarga que se lleva a cabo en un tubo que contiene mercurio y argón. Están construidas con una doble envoltura, el tubo de descarga y la ampolla exterior. Del mismo modo que las lámparas fluorescentes, la capa interior de la ampolla exterior se recubre con un polvo fluorescente, el cual permite la conversión de radiación ultravioleta a radiación visible.

Su vida útil alcanza las 24,000 horas y tienen aplicación principalmente en alumbrado público y espacios exteriores privados.

Lámparas de sodio de baja presión

Las lámparas de sodio a baja presión, son similares a las lámparas de mercurio a baja presión, mejor conocidas como lámparas fluorescentes. Su principal diferencia radica en el vapor de sodio a baja presión donde ocurre el proceso. Posee una mala reproducción del color, ya que es monocromática, y es de color amarillo, sin embargo es la lámpara con mayor eficiencia luminosa y tiempo de vida prolongado comprendiendo un rango entre 14,000 – 18,000 horas.

Entre sus aplicaciones están los túneles, calles, carreteras, en donde la apreciación del color es menos significativa.

Lámparas de sodio de alta presión

Debido a la diferencia de presiones que existe entre las lámparas de sodio a baja presión y las lámparas de sodio a alta presión, permite que éstas últimas radien en todo el espectro visible, mejorando notablemente la reproducción del color, sin embargo su vida útil y eficacia se ven reducidas.

Son utilizadas en espacios exteriores, iluminación, parques y lugares en donde sea prioridad el ahorro energético.

Lámparas de haluros metálicos

De igual forma, son consideradas lámparas de descarga de alta intensidad y tienen un relleno de mercurio a alta presión con una mezcla de haluros metálicos¹⁵. Dichas lámparas tienen mejores propiedades de reproducción cromática y es por ello que suelen reemplazar a las lámparas de mercurio, sin embargo tienen un tiempo de vida más corto, aproximadamente 10,000 horas.

Debido a su alto flujo luminoso a partir de una lámpara pequeña, se utiliza frecuentemente como reflector en el exterior de los edificios, estadios en donde se requiere un alto nivel de iluminación.

Lámparas de luz mixta

La lámpara de luz mixta no requiere de un balastro para su funcionamiento, porque es una combinación entre una lámpara de mercurio y una incandescente, es decir, posee un filamento para estabilizar la corriente.

Este tipo de lámparas poseen una buena reproducción cromática.

¹⁵ **Haluros metálicos:** Ioduro de escandio, ioduro de sodio.

LED

Los LED's son componentes electrónicos de estado sólido¹⁶ que comenzó a ser producido en el año de 1960. La sigla LED significa "light emitting diode". Es un tipo de semiconductor perteneciente a la familia de los diodos.

En la Figura 2.1. se muestran ejemplos de las lámparas mencionadas anteriormente.



Figura 2.1. Tipos de fuentes luminosas.

¹⁶ **Estado sólido:** Se ocupa de aquellos circuitos o dispositivos construidos totalmente de materiales sólidos y en los que los electrones, u otros portadores de carga, están confinados enteramente dentro del material sólido.

CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 NECESIDAD BÁSICA

Se requiere un sistema de control de iluminación que utilice un protocolo de comunicación para instalaciones inmóticas estandarizado y que cuente con los niveles adecuados de iluminación establecidos por la normatividad correspondiente para cada oficina

3.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Existen sistemas dentro de una instalación inmótica que garantizan el confort al usuario y gestionan el ahorro energético. Dentro de los sistemas que pueden integrarse en una red inmótica, se encuentran los sistemas de iluminación. El diseño de un sistema de control de iluminación permite gestionar eficientemente la energía consumida por las luminarias en el transcurso del día, al proporcionar al usuario la posibilidad de establecer horarios para el encendido y apagado de las mismas, evitando que el usuario deje encendidas las luminarias cuando no las requiere. Por otra parte, el uso de detectores de presencia en los sistemas de iluminación, permite que las luminarias no estén encendidas todo el tiempo y de ésta forma, se utilizan únicamente cuando se necesitan. De igual forma ofrece al usuario la posible regulación de intensidad luminosa, adecuando el nivel como más le convenga.

3.3 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

Los principales requerimientos que debe cumplir el sistema se enuncias a continuación:

- Fácil de usar: menor cantidad de botones posibles para el control de luminarias.
- Nivel de iluminación: que permita el desarrollo adecuado de las actividades en oficinas.
- Uniformidad: que el nivel de iluminación sea igual en todos los puntos del cubículo.
- Deslumbramiento: que las lámparas no causen ceguera al usuario.
- Visibilidad: que la iluminación permita una visión adecuada.
- Ahorro energético: que el sistema contribuya con el ahorro energético
- Seguridad: que las instalaciones del sistema sean seguras.
- Adaptabilidad al usuario: que el usuario pueda controlar las luminarias vía remota

3.4 ANÁLISIS DE LAS ESPECIFICACIONES

Tabla 3.1 Análisis de especificaciones		
Requerimiento	Especificación	Intervalo
Fácil de usar	Control mediante sensores pulsadores de 1 tecla.	1 a 2 piezas
Nivel de Iluminación	El correspondiente con las tablas de niveles de iluminación de acuerdo con el tipo de aplicación de cada oficina.	600 a 1100 luxes
Uniformidad	Alumbrado general y por	100 a 150 luminarias

	secciones	
Deslumbramiento	Cálculo de la altura de montaje	0.5 a 0.7 [m]
Visibilidad	Alumbrado general y por secciones	1 a 2 luminarias en oficinas 3 a 6 luminarias en salas 15 a 20 luminarias en zona de becarios
Ahorro Energético	Posibilidad de regulación de iluminación y uso de lámparas adecuadas para la aplicación requerida.	0 a 100 % porcentaje de iluminación
Adaptabilidad	Uso de protocolo estándar	1 control remoto

CAPÍTULO 4. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS DE CONTROL

Los protocolos de control se pueden clasificar en dos grandes grupos, aquellos que son propietarios y están diseñados para cubrir necesidades específicas del usuario final y únicamente se pueden comunicar con otros dispositivos del mismo fabricante; y los protocolos abiertos, con los cuales es posible la integración de diferentes dispositivos existentes en el mercado creados por fabricantes diversos. El gran problema de la domótica se centra en que no existe un estándar que permita a los distintos fabricantes, diseñar y producir bajo ciertos criterios y unificar esta rama de la ingeniería. Los protocolos abiertos buscan la estandarización, pues se ha dificultado la labor de integración y la mezcla de diferentes marcas en una misma instalación. Este problema también complica a los instaladores, ingenieros y usuarios la adquisición de experiencia. La tendencia nos indica que tiene mayor probabilidad de sobrevivir en el mercado aquél protocolo que sea abierto y flexible.

Sin embargo, en el mercado de la domótica, como en cualquier otro mercado, existen infinidad de clientes, cuyas necesidades son cada vez más concretas y como consecuencia de ello, surgen los protocolos propietarios, enfocados en dar solución y soporte a las necesidades específicas del cliente.

Cuando un protocolo es cerrado o propietario, aquél que decida implementarlo en sus sistemas se verá restringido por el fabricante a las actualizaciones que el mismo pueda proporcionar, así como a las distintas versiones del software y la compatibilidad entre ellas. Un protocolo propietario no acepta integración de dispositivos que ofrecen distintos fabricantes, lo cual limita la expansión y crecimiento de la red domótica. La mayoría de las veces, los fabricantes centran sus productos para cubrir cierto mercado, así bien, pueden ofrecer sistemas de control de iluminación, de temperatura, de riego, etc. Aunando a la idea de que las necesidades de los clientes son muy específicas, se genera el problema de que un solo fabricante, no pueda cubrir todas las ramas que gestiona la domótica.

Un protocolo de control estandarizado debe permitir la compatibilidad entre versiones antiguas y versiones más recientes del sistema, garantizando que con el paso de los años, dicho sistema no se vuelva obsoleto. También debe tener la flexibilidad para comunicarse con otros dispositivos controlados con diferentes protocolos. De igual forma, los dispositivos podrán ser reemplazados por el usuario en caso de que su dispositivo actual tenga alguna falla, dejando a un lado la preocupación de que el modelo haya sido discontinuado. Siempre debe existir un dispositivo que sea compatible con el sistema que el usuario tiene en su instalación.

Los protocolos de control toman como referencia el modelo OSI¹⁷, y cuentan por lo menos con los niveles: físico, de enlace, de red y de aplicación. En este último nivel se crearán los comandos y sus posibles respuestas, y serán quienes permitan las tareas de control y supervisión. Lo ideal es que los protocolos de control cuenten con todos los niveles y quede a consideración del fabricante su uso o no. De esto dependerá en gran medida la interoperabilidad de dispositivos de diferentes marcas.

Al tomar como referencia el protocolo de red TCP/IP el cual se ha convertido en la herramienta ideal para asegurar la interconectividad entre dispositivos en cualquier parte del mundo, se puede proyectar la convergencia de diferentes protocolos de control actuales tales como: *X-10*, *LonWorks*, *EIB*, *EHS*, *CEBus*, etc. Por otra parte también se impondrán técnicas para que los dispositivos se configuren de forma automática tal y como lo presentan protocolos como *BACnet* y *KNX*.

¹⁷ **OSI**: Modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), **OSI** (en inglés, **Open System Interconnection**).

A continuación se hace una descripción de los protocolos de control más importantes en el mercado internacional.

4.1 X-10

Uno de los protocolos de control más antiguos utilizados para instalaciones domóticas es el *X-10* que fue diseñado por la empresa escocesa *Pico Electronics* para transmitir datos por la red eléctrica de baja tensión, a baja velocidad y un costo muy bajo. Esto se debe a que se emplea la instalación eléctrica de la vivienda para la conexión de los dispositivos. Cabe mencionar que actualmente el protocolo *X-10* soporta como medio físico la red de datos.

Dentro de los protocolos abiertos se encuentra *X-10*, es decir que cualquier fabricante puede producir dispositivos cuyo protocolo de control sea *X-10*, con la única condición de usar los circuitos de quien diseñó esta tecnología.

La gran ventaja de los dispositivos *X-10* es su bajo costo y debido a que utilizan la red eléctrica de baja tensión preinstalada en los edificios, se ha colocado en la punta del mercado norteamericano y europeo en los últimos años.

Existen tres grandes grupos que comprende el protocolo *X-10*: *Home Systems*, *Netzbus* y *Timac*.

Cabe mencionar que estos productos son teóricamente compatibles entre sí, sin embargo son incompatibles en el uso práctico con productos europeos y norteamericanos, debido a que las características de la red eléctrica, son totalmente diferentes.

Es un estándar que transmite la información por medio de corrientes portadoras. Utiliza una onda modulada que actúa como generadora de código digital. La transmisión de información requiere de once ciclos de corriente, los primeros dos representan el código de inicio, los siguientes cuatro representan el código de la casa y los últimos cinco son el código de la función: accionar, regular, etc.

4.2 KNX

El sistema *KNX*¹⁸ surge como la necesidad de crear un único estándar de los sistemas domóticos del mercado europeo. Es así como tres asociaciones europeas: *EIBA*, *BCI* y *EHSA*, proponen la iniciativa *KNX*, cuyo objetivo principal es la creación de un estándar para la automatización de viviendas y oficinas.

El estándar *KNX* trata de unir toda la experiencia y conocimiento de los principales estándares europeos en un estándar común, que además de ser abierto y contar con dispositivos cuyos costos sean lo suficientemente competitivos en el mercado, crean en usuarios finales el cuestionamiento sobre una instalación con *KNX*.

KNX parte de sistemas como *EIB*, *EHS* y *BatiBUS*, y compite con sistemas norteamericanos como *LonWorks* y *CEBus*. La versión 1.0 aparece en mayo de 2002, mostrando lo mejor de los sistemas antes mencionados, expandiendo su funcionalidad añadiendo tres medios físicos distintos: par trenzado, ondas portadoras y Ethernet. Ello proporciona una ventaja, ya que permite a los instaladores adaptar la

¹⁸ En junio de 2003, el estándar *KNX* se convirtió en un estándar europeo con la aprobación de CENELEC (*Comité Europeo de Normalización Electrotécnica*), estando recogido en la norma EN-50090.

red a las condiciones del edificio y a las peticiones del usuario final, cumpliendo con las expectativas financieras de cada uno de ellos. En la Figura 3.1. se muestra la topología de red utilizada en este protocolo.

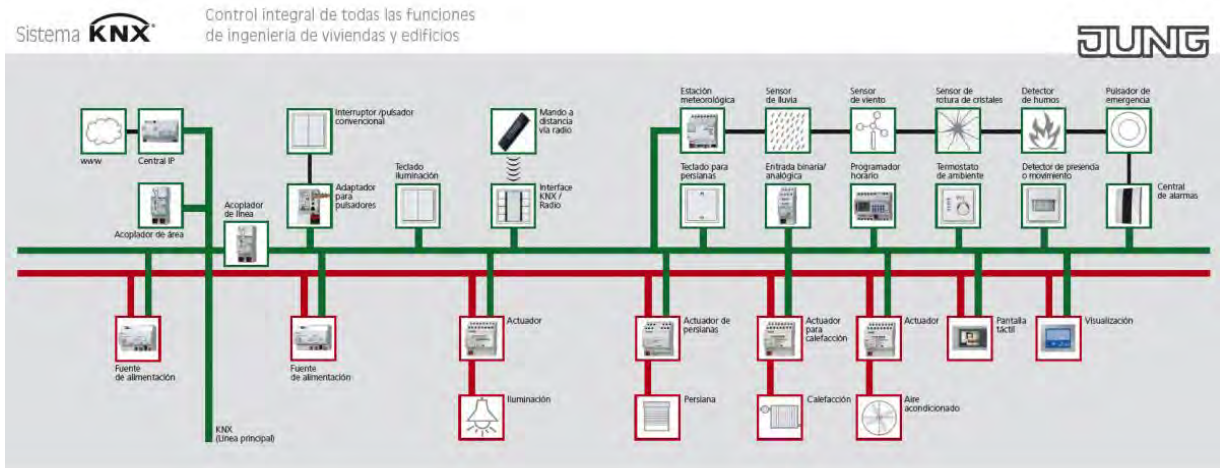


Figura 3.1. Protocolo de control KNX. [25]

4.3 EIB

Las tecnologías norteamericanas y japonesas inician su desarrollo antes que en Europa, y las importaciones que se hacían a Europa fueron determinantes para la creación de un sistema nacional que pudiera contrarrestar estas otras tecnologías, uno de los predecesores de *KNX*, *EIB* (European Installation Bus) un sistema de control domótico, fue creado con ese fin. De igual forma, este protocolo toma como referencia el modelo OSI.

Cuenta con la ventaja de que además de poder controlar sensores y actuadores, dispositivos electrodomésticos como refrigeradores, hornos, calentadores, lavadoras, lavavajillas, pueden ser controlados y conectados vía *EIB*. Por lo tanto pueden ser programados desde cualquier parte de la casa utilizando la pasarela residencial, además ofrece monitorización por medio de una PC o cualquier otro dispositivo de monitorización en cualquier momento.

EIBA fue el impulsor de *EIB* con la finalidad de crear un estándar europeo para el control domótico, con el suficiente número de fabricantes, instaladores y usuarios, y que permitiera la comunicación de todos los dispositivos de una instalación de este tipo.

EIB es un protocolo abierto y se fortalece con la aportación de la gran cantidad de empresas que lo suscriben. La *EIBA* lidera el proceso de convergencia de los tres buses europeos de más amplia difusión como son el propio *EIB*, *BatiBUS* y *EHS*, y la idea primordial es que estos tres protocolos converjan en una sola iniciativa llamada *KNX*, protocolo de control mencionado anteriormente, el cual busca ser el único estándar europeo para la automatización de oficinas y viviendas.

4.4 BatiBUS

BatiBus fue desarrollado por la empresa francesa *Merlin Gerin Schneider Electric*. Esta compañía junto con *Airlec*, *EDF* y *Landis & Gyr* fundaron el *BCI* (*BatiBUS Club International*) con el objetivo de fomentar el desarrollo de productos comunicándose sobre *BatiBUS*, buscando extender sus aplicaciones. Se caracteriza por ser un protocolo sencillo de instalar, por tener un costo bajo y capacidad de evolución, ya que permite su ampliación de acuerdo con las necesidades que se vayan presentando.

También es un protocolo que ha conseguido la certificación como estándar europeo CENELEC y se encuentra recopilado en el estándar francés NFC46620.

Actualmente *BatiBUS* converge junto con *EIB* y *EHS* en el estándar *KNX*.

4.5 EHS

El *EHS* (*European Home System*) es un estándar europeo y de igual forma es un protocolo abierto.

Una de las principales características de *EHS* es que cubre con las necesidades de clientes que no pueden utilizar sistemas más caros como *LonWorks*, *EIB* o *BatiBUS*. Este protocolo tiene como principal competencia el *CEBus*, de origen norteamericano, y además supera completamente las funciones y características del *X-10*, uno de los protocolos que ha tenido éxito en los Estados Unidos. Debido a que es un protocolo abierto, cualquier fabricante miembro de la *EHS*, puede crear productos con dicho protocolo.

La *EHS* (*EHS Association*) es una asociación que se encarga de llevar a cabo iniciativas que aumenten el uso de *EHS* en las viviendas europeas, y además se encarga de asegurar la compatibilidad entre todos los fabricantes.

Actualmente *EHS*, converge junto con *EIB* y *BatiBUS* en el estándar denominado *KNX*.

4.6 CEBus

El *CEBus* es de origen norteamericano y fue desarrollado por el grupo de electrónica de consumo de la *EIA* (*Electronics Industry Association*) diseñado específicamente para proveer el mercado para el hogar. Siendo un protocolo diseñado para este fin, sus características principales son su bajo costo y facilidad de instalación y de uso. Este sistema intenta superar lo que ofrecen sistemas de control como el *X-10*, al proporcionar funciones como encender, apagar, aumentar disminuir, todo encendido, todo apagado. Además pretende acceder a un nivel de aplicación más amplio como: el control remoto, gestión de la energía, sistemas de seguridad, dispositivos de entretenimiento, etc.

Como es un protocolo abierto y por lo tanto cualquier empresa puede consultar los documentos del *EIA* y fabricar productos que lo implementen. Un protocolo de similares características al *CEBus* en Europa es el *EHS*.

Se crea una asociación llamada *CIC* (*CEBus Industry Council*) cuyo objetivo principal es dirigir los desarrollos de *CEBus*.

La información es transmitida a través de comando que son independientes del medio físico que se utilice, así cada comando contiene la dirección de destino del dispositivo. Para facilitar el flujo de mensajes todos los dispositivos tienen una dirección a la que los diferentes elementos responden, llamada dirección de grupo. Es posible enviar un único mensaje a varios dispositivos, y cada uno puede pertenecer a diferentes grupos.

4.7 LonWorks

LonWorks es un protocolo de control domótico propietario, desarrollado por la empresa *Echelon*, que se enfoca en la automatización industrial, que es el ámbito de donde procede y en el que tiene mayor aplicación. *LonWorks* se utiliza con mayor frecuencia en el mercado norteamericano, más que en el europeo.

Debido a que es un protocolo enfocado a la industria, y su costo es más elevado, el uso de este protocolo en viviendas no ha tenido mucho éxito; además que existen soluciones como *X-10* que cubren con las características solicitadas y a menor precio.

Los dispositivos *LonWorks* deben utilizar un microcontrolador especial llamado *Neuron Chip* desarrollado por *Echelon*. El hecho de que *Echelon* controle la producción del *Neuron Chip* ocasiona que los precios sean elevados cuando se utiliza en una instalación residencial.

El protocolo *LonWorks* se basa en el modelo de referencia OSI, sin embargo presenta como ventaja frente a los demás protocolos, que implementa todos los niveles del modelo. Esto significa que diferentes funciones que realiza un sistema *LonWorks*, se pudieran implementar en otros protocolos, como *CEBus*. En la siguiente imagen se muestra el proyecto de una residencia que integra la tecnología *LonWorks*.



Figura 3.2. Proyecto desarrollado con tecnología LonWorks. [39]

La comunicación se realiza mediante el intercambio de paquetes de datos. Cada elemento de la instalación dispone de una dirección o identificador único y analiza todos los paquetes que le van llegando para determinar si corresponde con su dirección. Los telegramas de comunicación contienen

la dirección de destino, información para el routing, datos de control, datos de aplicación del usuario y un código de detección de errores.

4.8 BACnet

BACnet también es un protocolo norteamericano que cumple las especificaciones para la automatización de viviendas, que además tiene integrado el control de sistemas de aire acondicionado y calefacción. Su principal objetivo es crear un protocolo que permita el control de estos sistemas realizando una gestión energética inteligente.

BACnet soporta hasta cinco diferentes opciones en cuanto tecnologías de red como: Ethernet, ARCNET, MS/TP (Master-Slave/Token-Passing), PTP ((Point to Point), LonTalk.

Entre los principales fabricantes de productos basados en *BACnet* están: *Andover Controls*, *Automated Logic*, *Delta Controls*, *Honeywell* y *Siemens*. A continuación se muestra en la Figura 3.3 el entorno de trabajo del protocolo *BACnet*.

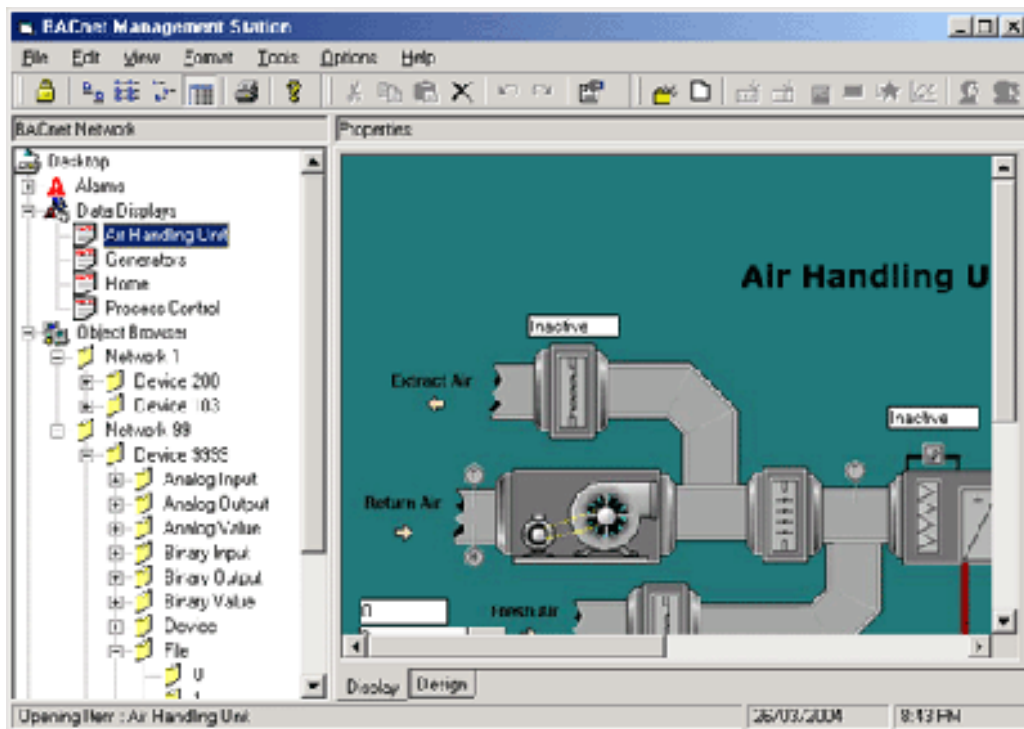


Figura 3.3. Estación de trabajo BACnet, control de aire acondicionado. [40]

4.9 SCP

SCP (Simple Control Protocol) surge de la unión de Microsoft y General Electric, y ha creado un protocolo de control que da solución a la demanda de automatización en viviendas y edificios. Este protocolo busca recopilar la experiencia y variedad de protocolos de control en Estados Unidos así como *X-10*, *CEBus* y *LonWorks*, y ha conformado un protocolo abierto y flexible que cubra los requisitos de la automatización de viviendas.

Su nivel físico se basa en la transmisión de datos por medio de la red eléctrica de baja tensión, sin embargo está previsto el desarrollo de varios medios físicos adicionales como el par trenzado y la radiofrecuencia.

Empresas como *Domosys* y *Mitsubishi Electric* desarrollan productos que implementan este protocolo de control, además sus soluciones alternativas fabrican circuitos integrados basados en *SCP* en poco espacio y a bajo costo.

El *SCP* tiene como sustentantes el *CIC* y *UPnP* (Universal Plug and Play) quienes se han unido para para el desarrollo de este sistema y trabajan juntos desde el principio. Cabe mencionar que el diseño del protocolo *SCP* lo realiza exclusivamente por Microsoft, sin embargo utiliza modelos de dispositivo y de servicio *UPnP*.

4.10 SELECCIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL

4.10.1 Descripción general

Para la selección final del protocolo de control se utilizará como herramienta una matriz de decisión cuya función principal es la elección de una opción de entre varias disponibles. La matriz consta de los siguientes elementos:

- **Peso:** Se asigna un valor a cada criterio de selección y el mismo deberá representar la importancia que tiene para el diseñador cada rubro, es decir qué es lo que cada opción a evaluar debe cumplir prioritariamente. La suma de cada peso deberá ser del 100 %.
- **Calificación:** La calificación la asigna el diseñador y por lo general se presenta como bueno, malo y regular. El encargado del proyecto es quien decide como asignar dichos calificativos.
- **Ponderación:** Viene dada del producto del peso y la calificación.
- **Criterios de selección:** Son las características más importantes para el diseñador y que cada opción deberá cumplir en mayor o menor medida.
- **Opciones a evaluar:** Son las diferentes alternativas de entre las que se quiere elegir.

Los criterios de selección que se toman para evaluar los protocolos de control son los siguientes:

Medio físico:

- **Red eléctrica:** En menor importancia se requiere la red eléctrica para aquellos lugares en donde las funciones a gestionar no impacten directamente con el uso directo del habitante. Es decir este medio puede utilizarse en cuartos de máquinas que requieran ser controladas.
- **Radiofrecuencia:** Se requiere un sistema que soporte éste medio ya que una solución alterna puede ser por medio de controles inalámbricos para cada usuario.
- **Par trenzado:** Se elige un sistema basado en bus, es decir par trenzado, ya que garantiza una gran fiabilidad y seguridad, del mismo modo ofrece la posibilidad de ampliar o extender la instalación ya que todos los componentes se pueden conectar sin problemas al bus de datos disponible.
- **IP->Ethernet:** Pensado para ampliar la red instalada a cada uno de los edificios del Instituto de Ingeniería. Garantizar la conectividad entre edificios.

Sistema abierto

Deberá ser un sistema abierto ya que permite la integración de diferentes dispositivos ofertados por diversos fabricantes, y con ello existe mayor posibilidad de satisfacer las necesidades del cliente.

Sistema estándar

Se elige un sistema estándar ya que será posible combinar las diferentes soluciones que ofrecen los fabricantes de acuerdo con las necesidades específicas del proyecto.

Arquitectura:

Control descentralizado: Esta estructura permite la ampliación de la instalación, sin necesidad de recableado, además asegura que si un dispositivo deja de funcionar, no lo harán los demás dispositivos instalados.

Velocidad de Transmisión

Es la velocidad de intercambio de información entre los diferentes elementos de control y variará con respecto al medio físico utilizado. Se requiere un sistema con la mejor velocidad de transmisión.

Seguridad

La seguridad del sistema es una preocupación recurrente de los clientes, es por ellos que ésta se debe garantizar a usuario en medida de lo posible. Se busca un sistema seguro y confiable.

Dispositivos en el mercado

Este factor es importante ya que permite la selección de dispositivos existentes y la facilidad con la que se pueden adquirir.

Pasarela residencial

Por medio de la cual es posible la transmisión de la información a otros medios, como la fibra óptica.

Conexión con dispositivos móviles

La tendencia marca que el control de viviendas y edificios por medio de dispositivos móviles se incrementa constantemente, es por ello que con este factor se asegura que el sistema puede responder a esta necesidad cuando se requiera.

Mantenimiento

Es importante éste término, se requiere un sistema cuyo mantenimiento se reduzca, esto puede lograrse cuando todos los dispositivos están conectados entre sí.

Costo

Se busca el menor costo de instalación.

4.10.2 Matriz de decisión

Para la selección del protocolo de control se califican de acuerdo a los criterios que se señalan anteriormente, respecto a las características que debe tener un protocolo de control de domótica estandarizado.

Cada característica que se mide tiene un porcentaje (0% - 100%) de acuerdo con la importancia que cada una de ellas tiene para el cumplimiento del objetivo del diseño del sistema de iluminación.

La escala para calificar cada característica es la siguiente:

- 1 = Malo
- 2 = Regular
- 3 = Bueno

Cada calificación se multiplica por el porcentaje correspondiente a cada característica; se suman para obtener una calificación final y se comparan las calificaciones finales. La calificación más alta indica el protocolo más recomendable para el diseño del sistema de iluminación.

En la siguiente tabla se muestra la evaluación de los sistemas.

Tabla 3.1 Matriz de selección para protocolo de control									
Ponderación 1,2,3 1 = Malo 2 = Regular 3 = Bueno									
Protocolos		x-10		KNX		EIB		BatiBUS	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
MEDIO FÍSICO									
Red eléctrica	3%	3	0.09	3	0.09	3	0.09	1	0.03
Radiofrecuencia	5%	1	0.05	3	0.15	3	0.15	1	0.05
Par trenzado	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
IP->Ethernet	3%	1	0.03	3	0.09	3	0.09	1	0.03
PROTOCOLO									
Abierto	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Estándar	10%	1	0.1	3	0.3	3	0.3	3	0.3
ARQUITECTURA									
Control descentralizado	7%	1	0.07	3	0.21	3	0.21	3	0.21
Velocidad de transmisión	5%	1	0.05	2	0.1	2	0.1	1	0.05
Seguridad	7%	2	0.14	1	0.07	1	0.07	1	0.07
Dispositivos en el mercado	10%	2	0.2	3	0.3	3	0.3	2	0.2
Pasarela residencial	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Conexión con dispositivos móviles	10%		0	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Mantenimiento	7%	1	0.07	3	0.21	2	0.14	2	0.14
Costo	3%	3	0.09	1	0.03	2	0.06	2	0.06
Total puntos	100%		1.79		2.75		2.61		2.24
Lugar		7		1		3		6	
¿Elegir?		NO		SI		NO		NO	

Tabla 3.1 Continuación

Ponderación 1,2,3 1 = Malo 2 = Regular 3 = Bueno

Protocolos		EHS		CEBus		LonWorks		BACnet	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
MEDIO FÍSICO									
Red eléctrica	3%	3	0.09	1	0.03	3	0.09	1	0.03
Radiofrecuencia	5%	3	0.15	3	0.15	1	0.03	3	0.15
Par trenzado	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
IP->Ethernet	3%	3	0.09	1	0.03	3	0.15	1	0.03
PROTOCOLO									
Abierto	10%	3	0.3	3	0.3	1	0.1	3	0.3
Estándar	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	1	0.1
ARQUITECTURA									
Control descentralizado	7%	3	0.21	3	0.21	3	0.21	3	0.21
Velocidad de transmisión	5%	3	0.15	1	0.05	3	0.15	1	0.05
Seguridad	7%	1	0.07	1	0.07	3	0.21	1	0.07
Dispositivos en el mercado	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Pasarela residencial	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Conexión con dispositivos móviles	10%	2	0.2	1	0.1	3	0.3	2	0.2
Mantenimiento	7%	2	0.14	3	0.21	2	0.14	3	0.21
Costo	3%	2	0.06	3	0.09	1	0.03	2	0.06
Total puntos	100%		2.66		2.44		2.61		2.31
Lugar		2		4		3		5	
¿Elegir?		SI		NO		NO		NO	

Tabla 3.1 Continuación			
Ponderación 1,2,3 1 = Malo 2 = Regular 3 = Bueno			
Protocolos		SCP	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Ponderación
MEDIO FÍSICO			
Red eléctrica	3%	3	0.09
Radiofrecuencia	5%	1	0.05
Par trenzado	10%	1	0.1
IP->Ethernet	3%	1	0.03
PROTOCOLO			
Abierto	10%	3	0.3
Estándar	10%	1	0.1
ARQUITECTURA			
Control descentralizado	7%	3	0.21
Velocidad de transmisión	5%	1	0.05
Seguridad	7%	1	0.07
Dispositivos en el mercado	10%	1	0.1
Pasarela residencial	10%	3	0.3
Conexión con dispositivos móviles	10%	1	0.1
Mantenimiento	7%	2	0.14
Costo	3%	1	0.03
Total puntos	100%		1.67
Lugar		8	
¿Elegir?		NO	

La matriz de decisión nos indica el primer lugar para el protocolo KNX, un segundo lugar para EHS y un empate en tercer lugar para los protocolos EIB y Lonworks. La investigación realizada nos indica que actualmente EIB y EHS trabajan en conjunto para desarrollar el estándar KNX.

Con base en lo anterior se elige KNX como protocolo de control para el sistema de control de iluminación a utilizar en el siguiente proyecto.

4.11 PROTOCOLO DE CONTROL SELECCIONADO

4.11.1 Medios físicos de transmisión y sus áreas de aplicación

Tabla 3.2 Áreas de aplicación para los medios físicos [13]		
Medio Físico	Transmisión Vía	Áreas de aplicación
Par trenzado	Bus de control independiente	Nuevas instalaciones y grandes renovaciones – nivel máximo de fiabilidad de transmisión.
Red Eléctrica	Red existente	En Lugares donde no se necesita un cable de control adicional y hay disponible cable de 230 V.
Radio Frecuencia	Radio	En lugares donde no se desea o no se puede instalar cableado.
IP	Ethernet	En grandes instalaciones donde se necesita un backbone o línea rápida.

4.11.2 Topología

La unidad de instalación más pequeña es la línea, la cual puede constar de hasta cuatro segmentos de línea con un máximo de 64 componentes bus cada una. Si se requiere conectar más de 64 componentes en una línea se pueden utilizar los repetidores, que permitirán añadir hasta tres segmentos más de línea con 64 dispositivos nuevos cada uno. También existen las áreas, en las cuáles se pueden conectar 15 líneas, por medio de acopladores de línea. Pueden conectarse hasta 15 áreas usando los acopladores de área. Tanto los acopladores de línea/área como los repetidores son dispositivos del sistema.

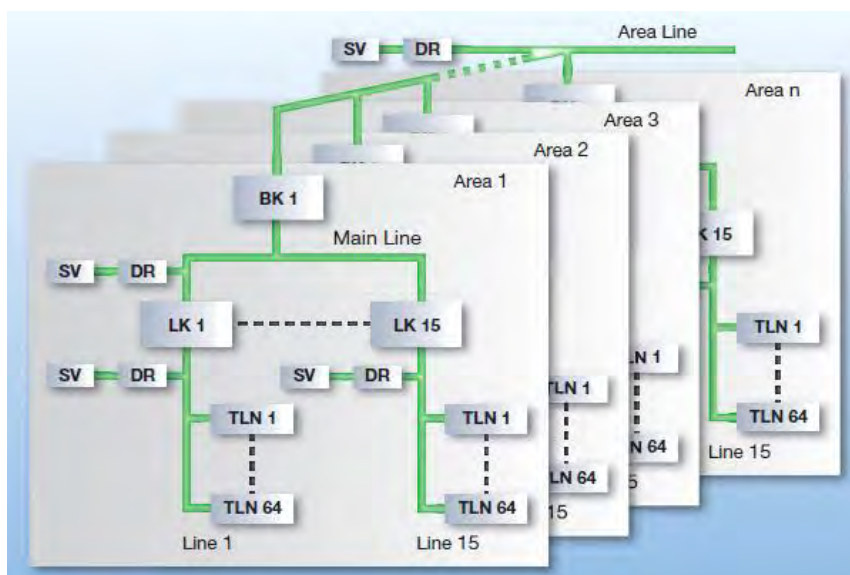


Figura 3.4. Topología - Conexión de líneas y áreas. [13]

Dónde:

BK – Acoplador de área

LK – Acoplador de Línea

TLN – Dispositivo

SV – Fuente de alimentación

n – máx. 15

Cada línea debe disponer de una fuente de alimentación. La función de los acopladores es impedir el paso hacia otras líneas los telegramas cuyos destinos sean elementos de su línea y al mismo tiempo ignorar aquellos telegramas provenientes de otras líneas o zonas que no conciernen a elementos de su línea.

4.11.3 Comunicación

En *KNX* se utilizan direcciones físicas las cuales son unívocas y su formato es como sigue:

- Área: 4 bits
- Línea: 4 bits
- Componente bus: 1 byte

Cada dirección física se programa a los dispositivos por medio de un botón de programación.

Las direcciones de grupo permite la comunicación entre los dispositivos en la instalación. Éste tipo de estructura puede ser de 2 o 3 niveles y esta elección dependerá del programador. Se recomienda organizar las direcciones de grupo en cuanto a parámetros físicos de la instalación, ya que en proyectos muy grandes, el diagnóstico, ampliación o reprogramación serán más sencillos; es decir el grupo principal puede considerarse como la planta en la que se trabajará, los grupos intermedios se pueden asignar a funciones tales como iluminación, calefacción, etc y a los subgrupos se les puede identificar con nombres como conmutación, regulación, accionamiento, etc. Un grupo de tres niveles tiene la siguiente estructura:

- Grupo principal: 5 bits
- Grupo intermedio: 3 bits
- Subgrupo: 8 bits

Los objetos de comunicación son propios de los actuadores y sensores y se asignan a las direcciones de grupo por medio del software de configuración. Son direcciones de memoria en los dispositivos bus, de ésta forma los actuadores pueden escuchar a varias direcciones de grupo, pero los sensores sólo envían una dirección de grupo por telegrama.

Cuando existe un evento en el bus se genera un telegrama y la transmisión del mismo inicia después de que el bus haya permanecido desocupado por lo menos durante un periodo. Los dispositivos bus utilizan un tiempo t_2 para comprobar si el telegrama ha sido recibido para posteriormente enviar un acuse de recibido. El telegrama tiene la siguiente estructura:

- Campo de control: 8 bits
- Dirección de origen: 16 bits
- Dirección de destino: 17 bits

- Contador de ruta: 3 bits
- Longitud: 4 bits
- Datos útiles: hasta 16 x 8 bits
- Comprobación: 8 bits

La información se transmite en caracteres de 8 bits. Cada telegrama ocupa el bus aproximadamente 20 – 40 ms, desde el tiempo libre del bus hasta el acuse de recibido.

El funcionamiento básico ocurre de la siguiente forma:

1. Se presiona la parte superior de un sensor de una tecla.
2. El sensor interruptor escribe un “1” en su objeto de comunicación.
3. El dispositivo envía un telegrama a través del bus con la información: “Dirección de grupo 1/1/1, escribe el valor 1”.
4. Todos los dispositivos bus de la instalación que contengan la dirección de grupo 1/1/1, escribirán “1” en sus objetos de comunicación.
5. El software de aplicación del actuador establece que el valor en su objeto de comunicación ha cambiado y ejecuta una función, por ejemplo conmutación.

4.11.4 Software de configuración

ETS es el software que permite la configuración y programación de los dispositivos, y con él se gestiona el proyecto lógico de la instalación. En la Figura 3.7. se presenta el entorno de programación de ETS 4, por medio del mismo se tiene acceso a las siguientes funciones:

- Acceso a instalación *KNX* por medio de comunicación RS 232.
- Importación/Exportación de productos y proyectos.
- Base de datos de componentes.
- Interfaz para módulos adicionales e intercambio de datos con otras aplicaciones informáticas.
- Control de impresión.
- Gestión de idioma.

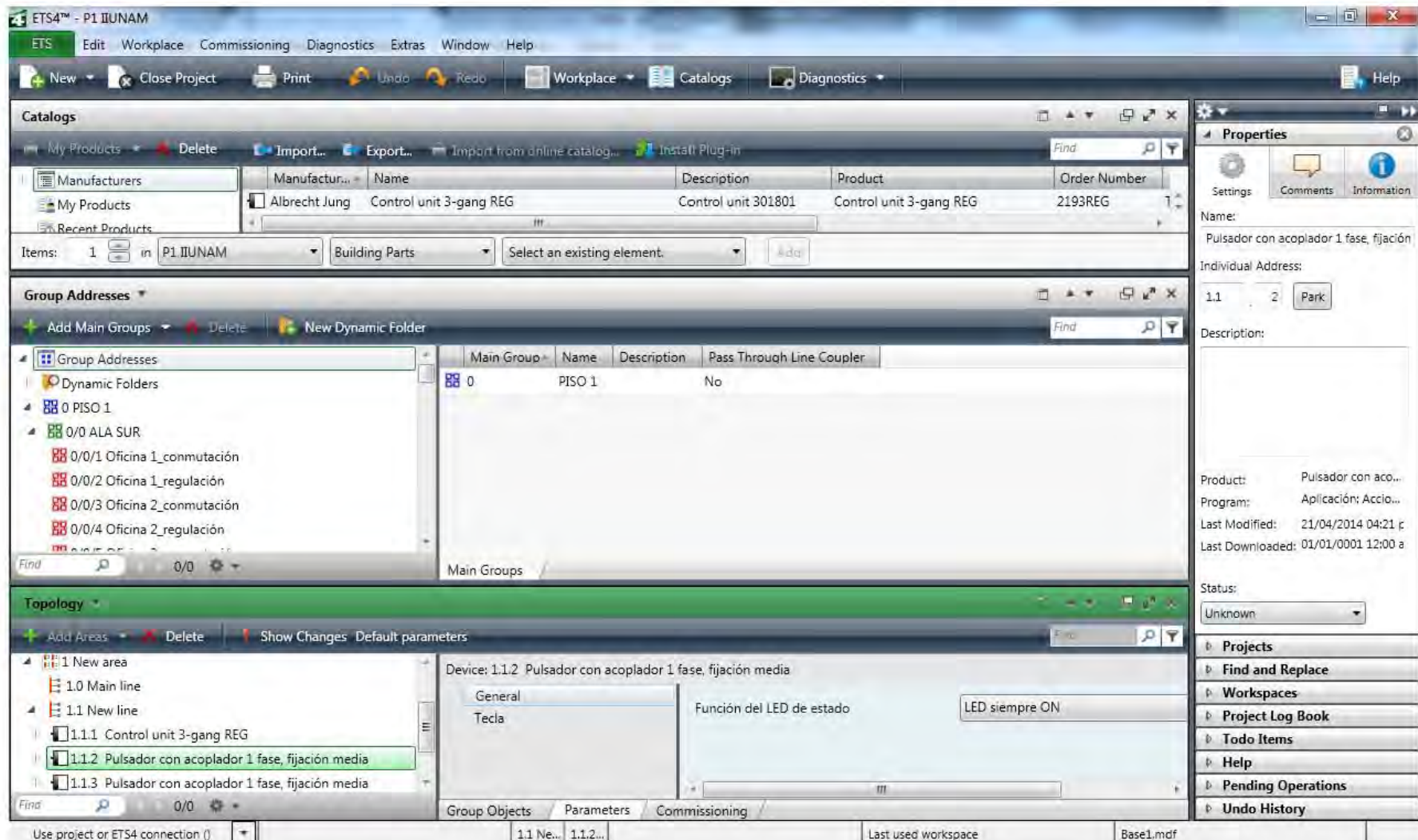


Figura 3.5. Software de configuración ETS 4.

4.11.5 Instalación

El tipo de cableado para la instalación *KNX* puede ser cualquier topología, siempre y cuando no sea cerrada, se acepta en bus, en estrella o árbol. El bus *KNX* funciona con una tensión de seguridad de 30 VCC y se debe asegurar que esté aislado de forma segura de la red de potencia. Se deben respetar las siguientes longitudes:

Tabla 3.3 Distancias máximas permisibles [13]	
Longitud total de un segmento de línea	Máximo 1000 [m]
Separación entre los aparatos bus y la fuente de alimentación	Máximo 350 [m]
Separación entre dos fuentes de alimentación	Mínimo 200 [m]
Separación entre dos aparatos bus	Máximo 700 [m]

4.12 NORMATIVIDAD APLICABLE AL PROYECTO

Las Normas Oficiales son regulaciones de técnicas que sirven para garantizar que los servicios que se contratan o los productos que se adquieren cumplan con ciertos parámetros o determinados procesos, con el fin de proteger la vida, la seguridad y el medio ambiente.

En el desarrollo de proyectos es de suma importancia considerar la normatividad correspondiente. Así para el diseño del control de iluminación para el piso 1 de la Torre de Ingeniería, las normas aplicables son:

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas

El objetivo de ésta norma es establecer especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones de seguridad para las personas y sus propiedades.

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

El objetivo de esta norma es establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollan los trabajadores.

- ISO/IEC 14543-3-10:2012, Information Technology

Dicha norma especifica un protocolo inalámbrico para dispositivos de baja potencia, tales como los dispositivos de energía de un entorno familiar. Diseñado para mantener el consumo de energía de sensores e interruptores extremadamente bajo.

Existen normas europeas aplicables a domótica tales como:

- EN 50090

Esta norma es un estándar de la construcción europea que contiene las normas técnicas para el hogar y la construcción de sistemas electrónicos emitidas por el CENELEC.

CAPÍTULO 5. SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN CON PROTOCOLO KNX

5.1 PROCESO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) es un centro de investigación con participación en diversas áreas de la ingeniería, que colabora con entidades públicas y privadas para mejorar la práctica de la ingeniería en el ámbito nacional.

A continuación se describe el proceso de diseño del sistema de iluminación para el piso 1 de la Torre de Ingeniería.

5.1.1 Descripción General

Tomando en cuenta que en el piso 1 de la Torre de Ingeniería se llevan a cabo actividades administrativas, el tipo de iluminación propuesto es el que se conoce como iluminación interior con, el tipo de luminarias para iluminación comercial y/u oficinas.

En el proceso empleado se selecciona el tipo de alumbrado, las luminarias de acuerdo con ciertas características que deben cumplir de acuerdo con el tipo de aplicación, y la respectiva selección de balastro y luminaria para la misma. Posteriormente se emplea el método de lúmenes para el cálculo de luminarias en interiores y se presenta la distribución general.

Existen diversos criterios para la selección de iluminación interior, se deben considerar las características o tareas y actividades que van a realizar en el espacio a iluminar.

- Tipo de uso del espacio.
- Horarios.
- Edad promedio de las personas que ocupan el inmueble.
- Arquitectura

El piso 1 de la Torre de Ingeniería tiene las siguientes características:

- Tipo de uso: Oficinas, salas de juntas, salas de espera, sala de trabajo, módulos de becarios, áreas de secretariado.
- Las actividades se realizan en promedio en un horario de 8:00 hrs a 21:00 hrs.
- Las actividades que se desarrollan cotidianamente son: investigación (trabajos de licenciatura, maestría y doctorado), y actividades administrativas.

Dichas características servirán como los datos de entrada para el proceso de diseño.

Los datos de entrada que permitirán comenzar con el proceso de diseño del sistema de iluminación se muestran a continuación:

Tabla 4.1. Datos de entrada

ALA SUR			
Recinto	Longitud [m]	Ancho [m]	Nivel de iluminación [luxes]
Oficina 1	3.75	3.75	1100
Oficina 2	3.75	3.25	1100
Oficina 3	3.75	3.25	1100
Oficina 4	3.75	3.75	1100
Oficina 5	3.75	3.25	1100
Oficina 6	3.75	2.5	1100
Oficina 7	3.75	2.5	1100
Oficina 8	3.75	2.5	1100
Oficina 9	3.75	2.5	1100
Oficina 10	3.75	2.5	1100
Oficina 11	3.75	2.5	1100
Oficina 12	3.75	2.5	1100
Oficina 13	3.75	2.5	1100
Oficina 14	3.75	2.5	1100
Sec. 1	3.75	2	600
Sec. 2	3.75	2	600
Módulos 1-5	15.75	5.5	1100
Sala de Trabajo	7.5	5.5	1100
Sala de Espera	7.5	5	200
Sala de Juntas	5	3.75	900
Pasillo1	25	2.25	600
Pasillo2	16.25	2	600
Pasillo3	25	1.75	600
Pasillo4	5.75	2	600

Tabla 4.1. Datos de entrada (continuación)			
ALA NORTE			
Recinto	Longitud [m]	Ancho [m]	Nivel de iluminación [luxes]
Oficina 1	3.75	3.75	1100
Oficina 2	3.75	3.75	1100
Oficina 3	3.75	3.75	1100
Oficina 4	3.75	3.75	1100
Oficina 5	3.75	3.75	1100
Oficina 6	3.75	2.5	1100
Oficina 7	3.75	2.5	1100
Oficina 8	3.75	2.5	1100
Oficina 9	3.75	2.5	1100
Oficina 10	3.75	2.5	1100
Oficina 11	3.75	2.5	1100
Oficina 12	3.75	2.5	1100
Oficina 13	3.75	2.5	1100
Sec. 1	3.75	2	600
Sec. 2	3.75	2	600
Sec. 3	3.75	2	600
Sec. 4	3.75	2	600

Sec. 5	3.75	2	600
Módulos 2-7	17.5	5.5	1100
Sala de Juntas	5	3.75	900
Sala de Espera	7.5	5	200
Pasillo5	25	2.25	600
Pasillo6	16.25	2	600
Pasillo7	25	1.75	600
Pasillo8	5	1.75	600
Pasillo9	3.75	2.25	600

Tabla 4.1. Datos de entrada (continuación)			
ALA SUR Y ALA NORTE			
Características	Medida	Color/material	Reflectancia
Altura plano de trabajo	0.75 [m]		
Altura piso-techo	3.76 [m]		
Reflectancias	Piso	Gris oscuro	20 %
	Pared	Azul oscuro	20 %
	Techo	Acero	65 %

Las medidas más importantes, consideradas como datos de entrada, fueron tomadas del plano arquitectónico proporcionado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM que se encuentra en el anexo 3; los valores de reflectancias se tomaron del Anexo 4; y los niveles de iluminación se extrajeron del Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría.

5.1.2 Selección del tipo de alumbrado

El tipo de alumbrado que se elige es general por secciones, de acuerdo con la especificación, el usuario requiere uniformidad y un nivel adecuado en la iluminación. Existen diversas áreas dentro del piso y de acuerdo con el uso final de cada espacio, se requerirá determinado tipo de iluminación. En la Figura 4.1. se presentan las diferentes configuraciones existentes para el alumbrado general por secciones, de la cual se seleccionó la configuración d. Este tipo de iluminación tiene las siguientes características luminotécnicas:

- Altos niveles de iluminación en cada sector
- Excelente uniformidad
- Reducción de contrastes
- Minimiza la proyección de sombras

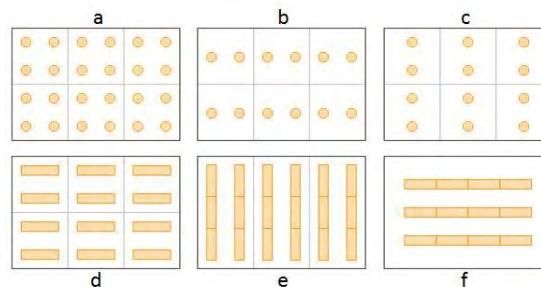


Figura 4.1. Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general.

5.1.3 Selección preliminar de fuente luminosa

En el anexo 3 se muestran las diferentes aplicaciones de un sistema de iluminación, y las distintas lámparas que son más recomendables para dicho aplicación. En éste caso se tienen las siguientes fuentes luminosas:

- Fluorescentes
- Fluorescentes compactas
- Haluros metálicos

A continuación se muestran las características más importantes de las fuentes luminosas antes mencionadas:

Lámpara	Potencia [w]	Temp. De Color [K]	[lm/W]	ICR	Vida útil
Fluorescente	14 – 215	3500 – 6500	54.3 – 103.6	60 – 86	9000 – 24000
Fluorescente compacta	9 – 42	2700 – 6500	52 – 76.2	80 – 84	3000 – 12000
Haluros metálicos	100 - 2000	3700 - 5000	50.3 – 102 vertical 42.3 – 88.7 Horizontal	65 - 75	30000 – 20000 V. 3000 – 15000 H.

Con ayuda de la siguiente matriz de decisión se selecciona de forma preliminar la fuente luminosa que se empleará en el sistema de iluminación. Cabe mencionar que es una selección preliminar, ya que aún deben considerarse otros factores de diseño que se describirán más adelante.

Lámparas		Fluorescentes		Fluorescentes Compactas		Haluros Metálicos	
Criterios de Selección	Peso	Cal.	Ponderación	Cal.	Ponderación	Cal.	Ponderación
Rendimiento Luminoso [lm/w]	30%	3	0.9	2	0.6	1	0.3
Temperatura de color [K]	30%	3	0.9	2	0.6	1	0.3
Índice de rendimiento de color	25%	2	0.5	3	0.75	1	0.25
Vida útil [hrs]	15%	3	0.45	2	0.3	3	0.45
Total puntos	100%		2.75		2.25		1.3
Lugar		1		2		3	
¿Elegir?		SI		NO		NO	

De acuerdo con la matriz de selección se recomienda utilizar una lámpara fluorescente.

5.1.4 Selección final de fuente luminosa

Una vez elegidas las lámparas fluorescentes, es necesario seleccionar del mercado la fuente luminosa que mejor empate con las necesidades del proyecto. Para ello se puede recurrir a diferentes fabricantes de fuentes luminosas así como Osram, General Electric, Holophane entre otros. Para este caso de estudio se seleccionarán las luminarias de Philips, a continuación se presentan los tipos de lámparas más adecuadas y posteriormente su selección tomando en consideración las siguientes características:

- Larga vida útil
- Alta eficiencia energética
- Excelente calidad de luz
- Índice de rendimiento de color mayor a 80 %
- Restricción: Tipo de montaje – Suspensión
- Atenuables

Se requiere una temperatura de color entre 3500 y 4000 [K], que es el adecuado para oficinas, según la tabla del anexo 5.

Regularmente se recomienda utilizar lámparas con un índice de rendimiento de color superior al 80% en espacios interiores donde las personas laboren por periodos prolongados.

Por esta razón se seleccionarán aquellas lámparas que presenten mayor rendimiento luminoso, asegurando el menor consumo energético y el mismo valor de iluminación. De igual forma se considerarán aquellas que posean una larga vida útil.

Por último deberán seleccionarse aquellas lámparas que sean atenuables y su tipo de luminaria cumpla con la restricción del tipo de montaje (colgantes).

De acuerdo con el catálogo de iluminación de Philips se tienen las siguientes lámparas comerciales:

Tabla 4.4 Lámparas disponibles en el mercado	
Lámpara	[W]
T8 Extra Long Life con tecnología ALTO II - Larga Vida Útil	32
T8 Advantage con tecnología ALTO II - Mayor Salida Luminosa y Larga Vida Útil	17, 25, 32
T8 Plus con tecnología ALTO II - Larga Vida Útil	17, 25, 32
T8 HO Plus - Alta Salida Luminosa y Larga Vida Útil	86
T8 Universal con tecnología ALTO II	17, 25, 32

A continuación se evalúan las fuentes luminosas en una matriz de decisión para seleccionar la fuente luminosa que se va a emplear en el proyecto.

Tabla 4.5 Matriz de Selección para fuente luminosa comercial											
Ponderación 1,2,3 1 = Malo 2 = Regular 3 = Bueno. Cal = Calificación, Pond = Ponderación											
Lámparas	Peso	T8 Extra Long Life		T8 Advantage		T8 Plus		T8 HO Plus		T8 Universal	
		Cal.	Pond.	Cal.	Pond.	Cal.	Pond.	Cal.	Pond.	Cal.	Pond.
Rendimiento luminoso	36%	1	0.36	3	1.08	1	0.36	2	0.72	1	0.36
Índice de Rendimiento de color	25%	3	0.75	3	0.75	3	0.75	1	0.25	3	0.75
Temperatura de color	15%	3	0.45	3	0.45	3	0.45	3	0.45	3	0.45
vida útil promedio (ciclos 12 hrs)	12%	3	0.36	2	0.24	2	0.24	1	0.12	1	0.12
vida útil promedio (ciclos 3 hrs)	12%	3	0.36	2	0.24	2	0.24	1	0.12	1	0.12
Total puntos	100%		2.28		2.76		2.04		1.66		1.8
Lugar		2		1		3		5		4	
¿Elegir?		NO		SI		NO		NO		NO	

De acuerdo con la matriz, la lámpara que deberá usarse es la **T8 Advantage con tecnología ALTO II - Mayor Salida Luminosa y Larga Vida Útil.**

Se elegirá el modelo: **F32T8 ADV835 ALTO**



Advantage T8

F32T8 ADV835 ALTO

Figura 4.2. Lámpara seleccionada. [14]

Otras características de ésta lámpara son:

- No requieren calentarse antes de ser atenuadas.
- Pueden contribuir con una certificación LEED-EB¹⁹.
- Tienen 75% menos de mercurio que el promedio de lámparas industriales.
- Cuenta con sello FIDE²⁰

¹⁹ **LEED EB:** Para Operación y Mantenimiento en edificios existentes es un sistema que maximiza la eficiencia en el funcionamiento y mantenimiento mientras que al mismo tiempo minimiza los impactos en el medioambiente y aumenta el bienestar de los ocupantes.

²⁰ **FIDE:** Los productos con Sello FIDE, deben cumplir con las normas, leyes, reglamentos, instructivos del fabricante, etc. vigentes relacionadas con su instalación y aplicación.

5.1.5 Selección de luminaria

Para la selección de la luminaria es necesario recurrir a los catálogos y seleccionar aquellas luminarias cuyo montaje sea por suspensión y que sean compatibles con lámparas fluorescentes lineales T8 de 32 [W].

Éste tipo de lámpara es compatible con la luminaria: **EYE – QL**, de acuerdo con las siguientes características:

- Aplicación: Oficinas
- Iluminación directa
- Tipo de montaje: Suspensión
- Lámpara: Fluorescente lineal
- Potencia de la lámpara 32 [W]

Se requiere iluminación directa ya que permite uniformidad luminosa en el plano de trabajo. Su tipo de montaje debe ser por suspensión, a fin de aprovechar el sistema de montaje existente en el piso 1 de la Torre de Ingeniería UNAM.



Figura 4.3. Luminaria seleccionada. [14]

5.1.6 Selección de balastro

Por último debe seleccionarse el balastro adecuado para controlar las lámparas seleccionadas, de acuerdo con las especificaciones de la fuente luminosa el balastro adecuado es el modelo **MARK 10 POWERLINE ELE DIMMING BALLAST (2), F32T8 120V**.



Figura 4.4. Balastro seleccionado. [14]

5.1.7 Altura de montaje

La altura de montaje para iluminación de interiores se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$hct = \frac{1}{5}(H - hcp) \quad (4.1)$$

Dónde:

hct = Altura techo - luminaria[m]

H = Altura del local [m]

hcp = Altura plano de trabajo [m]

De los datos de entrada mostrados en la tabla 4.1 se calcula la altura de montaje como sigue:

$$\begin{aligned} hct &= \frac{1}{5}(H - hcp) \\ hct &= \frac{1}{5}(3.76 - 0.75) \\ hct &= 0.602 \text{ [m]} \end{aligned}$$

Se asume una altura de 0.75 metros sobre el piso (hcp)

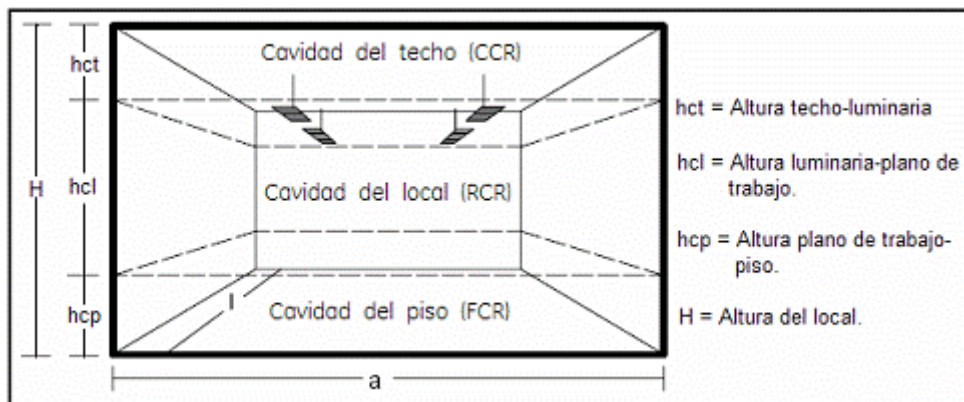


Figura 4.5. Alturas de un local. [42]

5.1.8 Método de lúmenes para iluminación de interiores.

Una vez determinado el tipo de alumbrado (general por secciones) y el tipo de luminaria a utilizar, es necesario calcular el número de luminarias necesarias para aportar al recinto el nivel adecuado de iluminación. Éste proceso consiste en los siguientes pasos

1. Como primer paso se calcula la relación de la cavidad del local:

$$RCL = 5 * hcl * \frac{l+a}{l*a} \quad (4.2)$$

dónde:

hcl = Altura plano de trabajo - luminaria[m]

l = longitud del local [m]

a = Ancho del local [m]

2. Teniendo la relación de la cavidad del local y las reflectancias de piso, pared y techo, se procede a calcular el factor de utilización; para ello es necesario primero, calcular el índice de reflexión como sigue:

$$IR = \frac{R_T + R_{piso} + R_{pared}}{3} \quad (4.3)$$

dónde:

IR = Índice de reflexión [%]

R_T = Reflectancia del techo [%]

R_{piso} = Reflectancia de las paredes [%]

R_{pared} = Reflectancia del piso [%]

El factor de utilización se obtiene con la siguiente ecuación:

$$FU = \frac{IR + RCL}{2} \quad (4.4)$$

dónde:

IR = Índice de reflexión [%]

RCL = Relación de la cavidad del local

FU = Factor de utilización

3. Posteriormente se considerará un factor de mantenimiento (FM) del 75 % (medio), un coeficiente de depreciación (CD) de 0.85 (estándar) y una eficiencia del balastro (EB) del 90%, de acuerdo a la normatividad correspondiente.

4. Finalmente se calcula el número de luminarias a instalar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{E*(l*a)}{n*\phi_L*FU*FM*CD*EB} \quad (4.5)$$

dónde:

E = Nivel de iluminación [lux]

l = longitud del local [m]

a = Ancho del local [m]

n = número de lámparas por luminaria

φ_L = Lúmenes por lámpara

FU = Factor de utilización

FM = Factor de mantenimiento

CD = Coeficiente de depreciación

EB = Coeficiente del balastro

Para distribuir las luminarias en el área de aplicación es necesario no exceder ciertos límites, para ello se calcula el espaciamento máximo, que está dado por el producto de una constante SC (del inglés, “Spacing Criteria) y que es suministrado por el fabricante de luminarias.

$$\text{Espaciamento máximo} = SC * hcl \text{ [m]} \quad (4.6)$$

dónde:

hcl = Altura plano de trabajo - luminaria[m]

La distribución de luminarias a lo largo y ancho del local se calcula con las siguientes expresiones:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N}{l}} * a \quad (4.7)$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{l}{a}\right) \quad (4.8)$$

dónde:

N_{ancho} = Número de luminarias a lo ancho del área

N_{largo} = Número de luminarias a lo largo del área

l = longitud del local [m]

a = Ancho del local [m]

Si las expresiones anteriores no arrojan un número entero, se deberá aproximar al inmediato superior o inferior de tal manera que el producto entre ellos sea igual o mayor al número de luminarias antes calculadas.

Recurrir al anexo 1 para identificar terminología y unidades no descritas.

A continuación se presenta una tabla con las características más importantes de dicho cálculo.




Tabla 4.6 Resumen cálculo de iluminación			
ALA SUR			
Recinto	Nivel de iluminación	No. De Luminarias	Lámparas x Luminaria
Oficina 1	1100	1	2
Oficina 2	1100	1	2
Oficina 3	1100	1	2
Oficina 4	1100	1	2
Oficina 5	1100	1	2
Oficina 6	1100	1	2
Oficina 7	1100	1	2
Oficina 8	1100	1	2
Oficina 9	1100	1	2
Oficina 10	1100	1	2
Oficina 11	1100	1	2
Oficina 12	1100	1	2
Oficina 13	1100	1	2
Oficina 14	1100	1	2
Sec. 1	600	1	2

Sec. 2	<i>600</i>	1	2
Modulos 1-5	<i>1100</i>	17	2
Sala de Trabajo	<i>1100</i>	6	2
Sala de Espera	<i>200</i>	1	2
Sala de Juntas	<i>900</i>	2	2
Pasillo1	<i>600</i>	6	2
Pasillo2	<i>600</i>	4	2
Pasillo3	<i>600</i>	6	2
Pasillo4	<i>600</i>	1	2
	TOTAL	59	118

Tabla 4.6 Resumen cálculo de iluminación (continuación)

ALA NORTE			
Recinto	Nivel de iluminación	No. De Luminarias	Lámparas x Luminaria
Oficina 1	<i>1100</i>	1	2
Oficina 2	<i>1100</i>	1	2
Oficina 3	<i>1100</i>	1	2
Oficina 4	<i>1100</i>	1	2
Oficina 5	<i>1100</i>	1	2
Oficina 6	<i>1100</i>	1	2
Oficina 7	<i>1100</i>	1	2
Oficina 8	<i>1100</i>	1	2
Oficina 9	<i>1100</i>	1	2
Oficina 10	<i>1100</i>	1	2
Oficina 11	<i>1100</i>	1	2
Oficina 12	<i>1100</i>	1	2
Oficina 13	<i>1100</i>	1	2
Sec. 1	<i>600</i>	1	2
Sec. 2	<i>600</i>	1	2
Sec. 3	<i>600</i>	1	2
Sec. 4	<i>600</i>	1	2
Sec. 5	<i>600</i>	1	2
Módulos 2-7	<i>1100</i>	19	2
Sala de Juntas	<i>900</i>	2	2
Sala de Espera	<i>200</i>	1	2
Pasillo5	<i>600</i>	6	2
Pasillo6	<i>600</i>	4	2
Pasillo7	<i>600</i>	6	2
Pasillo8	<i>600</i>	1	2
Pasillo9	<i>600</i>	1	2
	TOTAL	58	116

En la siguiente tabla se muestra el equipo de iluminación requerido.

Tabla 4.7 Equipo de iluminación requerido				
Producto	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Lámparas Fluorescentes	Advantage T8 32W Modelo : F32T8 ADV835 ALTO 	234	\$ 26.40	\$ 6177.60
Luminaria	EYE – QL SERIES Modelo: EYS4LFX232120SO 	117	\$ 1 323.00	\$ 154 791.00
Balastro	MARK 10 POWERLINE ELE DIMMING BALLAST (2) Modelo: F32T8 120 V 	117	\$ 422.40	\$ 49 420.80
			Total	\$ 210 389.40

5.1.9 Plano: Distribución de luminarias



Para la ubicación de los nombres de oficinas referirse al anexo 3.

5.2 SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

5.2.1 Descripción general

Como ya se ha mencionado, se trata de un sistema descentralizado, como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 4.6, donde todos los elementos del sistema son totalmente independientes y es necesario un bus compartido que permita la comunicación. La estandarización, es una característica que permite la integración al elegir dispositivos desarrollados por diferentes fabricantes, lo cual representa una gran ventaja, ya que lo más importante en el proceso de diseño es cumplir con las necesidades del cliente.

La iluminación del piso 1 de la Torre de Ingeniería UNAM debe ser controlada por secciones, en cada cubículo las luminarias podrán ser encendidas, apagadas o bien ajustar el nivel de iluminación de acuerdo con lo que el usuario requiera. Las luminarias de los pasillos son controladas por medio de detectores de presencia.

Las ventajas de este esquema de control se reflejan directamente en el ahorro energético. La regulación de la intensidad luminosa, trae consigo el confort visual, lo que permite al usuario aumentar su productividad, al poder utilizar los niveles de iluminación que mejor le convengan, es decir, trabajar con el nivel de iluminación con el que se sienta cómodo. Implícitamente cuando se regula este nivel y por otra parte, al instalar los sensores de presencia en pasillos, evita que las luminarias de dichas áreas estén encendidas todo el tiempo, lo que reflejará un ahorro energético, además influye en la vida útil de las lámparas y favorece tanto al medio ambiente, como las condiciones de trabajo de las personas que laboran bajo este sistema de control.

El funcionamiento básico de la instalación opera como sigue (ver diagrama de bloques, Figura 4.6):

A cada elemento se le asignó una dirección física (p.e. 1.1.12) que sirve como identificador dentro de la instalación. El regulador de luminosidad 1.1.1, recibe instrucciones de los sensores pulsadores 1.1.12, 1.1.13 y 1.1.14, de ésta manera se asegura que cada pulsador controlará un circuito de iluminación diferente. El esquema anterior es posible ya que cada regulador de luminosidad puede controlar hasta 3 circuitos de iluminación. De la misma forma el regulador 1.1.2, responderá a las instrucciones de los sensores 1.1.15, 1.1.16 y 1.1.17. Éste proceso se repite hasta completar la asignación de los sensores con actuadores, esto sucede para ambas alas del piso 1.

Los pulsadores utilizados permiten enviar funciones de accionamiento, regulación o valor de luminosidad. Se han programado los dispositivos para que con un pulso largo se regule la intensidad luminosa, mientras que con un pulso corto se enciendan o apaguen las luminarias.

Para las instrucciones de conmutación (encender, apagar) se envía la información a través del bus de comunicación, la cual contiene la dirección de destino (dirección de grupo) y el valor para la función conmutar (1 ó 0), así el regulador ejecutará la acción en su respectivo canal de salida. Para el dispositivo 1.1.1 una vez recibida la instrucción del elemento 1.1.12, conmutará la salida del canal 1 correspondiente con la luminaria L01_C1. De la misma forma el elemento 1.1.13, enviará el telegrama al elemento 1.1.1 y enseguida se activará o desactivará la salida del canal 2 conectado al circuito L02_02. Lo mismo ocurre para los elementos restantes del sistema.

Para las instrucciones de regulación se envían valores de 0 % a 100 % por el bus de comunicación. El valor de luminosidad de 8 bits permiten la generación de 256 niveles de luminosidad. Estos datos son pasados al convertidor digital-analógico quien genera la tensión adecuada en un rango de 0 a 10 [V].

En pasillos los periféricos los actuadores, recibirán información de dos detectores de presencia para conmutación y de los sensores pulsadores para regulación de luminosidad. En los pasillos internos únicamente recibirán información de un detector de presencia y de su correspondiente pulsador (ver figura 4.6). El proceso antes descrito aplica también para el control de iluminación en pasillos.

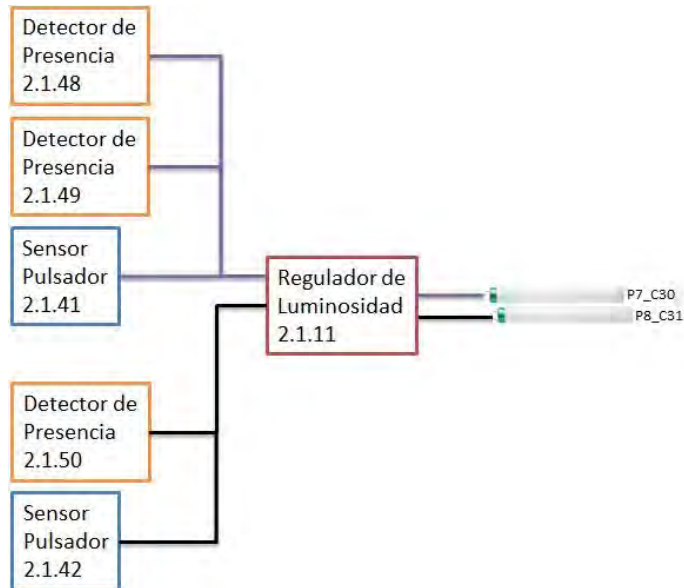


Figura 4.6. Diagrama de bloques iluminación pasillos.

Ver tablas 4.12 y 4.13 para identificar dispositivos.

5.2.2 Diagrama de bloques del sistema

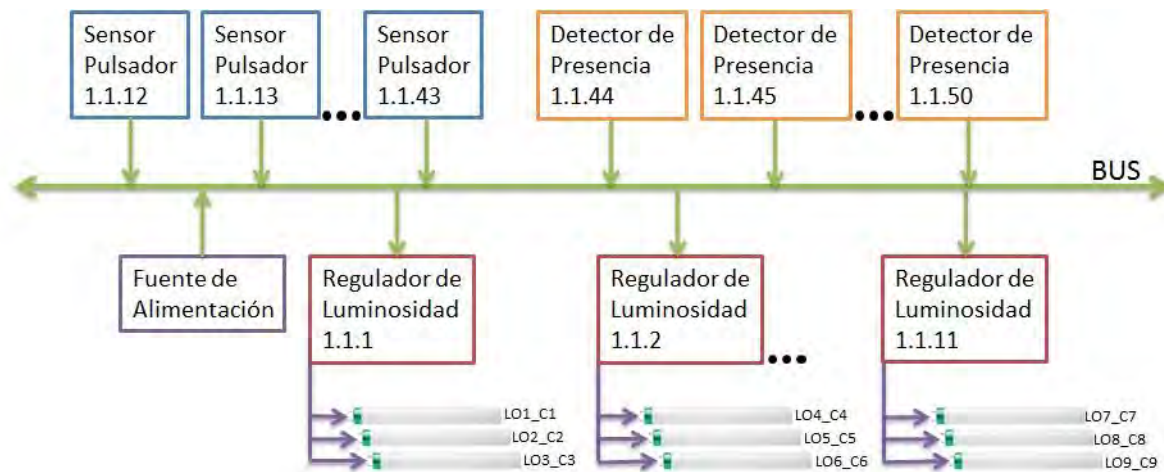
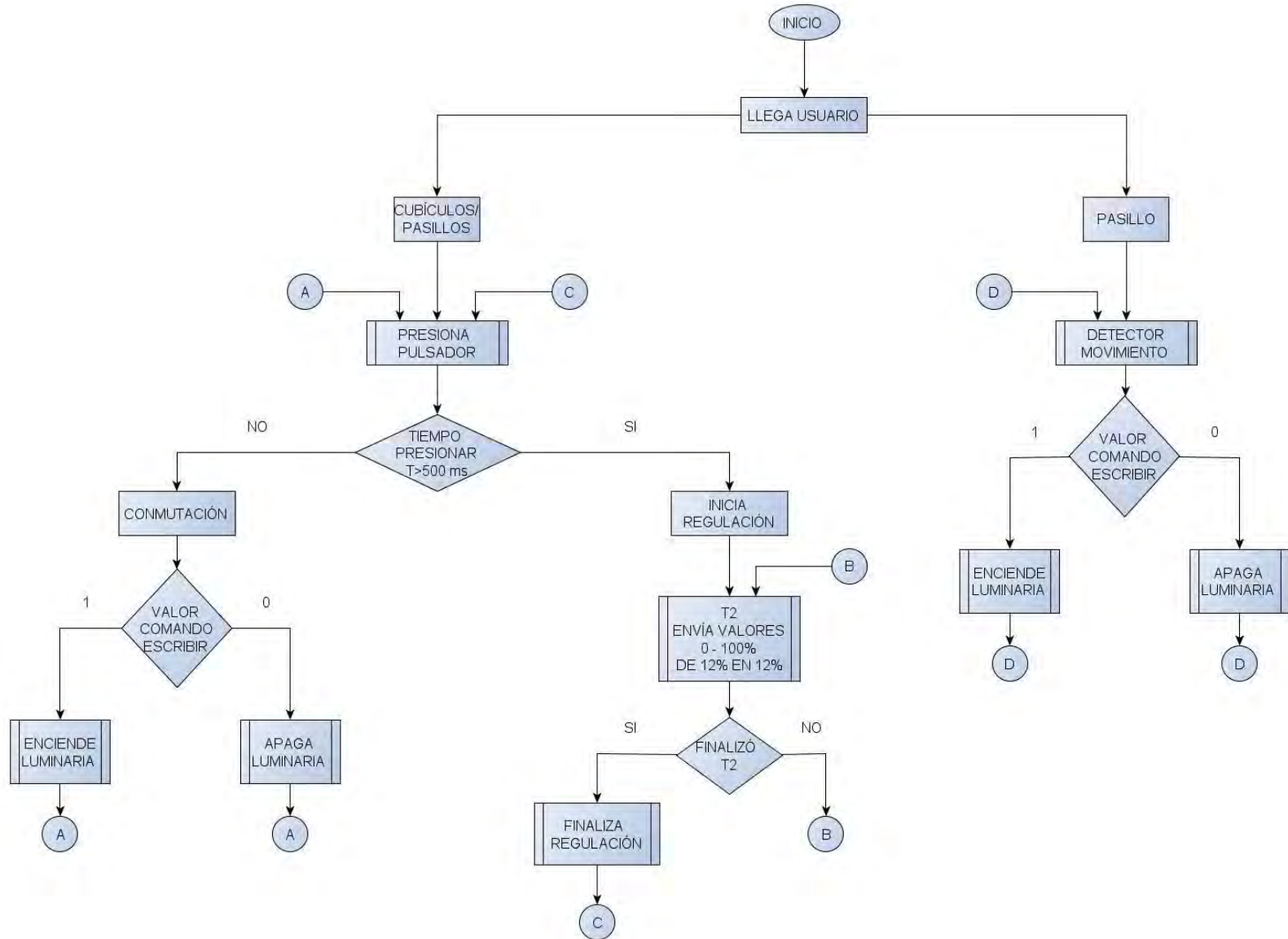


Figura 4.7. Diagrama de bloques del sistema.

Entradas – Sensores
Salidas – Actuadores

5.2.3 Diagrama de flujo del sistema



5.3 PROCESO DE DISEÑO CONTROL DE ILUMINACIÓN

5.3.1 Topología del sistema

El edificio se dividió en 2 áreas, ala sur y ala norte; a cada piso de la instalación le corresponde un segmento de línea. La topología usada en la instalación será la siguiente:

- 1 Edificio
- 2 alas por piso – 2 áreas
- 6 pisos – 12 líneas

De ésta forma se trabajara en el área 1 y área 2, pero únicamente los segmentos de línea 1 y 2. En la siguiente imagen se visualiza éste esquema de control:

Ala Sur = Área 1		Ala Sur = Área 2	
Línea 1.6	Piso 6	Línea 2.6	
Línea 1.5	Piso 5	Línea 2.5	
Línea 1.4	Piso 4	Línea 2.4	
Línea 1.3	Piso 3	Línea 2.3	
Línea 1.2	Piso 2	Línea 2.2	
Línea 1.1	Piso 1	Línea 2.1	

Figura 4.8. Localización de líneas y áreas

En la siguiente imagen se puede apreciar el tipo de topología usada con las direcciones físicas del dispositivo y su ubicación, así como los dispositivos utilizados. También podrá observarse que la red está diseñada para su posterior ampliación a los siguientes pisos de la Torre de Ingeniería, teniendo la alternativa de contralar sistemas de calefacción, aire acondicionado, iluminación, seguridad, etc.

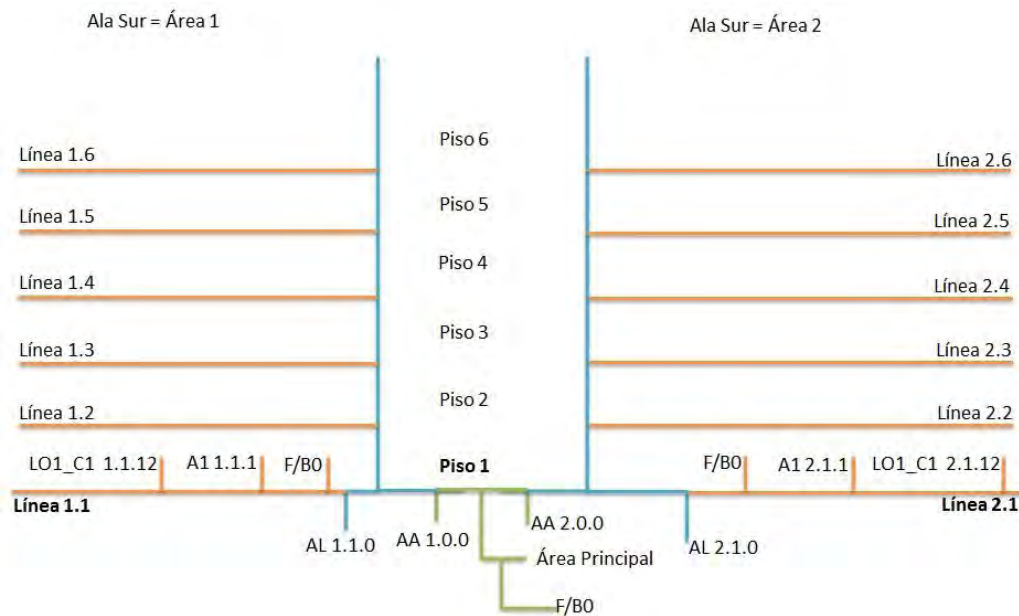


Figura 4.9. Topología

Dónde:

AA = Acoplador de área

AL = Acoplador de línea

F/B0 = Fuente de alimentación

5.3.2 Componentes de la instalación:

A continuación se enlistan los componentes básicos del proyecto:

- Actuador de luminosidad
- Sensor pulsador
- Detectores de movimiento
- Fuente de alimentación
- Acoplador de línea
- Acoplador de área

5.3.3 Cálculo del número de actuadores necesarios

Como primer paso se calcula el número de actuadores necesarios para el proyecto. Para ello es necesario identificar los circuitos de iluminación de cada área. Las especificaciones técnicas del regulador de luminosidad señala que este actuador es de 3 canales, entonces cada canal del actuador controlará un circuito de iluminación. En la siguiente tabla se muestra la relación del número de circuitos por área.

Tabla 4.8 Circuitos de Iluminación			
Ala Sur		Ala Norte	
RECINTO	# Circuitos	RECINTO	# Circuitos
O1 a O14	14	O1 a O13	13
Sec. 1, Sec 2	2	Sec. 1 a Sec. 5	5
Modulos 1-5	6	Modulos 1-5	6
Sala de Trabajo	3	Sala de Espera	1
Sala de Espera	1	Sala de Juntas	2
Sala de Juntas	2	Pasillo5	1
Pasillo1	1	Pasillo6	1
Pasillo2	1	Pasillo7	1
Pasillo3	1	Pasillo8	1
Pasillo4	1	Pasillo9	1
Total Circuitos	32	Total Circuitos	32

Tabla 4.9 Número de actuadores	
Cada actuador cuenta con tres canales:	Número de Actuadores: 64/3
Total de circuitos: 64	22 Actuadores

A continuación se muestra la relación de cada circuito de iluminación con su respectivo recinto, así como la asignación de nombre al circuito y al actuador para su posterior identificación.

Tabla 4.10 Ala sur				
Recinto	Número de Circuito	Nombre Luminaria	Actuador	Canal
Oficina 1	1	LO1_C1	A1	1
Oficina 2	2	LO2_C2		2
Oficina 3	3	LO3_C3		3
Oficina 4	4	LO4_C4	A2	1
Oficina 5	5	LO5_C5		2
Oficina 6	6	LO6_C6		3
Oficina 7	7	LO7_C7	A3	1
Oficina 8	8	LO8_C8		2
Oficina 9	9	LO9_C9		3
Oficina 10	10	LO10_C10	A4	1
Oficina 11	11	LO11_C11		2
Oficina 12	12	LO12_C12		3
Oficina 13	13	LO13_C13	A5	1
Oficina 14	14	LO14_C14		2
Sec. 1	15	LS1_C15		3
Sec. 2	16	LS1_C16	A6	1
Módulos 1-5	17	M_C17		2
	18	M_C18		3
	19	M_C19	A7	1
	20	M_C20		2
	21	M_C21		3
	22	M_C22	A8	1
Sala de Trabajo	23	ST_C23		2
	24	ST_C24		3
	25	ST_C25	A9	1
Sala de Espera	26	SE_C26		2
Sala de Juntas	27	SJ_C27		3
	28	SJ_C28	A10	1
Pasillo1	29	P1_C29		2
Pasillo2	30	P2_C30		3
Pasillo3	31	P3_C31	A11	1
Pasillo4	32	P4_C32		2

Tabla 4.11 Ala norte				
Recinto	Número de Circuito	Nombre Luminaria	Actuador	Canal
Oficina 1	1	LO1_C1	A1	1
Oficina 2	2	LO2_C2		2
Oficina 3	3	LO3_C3		3
Oficina 4	4	LO4_C4	A2	1
Oficina 5	5	LO5_C5		2
Oficina 6	6	LO6_C6		3

Oficina 7	7	LO7_C7	A3	1
Oficina 8	8	LO8_C8		2
Oficina 9	9	LO9_C9		3
Oficina 10	10	LO10_C10	A4	1
Oficina 11	11	LO11_C11		2
Oficina 12	12	LO12_C12		3
Oficina 13	13	LO13_C13	A5	1
Sec. 1	14	LS1_C14		2
Sec. 2	15	LS1_C15		3
Sec. 3	16	LS1_C16	A6	1
Sec. 4	17	LS1_C17		2
Sec. 5	18	LS1_C18		3
Módulos 2-7	19	M_C19	A7	1
	20	M_C20		2
	21	M_C21		3
	22	M_C22	A8	1
	23	M_C23		2
	24	M_C24		3
Sala de Juntas	25	SJ_C25	A9	1
	26	SJ_C26		2
Sala de Espera	27	SE_C27		3
Pasillo5	28	P5_C28	A10	1
Pasillo6	29	P6_C29		2
Pasillo7	30	P7_C30		3
Pasillo8	31	P8_C31	A11	1
Pasillo9	32	P9_C32		2

5.3.4 Iluminación en pasillos

La iluminación en pasillos deberá controlarse por medio de detectores de movimiento. Los pasillos periféricos tienen como mínimo 20 metros de largo, cada sensor cubre un radio de 6 metros, como se utilizarán sensores de 180°, cada sensor cubrirá un área mínima de 12 metros es por ello que en cada pasillo periférico se utilizarán 2 sensores. En los pasillos interiores con 1 sensor es suficiente porque son de menor tamaño y se alcanza a cubrir todo el ambiente

Existen diversos fabricantes que pueden proveer los dispositivos de control que se necesitan. Se seleccionaran del catalogo de *JUNG Electroibérica*.

5.3.5 Selección de actuador de luminosidad, diagrama de bloques y funcionamiento

Uno de los requerimientos del sistema es que las luces puedan ser atenuadas, como se seleccionó una lámpara fluorescente dimmeable, el actuador indicado para controlar las fuentes luminosas deberá ser un actuador regulador de fluorescencia.

Actuador de luminosidad: Regulador fluorescencia 1 – 10 V 2193 REG 3 canales, mostrado en la Figura 4.10.



Figura 4.10. Actuador. [15]

El montaje de éste actuador es sobre carril DIN, el dispositivo cuenta con tres canales, los cuales tienen una capacidad aproximada de 400 [W] conectándolo a la red de 120 VAC.

El usuario presiona el sensor pulsador y la duración de accionamiento de la tecla definirá si se activa la función de conmutación o regulación. Durante el periodo de regulación el acoplador al bus aumenta o disminuye el valor digital de luminosidad. Éste valor se pasa continuamente al registro de desplazamiento en la unidad de aplicación para ser procesada por el convertidor digital – analógico y la tensión obtenida se transmite a las salidas a relevador.

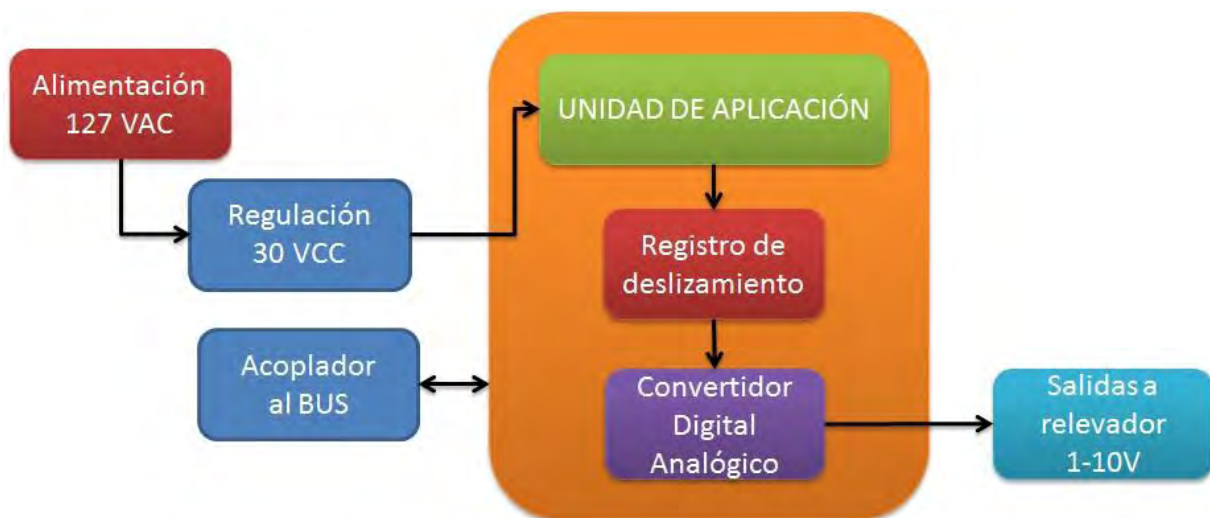


Figura 4.11. Diagrama de bloques regulador de luminosidad.

5.3.6 Selección del sensor pulsador, diagrama de bloques y funcionamiento

El sensor seleccionado para la aplicación es un pulsador con acoplador al bus de una tecla. Tiene funciones de conmutación (encender, apagar), regulación, y transmisión de valor, es decir al pulsar la tecla se envía un valor de iluminación de 0% a 100%, ajustada por el usuario.

Sensor pulsador de 1 fase: Pulsador con acoplador 1 fase 2071.02, como se muestra en la Figura 4.12.



Figura 4.12. Sensor. [15]

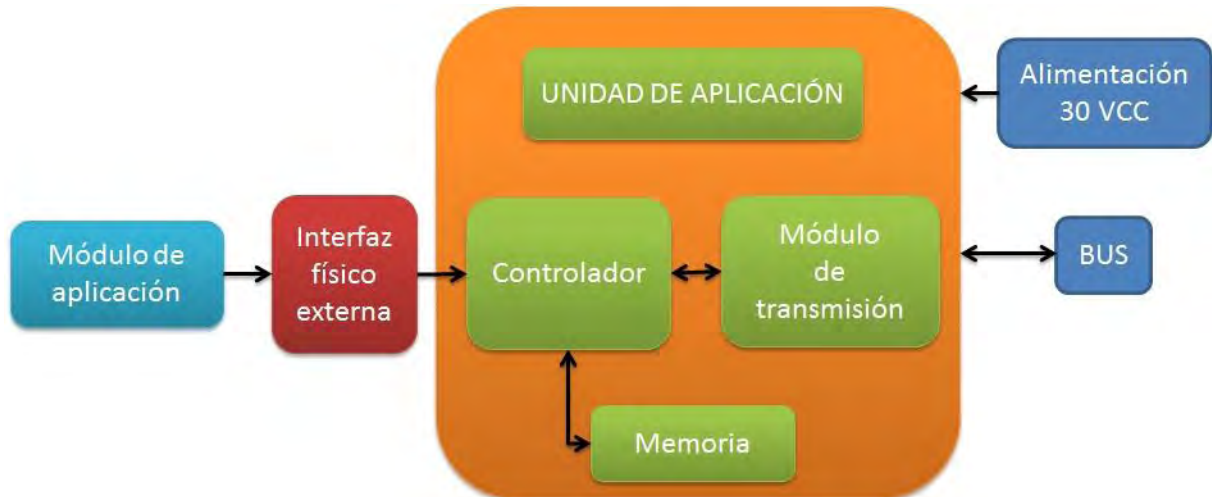


Figura 4.13. Diagrama de bloques del pulsador.

El tiempo que el usuario presiona el módulo de aplicación será el factor para que el controlado defina si enviar un telegrama de conmutación o de regulación al bus.

La interfaz física externa es el acoplador que permite la comunicación entre el pulsador convencional (módulo de aplicación) y el controlador.

El módulo de transmisión dependerá del tipo de medio físico que se emplee, en este caso par trenzado IP.

5.3.7 Selección del detector de movimiento diagrama de bloques y funcionamiento.

Se elige un detector de movimiento de 180° y cual tiene una altura de montaje de 2.2 metros.

Sensor: Detector de movimiento de 180° UNIVERSAL 3280-1A, mostrado en la figura 4.14.



Figura 4.14. Detector de movimiento. [15]

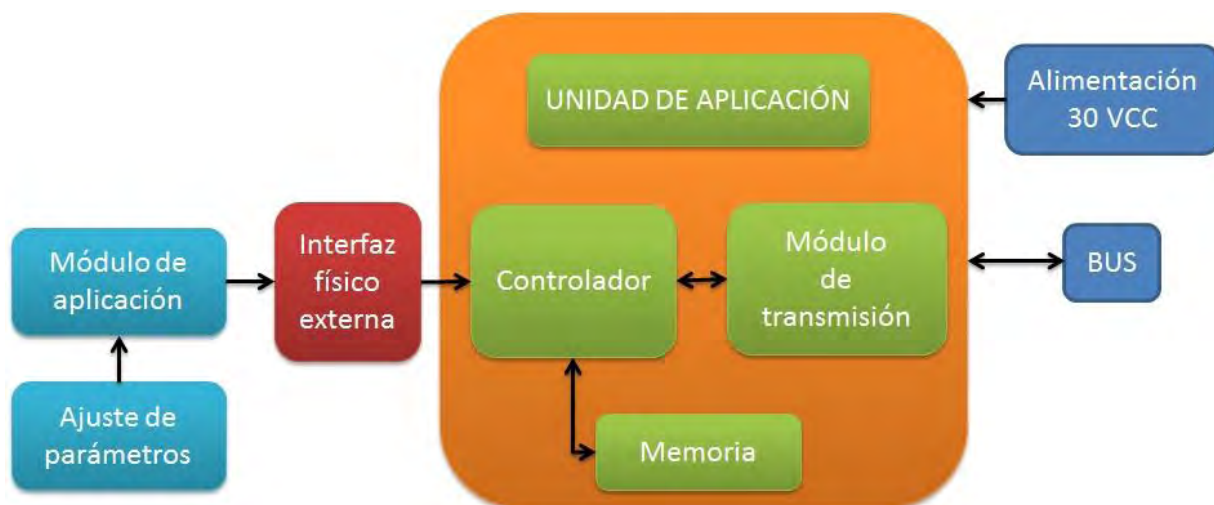


Figura 4.15. Diagrama de bloques del detector de movimiento.

Este detector responde cuando detecta movimientos de calor producidos por las personas y puede enviar información de accionamiento, valor luminoso o de escena predefinida. Dicha información es procesada y enviada a través del módulo de transmisión al bus con los datos de escritura correspondientes a cada función. Es posible ajustar los parámetros de iluminación respecto a los niveles ambientes de luminosidad.

5.3.8 Asignación de direcciones físicas

Como paso siguiente debe hacerse la asignación de direcciones físicas tanto para actuadores como para sensores; para ello deberá programarse, en cada elemento, para su identificación unívoca en la instalación. Como cada circuito de iluminación será controlado por un sensor pulsador de 1 fase, se asigna el mismo nombre de las luminarias a su sensor correspondiente.

Tabla 4.12 Direcciones Físicas: Ala sur			
Sensor	Dirección Física	Actuador	Dirección Física
LO1_C1	1.1.12	A1	1.1.1
LO2_C2	1.1.13		
LO3_C3	1.1.14		
LO4_C4	1.1.15	A2	1.1.2
LO5_C5	1.1.16		
LO6_C6	1.1.17		
LO7_C7	1.1.18	A3	1.1.3
LO8_C8	1.1.19		
LO9_C9	1.1.20		
LO10_C10	1.1.21	A4	1.1.4
LO11_C11	1.1.22		
LO12_C12	1.1.23		
LO13_C13	1.1.24	A5	1.1.5
LO14_C14	1.1.25		
LS1_C15	1.1.26		

Tabla 4.13 Direcciones Físicas: Ala norte			
Sensor	Dirección Física	Actuador	Dirección Física
LO1_C1	2.1.12	A1	2.1.1
LO2_C2	2.1.13		
LO3_C3	2.1.14		
LO4_C4	2.1.15	A2	2.1.2
LO5_C5	2.1.16		
LO6_C6	2.1.17		
LO7_C7	2.1.18	A3	2.1.3
LO8_C8	2.1.19		
LO9_C9	2.1.20		
LO10_C10	2.1.21	A4	2.1.4
LO11_C11	2.1.22		
LO12_C12	2.1.23		
LO13_C13	2.1.24	A5	2.1.5
LS1_C14	2.1.25		
LS1_C15	2.1.26		

LS1_C16	1.1.27	A6	1.1.6	LS1_C16	2.1.27	A6	2.1.6
M_C17	1.1.28			LS1_C17	2.1.28		
M_C18	1.1.29			LS1_C18	2.1.29		
M_C19	1.1.30	A7	1.1.7	M_C19	2.1.30	A7	2.1.7
M_C20	1.1.31			M_C20	2.1.31		
M_C21	1.1.32			M_C21	2.1.32		
M_C22	1.1.33	A8	1.1.8	M_C22	2.1.33	A8	2.1.8
ST_C23	1.1.34			M_C23	2.1.34		
ST_C24	1.1.35			M_C24	2.1.35		
ST_C25	1.1.36	A9	1.1.9	SJ_C25	2.1.36	A9	2.1.9
SE_C26	1.1.37			SJ_C26	2.1.37		
SJ_C27	1.1.38			SE_C27	2.1.38		
SJ_C28	1.1.39	A10	1.1.10	P5_C28	2.1.39	A10	2.1.10
P1_C29	1.1.40			P6_C29	2.1.40		
P2_C30	1.1.41			P7_C30	2.1.41		
P3_C31	1.1.42	A11	1.1.11	P8_C31	2.1.42	A11	2.1.11
P4_C32	1.1.43			P9_C32	2.1.43		
SPP1_01	1.1.44			SPP5_01	2.1.44		
SPP1_02	1.1.45	A10	1.1.10	SPP5_02	2.1.45	A10	2.1.10
SPP2_01	1.1.46			SPP6_01	2.1.46		
SPP2_02	1.1.47			SPP6_02	2.1.47		
SPP3_01	1.1.48	A11	1.1.11	SPP7_01	2.1.48	A11	2.1.11
SPP3_02	1.1.49			SPP7_02	2.1.49		
SPP4_01	1.1.50			SPP8_01	2.1.50		
				SPP9_01	2.1.51		

Los actuadores para pasillos escuchan órdenes tanto de los pulsadores como de los detectores (ver Figura 4.6).

De igual manera puede observarse que cada dirección física está formada por tres dígitos, el primero correspondiente al número de área en la que se trabaja, el segundo muestra el número de línea y el tercero corresponde al actuador utilizado.

5.3.9 Asignación de direcciones de grupo

La creación de números de grupo se muestra en la siguiente tabla. Dichas direcciones permitirán que los sensores del sistema puedan comunicarse con su respectivo actuador. Se elige utilizar una estructura de grupo de tres niveles correspondientes con el piso, ala y oficina.

Tabla 4.14 Direcciones de grupo Ala sur						
	Digito 1	Digito 2	Dígito 3			Grupo
Torre Ing.						
	PISO 1					
		ALA SUR				
			Oficina 1			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/1
					REGULACIÓN	0/0/2
			Oficina 2			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/3
					REGULACIÓN	0/0/4
			Oficina 3			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/5
					REGULACIÓN	0/0/6
			Oficina 4			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/7
					REGULACIÓN	0/0/8
			Oficina 5			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/9
					REGULACIÓN	0/0/10
			Oficina 6			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/11
					REGULACIÓN	0/0/12
			Oficina 7			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/13
					REGULACIÓN	0/0/14
			Oficina 8			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/15
					REGULACIÓN	0/0/16
			Oficina 9			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/17

					REGULACIÓN	0/0/18
			Oficina 10			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/19
					REGULACIÓN	0/0/20
			Oficina 11			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/21
					REGULACIÓN	0/0/22
			Oficina 12			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/23
					REGULACIÓN	0/0/24
			Oficina 13			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/25
					REGULACIÓN	0/0/26
			Oficina 14			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/27
					REGULACIÓN	0/0/28
			Sec. 1			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/29
					REGULACIÓN	0/0/30
			Sec. 2			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/31
					REGULACIÓN	0/0/32
			Módulos 1-5 A			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/33
					REGULACIÓN	0/0/34
			Módulos 1-5 B			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/35
					REGULACIÓN	0/0/36
			Módulos 1-5 C			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/37
					REGULACIÓN	0/0/38
			Módulos 1-5 D			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/39
					REGULACIÓN	0/0/40

			Módulos 1-5 E			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/41
					REGULACIÓN	0/0/42
			Módulos 1-5 F			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/43
					REGULACIÓN	0/0/44
			Sala de Trabajo A			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/45
					REGULACIÓN	0/0/46
			Sala de Trabajo B			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/47
					REGULACIÓN	0/0/48
			Sala de Trabajo C			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/49
					REGULACIÓN	0/0/50
			Sala de Espera			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/51
					REGULACIÓN	0/0/52
			Sala de Juntas A			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/53
					REGULACIÓN	0/0/54
			Sala de Juntas B			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/55
					REGULACIÓN	0/0/56
			Pasillo1			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/57
					REGULACIÓN	0/0/58
			Pasillo2			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/59
					REGULACIÓN	0/0/60
			Pasillo3			

				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/61
					REGULACIÓN	0/0/62
			Pasillo4			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/0/63
					REGULACIÓN	0/0/64

Tabla 4.15 Direcciones de grupo Ala norte

	Digito 1	Digito 2	Dígito 3			Grupo
Torre Ing.						
	PISO 1					
		ALA NORT E				
			Oficina 1			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/0
					REGULACIÓN	0/1/1
			Oficina 2			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/2
					REGULACIÓN	0/1/3
			Oficina 3			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/4
					REGULACIÓN	0/1/5
			Oficina 4			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/6
					REGULACIÓN	0/1/7
			Oficina 5			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/8
					REGULACIÓN	0/1/9
			Oficina 6			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/10
					REGULACIÓN	0/1/11
			Oficina 7			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/12
					REGULACIÓN	0/1/13
			Oficina 8			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/14
					REGULACIÓN	0/1/15

			Oficina 9			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/16
					REGULACIÓN	0/1/17
			Oficina 10			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/18
					REGULACIÓN	0/1/19
			Oficina 11			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/20
					REGULACIÓN	0/1/21
			Oficina 12			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/22
					REGULACIÓN	0/1/23
			Oficina 13			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/24
					REGULACIÓN	0/1/25
			Sec. 1			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/26
					REGULACIÓN	0/1/27
			Sec. 2			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/28
					REGULACIÓN	0/1/29
			Sec. 3			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/30
					REGULACIÓN	0/1/31
			Sec. 4			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/32
					REGULACIÓN	0/1/33
			Sec. 5			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/34
					REGULACIÓN	0/1/35
			Módulos 2-7 A			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/36
					REGULACIÓN	0/1/37
			Módulos 2-7 B			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/38

					REGULACIÓN	0/1/39
			Módulos 2-7 C			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/40
					REGULACIÓN	0/1/41
			Módulos 2-7 D			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/42
					REGULACIÓN	0/1/43
			Módulos 2-7 E			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/44
					REGULACIÓN	0/1/45
			Módulos 2-7 F			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/46
					REGULACIÓN	0/1/47
			Sala de Juntas A			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/48
					REGULACIÓN	0/1/49
			Sala de Juntas B			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/50
					REGULACIÓN	0/1/51
			Sala de Espera			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/52
					REGULACIÓN	0/1/53
			Pasillo5			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/54
					REGULACIÓN	0/1/55
			Pasillo6			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/56
					REGULACIÓN	0/1/57
			Pasillo7			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/58
					REGULACIÓN	0/1/59
			Pasillo8			

				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/60
					REGULACIÓN	0/1/61
			Pasillo9			
				ILUMINACIÓN		
					ACCIONAMIENTO	0/1/62
					REGULACIÓN	0/1/63





En las direcciones de grupo el primer dígito señala el número de piso en el que se trabaja, el segundo dígito señala el ala sur o el ala norte según corresponda, y el tercer dígito corresponde a la función interna del sistema de iluminación, ya sea accionamiento o regulación.


5.3.10 Número de componentes para la instalación

De la información recabada anteriormente se puede observar que se requieren:

- 22 Actuadores de luminosidad
- 64 Sensores de 1 fase
- 15 Detectores de movimiento
- 3 Fuentes de alimentación
- 2 Acopladores de línea
- 2 Acopladores de área

En la siguiente tabla se muestra el equipo de control requerido.

Tabla 4.16 Equipo de control requerido				
Producto	Descripción	Cantidad	Costo	
Actuadores de luminosidad	Regulador fluorescencia 1 – 10 V 2193 REG 3 canales 	22	\$ 6 545.16	\$ 143 993.52
Sensores de 2 fases	Sensor universal, 2 fases LS 5092 TSM 	64	\$ 2 700.00	\$ 172 800.00
Detector de movimiento	Detector de movimiento de 180° UNIVERSAL 3280-1 ^a 	15	\$ 2 517.84	\$ 37 767.60
Fuente de alimentación	2002 REG Fuente de alimentación 640 mA 	3	\$ 6 732.00	\$ 20 196.00

Acopladores de línea/área	2142 REG Acoplador de líneas/áreas 	4	\$ 7 029.18	\$ 28 116.72
			Total	\$ 402 873.84

5.3.11 Instalación

A continuación se muestra un ejemplo esquematizado de la instalación para el control de iluminación del piso 1 de la Torre de Ingeniería UNAM.



Figura 4.16. Instalación

5.4 COMPARACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL VS SISTEMA PROPUESTO

A continuación se comparan los sistemas en función de consumo energético, costo y aplicación final.

Para el rubro de consumo energético, se consideró la potencia consumida de los elementos de los sistemas tales como: fuentes de alimentación, acopladores, pulsadores, sensores, luminarias. Se hizo la suma de la potencia consumida total y se consideró un factor de utilización del 60 %, obteniendo así el consumo energético total para ambos sistemas.

Dentro del costo del sistema, se tomaron los costos obtenidos en el capítulo 5 para el sistema propuesto. Para el sistema actual se consideraron los costos aproximados de los elementos que se encuentran instalados.

Tabla 4.17 Sistema actual vs sistema propuesto					
Sistema actual			Sistema propuesto		
Consumo energético [W]	Costo [M.N]	Aplicación final	Consumo energético [W]	Costo [M.N]	Aplicación final
7703.04	\$ 603 640*	Alumbrado general	4648.194	\$ 613 263.24	Alumbrado general por secciones

Con base en los datos proporcionados se puede observar que el consumo energético del sistema propuesto es menor, debido a que se redujeron el número de luminarias. Se observa un ahorro del 65%. Tomando en cuenta que la iluminación, después de la climatización, es de los sistemas de mayor consumo energético, 20% y 75 % respectivamente del consumo total de una instalación, se observa un ahorro del 8% del consumo total de la instalación con el sistema propuesto, tal como se observa en las gráficas 1 y 2. Esta ventaja obedece a la decisión de utilizar un tipo de alumbrado general por secciones, reduciendo considerablemente el número de luminarias. Como ya se dijo el alumbrado general por secciones también trae consigo ventajas de confort para las personas que trabajan bajo este sistema de iluminación, ya que el nivel de iluminación propuesto para cada recinto es óptimo de acuerdo a la normatividad vigente. Por otra parte el alumbrado general que está instalado actualmente no proporciona el nivel adecuado en cada recinto, principalmente porque algunas de las luminarias son compartidas o están desfasadas ciertos metros del centro del recinto. De igual manera es una realidad que el costo del sistema propuesto es más elevado, debido a que *KNX* no es un sistema orientado a costos, sino a maximizar beneficios, pues al ser un sistema modular amplía la red domótica de iluminación, calefacción y otros sistemas a los siguientes pisos, sin necesidad de sustituir los equipos de control. En cuanto al sistema de control utilizado actualmente, se puede clasificar dentro de los sistemas propietarios, adquiriendo las ventajas y desventajas de los mismos.



Gráfica 1. Consumo energético



Gráfica 2. Ahorro energético en iluminación

CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

- En los inicios de la domótica e inmótica, el acceso a este tipo de tecnologías para la mayoría de la población era muy escaso y es por ello que actualmente se tiene la idea que la gestión de automatización de viviendas y edificios suelen ser instalaciones bastante costosas. Sin embargo se observa que con el paso de los años se han desarrollado diferentes soluciones para el control de residencias, las cuales cumplen con diferentes especificaciones y requerimientos de acuerdo con las necesidades del proyecto, es por ello que hoy en día existen soluciones que cubren una gran parte del mercado.
- Uno de los aspectos que se gestionan con esta rama de la ingeniería es para personas con capacidades diferentes, sin embargo es un sector que se ha explotado muy poco y existen muy pocas soluciones que permitan a estas personas tener una mejor calidad de vida. Es de gran importancia que hoy en día, al realizar el diseño de una instalación domótica o inmótica se deberán enfatizar los aspectos de diseño para las personas con capacidades diferentes.
- La implementación de éste tipo de instalaciones en México aún no es amplia, la mayor parte de esta tecnología utilizada es de importación, lo cual nos sugiere que existe un campo clave aun sin desarrollar y explorar, y es así como la domótica puede surgir como nuevo mercado en nuestro país.
- Aunque la tendencia sea que los protocolos cerrados desaparecerán, lo anteriormente estudiado dicta que tanto protocolos abiertos como cerrados pueden ser piezas claves para el cumplimiento específico de las necesidades de los clientes, ya que se pueden requerir características de cada uno de los sistemas.
- En el desarrollo de este tipo de sistemas, se deben evaluar los protocolos disponibles y seleccionar el que mejor cubra con nuestros requerimientos. De ninguna forma debe uno ligarse a un solo protocolo, esto originaría limitaciones y poca flexibilidad.
- Se utilizó un alumbrado general por secciones y con ello se redujo un gran número de luminarias; como trabajo posterior, se puede recalcular la cantidad de luminarias pero ahora implementando un alumbrado mixto, es decir, general por secciones y localizado. Se sugiere el alumbrado localizado para la zona de becarios. Considerando lo anterior pudiera reducirse aún más el número de luminarias.
- Lo que dicta la tecnología, es el crecimiento de la implantación de iluminación LED para oficinas. Actualmente ésta tecnología se encuentra mayormente implantada para residencias y hotelería, en dónde la creación de escenas ambientales es fundamental. Puede considerarse como trabajo a futuro la utilización de leds en este proyecto.
- El diseño del sistema de control de iluminación está pensado para ampliar la red domótica (calefacción, refrigeración, seguridad, etc.) a los siguientes pisos de la Torre de Ingeniería, y posteriormente a los edificios que conforman el Instituto de Ingeniería, sin necesidad de hacer modificaciones en la instalación actual.
- El sistema propuesto permitirá posteriormente al usuario reprogramar su control de accionamiento de luminarias, para establecer la escena de iluminación con la que se sienta más

cómodo. De igual forma puede reemplazarlo para poder accionar vía inalámbrica sus luminarias.

- Como bien se sabe el proceso de diseño es de suma importancia ya que en esta parte se seleccionan los dispositivos y se ven reflejados los costos que el proyecto implica. Ésta parte es fundamental para el éxito del proyecto.
- Finalmente es importante destacar que el 20% de la energía consumida, es ocasionada por la iluminación; éste tipo de sistemas impactan directamente en el ahorro energético y en el medio ambiente, ocasionando que los costos de instalación se vean recuperados en el mediano plazo.

BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA

- [1] Romero Morales, Cristóbal, Vázquez Serrano, Francisco, Castro Lozano, Carlos, *Domótica e Inmótica Viviendas y Edificios Inteligentes*, 2ª edición, México D.F., Alfaomega
- [2] Huidobro, José Manuel, *Domótica : edificios inteligentes*, Creaciones Copyright, 2004
- [3] Chapa Carreón, Jorge, *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría*, primera edición, México D.F., LIMUSA
- [4] DiLouie, Craig, *Advanced Lighting Controls*, edited by Craig DiLouie, EUA
- [5] Kaufman, John E., Christensen, Jack F., *Ies lighting handbook*, Illuminating Engineering Society.
- [6] Pedro Gonzalez, Óscar, *Ergonomía 4 El trabajo en oficinas*, Barcelona España, Edicions UPC, 2001
- [7] *Técnica de Proyectos en instalaciones con EIB Aplicaciones*, primera edición, Bruselas Bélgica, European Installation Bus Association sc (EIB).
- [8] *Técnica de Proyectos en instalaciones con EIB Principios Básicos*, cuarta edición, Bruselas Bélgica, European Installation Bus Association sc (EIB).
- [9] *Diseño de un sistema domótico de altas prestaciones destinado a viviendas residenciales – Anexos*. Referencia a artículo en página web, consultada en abril 2014. URL: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/2859/2/42654-2.pdf>
- [10] Laszlo, Carlos, *Manual de Luminotecnia para interiores*. Referencia a artículo en página web, consultada en marzo 2014. URL: www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF
- [11] Instituto Tecnológico de Puebla. *NIVELES MEDIOS DE ILUMINACIÓN AL PLANO DE TRABAJO RECOMENDADOS PARA LA REPÚBLICA MEXICANA*. Referencia a artículo en página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://apuntescientificos.org/PDF/NIVELES%20DE%20ILUMINACION%20EN%20MEXICO.pdf>
- [12] Cuevas, Juan, Martínez, Jesús, Merino, Pedro. *El Protocolo x10: Una solución Antigua a Problemas actuales*. Universidad de Málaga, España. Referencia a artículo en página web, consultada en octubre 2013. URL: http://www.lcc.uma.es/~pedro/publications/566_art.pdf
- [13] *Documentación KNX*. Referencia página web, consultada en abril 2014. URL: <http://www.knx.org/knx-en/index.php>
- [14] *Philips Lighting México Catálogo General de Lámparas 2010 / 2011*. Referencia a catálogo en página web, consultada en marzo 2014. URL: http://www.lighting.philips.com.mx/connect/tools_literature/index.wpd

- [15] *Catálogo JUNG Electro Ibérica*. Referencia a catálogo en página web, consultada en abril 2014. URL: <http://www.jungiberica.es/productos.asp>
- [16] *ECHELON Lonworks*. Referencia a página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://www.echelon.com/technology/lonworks/>
- [17] *LONWORK*. Referencia a página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://odisea.ii.uam.es/esp/recursos/Lonwork.htm>
- [18] *Casadomo, SCP*. Referencia a página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://www.casadomo.com/noticias/scp>
- [19] *Compendio de normas oficiales mexicanas, NOM-025-STPS-1999*. Referencia a página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/stps/stps025.pdf>
- [20] *Manual de procedimientos para la ingeniería de iluminación de interiores y áreas deportivas*. Referencia a página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://www.slideshare.net/romonce/manual-de-procedimientos-para-la-ingenieria-de-iluminacion-de-interiores-y-areas-deportivas>
- [21] *Curso on-line de iluminación*. Referencia a página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/index2.php>
- [22] *Fuentes luminosas*. Referencia a página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>
- [23] *Edificio inmótico*. Referencia a imagen en página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://pableinsmg.files.wordpress.com/2010/03/sistema-de-edificio-inteligente-multifuncion-147238.jpg>
- [24] *Control Distribuido*. SEAS Estudios Superiores Abiertos. Referencia a imagen en página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://www.seas.es/blog/wp-content/uploads/2014/01/Qu%C3%A9-es-KNX.jpg>
- [25] *Control distribuido Jung*. Referencia a imagen en página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://www.domonetio.com/sites/default/files/users/jomorlo/Imagen%209.png>
- [26] *Figura 1.4*. Referencia a imágenes de esquema en página web, consultada en febrero 2014. URL: <http://www.valmeingenieros.com/wp-content/uploads/2013/10/domotic-1024x699.jpg>
<http://1.bp.blogspot.com/-fZ8heEsPYIo/TfZtgose2AI/AAAAAAAAAPhY/5wmS5Brb5aI/s1600/ahorro%20Benergetico.jpg>
http://ad010cdnd.archdaily.net/wp-content/uploads/2013/03/1364259850_saint_gobain_glass_cool_lite_comfort_1-1000x750.jpg
http://www.trecebits.com/wp-content/uploads/2013/12/seguridad_informatica.jpg
<http://us.123rf.com/450wm/semisatch/semisatch1201/semisatch120100079/12053209-contexte-mondial-des-entreprises-avec-des-moniteurs--it-notion.jpg>
http://img.wallpaperstock.net:81/entertainment-lounge-wallpapers_28484_1280x800.jpg
http://www.casadomo.com/images/casadomo/articles/content/discapitados_silla_puerta.jpg

- [27] *Vida nominal y depreciación luminosa para distintos tipos de lámparas*. Referencia a tabla en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>
- [28] *Lámparas incandescentes*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Gluehlampe_01_KMJ.jpg
- [29] *Lámparas incandescentes halogenadas*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://www.programacasasegura.org/ar/wp-content/uploads/2013/08/2s61tnn.jpg>
- [30] *Lámparas dicroicas*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/199806/mod_resource/content/0/contenidos/009/luminotecnica/image012.png
- [31] *Lámparas fluorescentes*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://www.floresalud.com/tienda/images/tubos-uv.jpg>
- [32] *Lámparas fluorescentes compactas*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://www.tecnocem.com/imagen/luces-fluorescentes/bombillas-fluorescentes.jpg>
- [33] *Lámparas de inducción*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://iluminet.com/press/wp-content/uploads/2012/07/Foto-1.jpg>
- [34] *Lámparas de mercurio de alta presión*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: http://u.madeinasia.com/img/catalog/201001/1262356953_2217.jpg
- [35] *Lámparas de sodio de baja presión*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://iluminaconeficiencia.files.wordpress.com/2012/06/sodio-baja-presion.jpg?w=286&h=76>
- [36] *Lámparas de sodio de alta presión*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://iluminaconeficiencia.files.wordpress.com/2012/06/vapor-sodio-ap.jpg?w=235&h=235>
- [37] *Lámparas de sodio de haluros metálicos*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: http://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2011/07/metallica_havells.jpg
- [38] *Lámpara de luz mixta*. Referencia a imagen en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://www.iluminacionespauzaperu.com/ARTICULOS%20POR%20CATEGORIAS/LAMPARAS%20DE%20DESCARGA/slides/LAMPARA%20DE%20LUZ%20MIXTA.JPG>
- [39] *Protocolo LonWorks*. Referencia a imagen en página web, consultada en noviembre 2013. URL: http://www.domoticaviva.com/noticias/nueva/Domotica_Viva.jpg
- [40] *Protocolo BACnet*. Referencia a imagen en página web, consultada en noviembre 2013. URL: <http://www.scadaengine.com/Images/Displays.gif>
- [41] *Alumbrado general*. Referencia a imagen en página web, consultada en abril 2014. URL: <http://edison.upc.es/curs/llum/interior/graficos/iluint07.gif>

- [42] Alturas de un local. Referencia a imagen en página web, consultada en abril 2014. URL: http://4.bp.blogspot.com/-93z5e_9W7tk/Tasj7FDxwEI/AAAAAAAAAWQ/r69rnfGfP1M/s1600/Imagen1.gif
- [43] *Características de fuentes luminosas*. Referencia a tabla en página web, consultada en marzo 2014. URL: <http://image.slidesharecdn.com/manualdeprocedimientosparalaingenieriadeluminaciondeinterioresyareasdeportivas-121228115332-phpapp01/95/slide-86-638.jpg?cb=1356717663>
- [44] *Arquitectura descentralizada*. Referencia a imagen en página web, consultada en abril 2014. URL: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>
- [45] *Topología – conexión líneas/áreas*. Referencia a imagen en página web, consultada en abril 2014. URL: <http://www.comfortclick.com/mediawiki/index.php?title=File:T2.PNG>

ANEXOS

ANEXO 1: Terminología y unidades.

Flujo luminoso: Se define como la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz por unidad de tiempo, en todas las direcciones.

Se representa por la letra griega Φ y su unidad es el lumen (lm).

Su expresión viene dada por:

$$\phi_L = \frac{dQ_L}{dt} \quad (\text{lm})$$

donde:

ϕ_L = Flujo luminoso [lm].

dQ_L/dt = Cantidad de energía luminosa radiada por unidad de tiempo.

Intensidad luminosa: Se define como la relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente de luz en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa misma dirección, medido en estereorradianes (sr).

Siendo éste el ángulo formado entre el centro de una esfera de radio unitario y una porción de superficie de una unidad cuadrada de dicha esfera.

$$I = \frac{\phi_L}{\omega} \quad (\text{cd}) \quad \omega = \frac{S}{r^2}$$

dónde:

I = Intensidad luminosa (cd).

ϕ_L = Flujo luminoso (lm).

ω = Ángulo sólido (sr).

r = Radio de proyección (m)

Nivel de iluminación: Los niveles de iluminación se definen como la relación entre el flujo luminoso y el área de superficie a la cual incide dicho flujo.

Se simboliza con la letra E y su unidad es el lux.

Por lo tanto, su expresión queda así:

$$E = \frac{\phi_L}{S}$$

dónde:

E = Iluminancia [lux].

ϕ_L = Flujo luminoso [lm].

S = Superficie [m²].

Luminancia: La luminancia se define como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie proyectada verticalmente a la dirección de irradiación. .

Dicha superficie es igual al producto de la superficie real iluminada por el coseno del ángulo (β) que forma la dirección de la intensidad luminosa y su normal.

Su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m^2), y su expresión correspondiente es:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos(\beta)} \quad (\text{cd} / \text{m}^2)$$

dónde:

L = Luminancia [cd/m^2]

I = Intensidad luminosa [cd]

S = Superficie [m^2]

Eficiencia: Indica el flujo luminoso que emite una fuente de luz por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

Se representa por la letra griega ε y su unidad es el lúmen/vatio (lm/W).

La expresión de la eficacia luminosa viene dada por:

$$\varepsilon = \frac{\phi_L}{P} \quad (\text{lm} / \text{W})$$

dónde:

ε = Eficacia luminosa.

P = Potencia activa (W)

Reflectancia: La reflectancia se expresa en porcentaje y mide la cantidad de luz reflejada por una superficie. Para conseguir la mejor eficacia, tanto para la incidencia de la luz del día como para la eléctrica, la reflectancia de la luz del techo debe ser elevada.

Temperatura de color: La temperatura de color de una fuente lumínica es medida por su apariencia cromática y está basada en el principio según el cual, todos los objetos cuando aumentan su temperatura, emiten luz.

El color de esa luz cambia dependiendo del incremento de la temperatura, expresada en grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

Lumen: Es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

Refracción: Se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes según la ley de la refracción. Esto se debe a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente.

Reflexión: Es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes (ya sean gases como la atmósfera, líquidos como el agua o sólidos) y está regida por la ley de la reflexión.

ANEXO 2: Aplicaciones principales para cada tipo de lámpara.

	Incand. Estándar	Incand. Halóg.	Fluoresc. Estándar	Fluoresc. Compacta	Mercurio alta presión	Haluros metálicos	Sodio alta presión	Sodio baja presión	Luz Mixta
Alumbrado oficinas									
Alumbrado tiendas (gral)									
Alumbrado tiendas (expo)									
Deportes (interiores)									
Industrial									
Autopistas									
Calles									
Zonas residenciales									
Zonas residenciales									
Doméstico (seguridad)									
Industrial (seguridad)									
Deportes (exteriores)									
Alumbrado de grandes áreas									
Túneles									
Alumbrado doméstico									

ANEXO 3: Planos.



ANEXO 4: Valores de reflectancias.

Color	Ref. %	Material	Ref. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

ANEXO 5: Temperatura de color.

Temperatura de Color	Kelvin	Efectos y Ambientes Asociados	Aplicaciones Recomendadas
Blanco Incandescente	2700K	Amistoso, íntimo, relajante, personal	Restaurantes, hoteles, cafés
Blanco Cálido	3000K	Amistoso, invitante, exclusivo	Recepciones, salones, boutiques
Blanco Neutro	3500K-4000K	Fresco, limpio, eficiente, productivo	Oficinas, salas de conferencia, escuelas, negocios, varios
Blanco Frío	5000K	Impersonal, dinámico, activo, movido	Escuelas, universidades, hospitales, consultorios, restaurantes de comidas rápidas, negocios abiertos las 24 horas
Blanco Luz de día	6500K		

ANEXO 6: Fichas técnicas de dispositivos utilizados.



Advantage T8

F32T8 ADV835 ALTO

Philips Advantage T8 lamps are an energy-efficient solution and offer high lumen output.

Product data

General Characteristics

Base	Medium Bi-Pin [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Base Information	Green Base
Bulb	T8
Energy Saving	Energy Saving
Rated Avg Life [12-Hr Prog St]	36000 hr
Rated Avg Life [12-Hr Inst St]	30000 hr
Rated Avg Life [3-Hr Prog St]	30000 hr
Rated Avg Life [3-Hr Inst St]	24000 hr

Light Technical Characteristics

Color Code	Advantage 835 [CCT of 3500K]
Color Rendering Index	85 Ra8
Color Designation	Advantage 835
Color Temperature	3500 K
Initial lumen	3100 Lm
Design Mean Lumens	3000 Lm

Electrical Characteristics

Watts	32 W
-------	------

Environmental Characteristics

Mercury (Hg) Content	1.7 mg
Picogram per Lumen Hour	24 p/LuHr

Product Dimensions

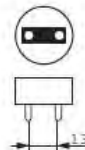
Nominal Length [inch]	48
-----------------------	----

Footnotes

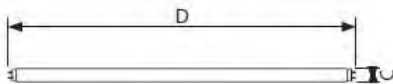
Footnotes Fluorescent/CFL	920 [Circle E The encircled E means this bulb meets Federal minimum efficiency standards.]
---------------------------	--

Product Data

Product number	780818
Full product name	F32T8 ADV835 ALTO
Short product name	F32T8/ADV835 ALTO 30PK
Pieces per Sku	1
eop_pck_cfg	30
Skus/Case	30
Bar code on pack	46677280819
Bar code on case	50046677280814
Logistics code(s)	927869783603
eop_net_weight_pp	0.001 kg



G13



F32T8 ADV835 ALTO

EYE-QL SERIES

**EYE-QL INDIRECT/DIRECT OR DIRECT
SUSPENDED/SURFACE FLUORESCENT LUMINAIRE
LINEAR PRISMATIC LENS
48" LENGTH, 2 LAMP T8
96" LENGTH, 2 LAMP T8 IN TANDEM**

- Ideal for schools, offices or stores.
- Direct/Indirect or direct.
- Prismatic DR acrylic lens.
- 45% downlight, 55% uplight.
- 84% efficient.
- 2.0 spacing to mounting ratio.
- Lens hinges from either side.
- Optional spread top lens.
- Cold rolled steel top reflector available for downlight only.
- Can be pendant or surface mounted.
- Can be stem or cable mounted at fixture joints.
- 20 gauge steel housing.
- 18 gauge steel fixture ends.
- 22 gauge perforated steel side reflectors with translucent white acrylic liner, available.
- Flat white acrylic baked enamel (post painted).
- Meets NYC Code requirements.



MOUNTING METHODS



Lens hinges from either side. Safety chain is standard.



1-3/4" x 2" FLUSH K.O. easy tear out for thru wiring.

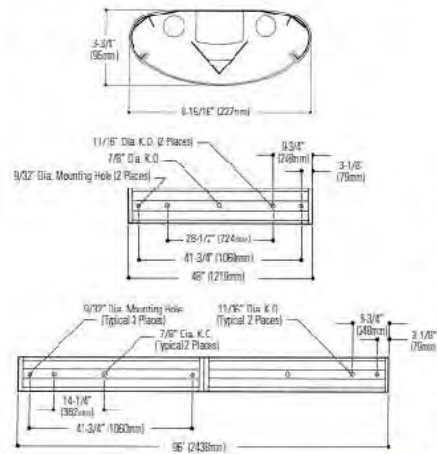


Slide Grip Hanger can be used at joint or along channel. (Can not be used with cold rolled steel top reflector)
Order Catalog Number
EY SLIDE GRIP.



Coupler required for continuous row mounting.
Order Catalog Number
EY COUPLER.

DIMENSIONS



FIXTURE TYPE	VOLTS
JOB INFORMATION:	

LIGHTOLLIER



Mark 10 Powerline

MARK 10 POWERLINE ELE DIMMING BALLAST (2)
F32T8 120V

For companies looking to make their fixed-output linear T8, 4-pin CFL, and T5/HO fluorescent systems more cost effective and sustainable, Mark 10 Powerline ballasts provide an easy solution without the need for additional control leads. Simply, (1) replace the ballast, (2) replace the switch, (3) dim the lights, that is all it takes. It's that easy to bring the convenience and flexibility of fluorescent dimming to conference rooms, private offices, auditoriums, architectural cove lighting – anywhere dimming is required.

Product data

General Characteristics

Lamp Type	F32T8
Number of Lamps	2 piece
Input Voltage	120 V
Input Current (Operating)	0.57 A
Line Frequency	60 Hz
Ballast Type	Dimmable Fluorescent
Base Model	REZ25325C
Housing	SC
Housing Dimensions	9.5" x 1.7" x 1.18"
Housing Material	Metal
Suitable for Outdoor use?	Yes
Starting Method	Programmed Start
Family Name	Mark 10 Powerline

Operating Characteristics

Automatic restart	Yes
Ignition time	1.5 s
Min. Input Watts	15 (min) W
Max. Input Watts	68 (max) W
Min. Ballast Factor	0.05 (min) -
Max. Ballast Factor	1 (max) -
Ballast Efficacy Factor	1.47 -
Power Factor	0.99
Lamp Current Crest Factor	1.6 -
Sound Rating	A
Max THD	10 %

Wiring Characteristics

Color input terminals	No terminals
Color output terminals	No terminals

Connector type	No connector
Wire Striplength	0.50/0.375 mm
Control Wire Gauge	NA
Lamp Connection	Series
Wire Gauge	18AWG
Wire Length by Color	See data sheet
Wire Type	Solid
Allowed Wiring Config(Remote)	Yes
Allowed Wiring Config(Tandem)	Yes
Allowed Wiring Config(Through)	Yes
Max Dist. Ball to Lamp(Remote)	6'
Max Dist. Ball to Lamp(Tandem)	Any = 6'
Max Dist. Ball to Lamp(Through)	Any = 6'

System Class on driver level

Rated Lamp Watts	32W
------------------	-----

Temperature Characteristics

T-case maximum	70 C
----------------	------

Product Dimensions

Length A1	9.5 in
Length A2	8.90 in
Width B1	1.7 in
Height C1	1.18 in

PHILIPS

Mark 10 Powerline

• Approval & Application Charts

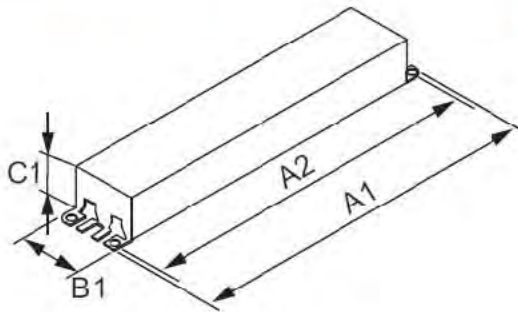
EMC Immunity	FCC Consumer
Approbation Marks	UL, CSA, NEMA Premium, RoHS
UL Listed	Yes
CSA certificate	Yes
CEC Listing	Yes
CEE Rated	Yes
Circle E logo	No
CSA E	Yes
cUL certificate	No
Energy Star	No
FIDE Certificate	No
NEMA Premium	Yes
NOM certificate	Yes
RoHS Compliant	Yes
SASO Certificate	No

UL Recognized No

• Product Data

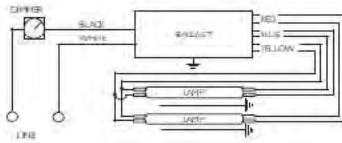
Product number	REZ2S325C35M
Full product name	ELE DIMMING BALLAST (2) F32T8 120V
Short product name	ELE DIMMING BALLAST (2) F32T8 120V
Pieces per Sku	1
Skus/Case	20
Bar code on pack	781087109892
Bar code on case	50781087109903
Logistics code(s)	913700501621
eop_net_weight_pp	0.413 kg

Dimensional drawing



MARK 10 POWERLINE ELE DIMMING BALLAST (2) F32T8 120V

Product	A1 (Nom)	A2 (Nom)	A3 (Nom)	B1 (Nom)	C1 (Nom)
ELE DIMMING BALLAST (2) F32T8 120V	9.5	6.90	-	1.7	1.18



**Regulador fluorescencia 1-10 V, ref. 2193 REG
3 canales,**

Familia de producto ETS: iluminación

Tipo de producto: reguladores de luminosidad

Encapsulado DIN 4 Módulos

En función de los telegramas recibidos a través del bus, este regulador es capaz de regular independientemente tres canales de fluorescencia, según el sistema de 1 - 10 V.

También dispone de un contacto a relé por cada canal, a través del cual se podrá cortar el suministro de tensión a las reactancias, quedando así totalmente desconectadas. Es la función de accionamiento. Los relés pueden ser también accionados manualmente en el propio actuador, a través de los selectores manuales de que va dotado.

La aplicación permite funciones tales como el reenvío de señal, bloqueo de los canales o bien configuración de escenas en el propio aparato, sin necesidad de teclado adicional.

4**Características técnicas:**

Alimentación de bus:	24 V DC (+6V / -4V) a través del BCU
Consumo:	típico 150 mW
Conexión al bus:	terminales de conexión EIB
Entradas	
Número:	3
Tensión de salida de control:	1 - 10 V
Corriente de salida de control:	máx. 100 mA
Tensión de salida de potencia:	230 V AC
Corriente de salida de potencia:	16 A
Protección:	IP 20
Temperatura de trabajo:	- 5 °C hasta +45 °C
Montaje:	En carril DIN

Instrucciones de servicio

Pulsador con acoplador, con mando en un punto, de 1 fase

Pulsador con acoplador, con fijación media, de 1 fase

Pulsador con acoplador, con mando en un punto, de 2 fases

Pulsador con acoplador, con fijación media, de 2 fases



1. Indicaciones de seguridad



¡Atención! La instalación y el montaje de aparatos eléctricos solamente debe efectuar un electricista formado.

Las líneas bajo tensión de red no pueden llevarse en o por la misma caja empotrada.

2. Información de sistema

El equipo presente es un producto del sistema instabus EIB y cumple las directivas de la EIBA (Asociación de Bus de Instalación Europeo). Para poder comprender el sistema se presuponen conocimientos especiales detallados adquiridos en medidas de capacitación instabus.

El funcionamiento del aparato depende del software. Consulte la base de datos de productos del fabricante para recibir información detallada de qué software puede cargarse y cuál será el funcionamiento que se puede lograr por tal software, así como para recibir el software mismo. La planificación, la instalación y la puesta en funcionamiento del aparato se llevan a cabo por medio de un software certificado por la EIBA.

3. Funcionamiento

Un pulsador con acoplador se usa para adaptar un programa de tapa convencional como posibilidad de mando en un sistema instabus EIB. En función de la versión pueden enchufarse teclas basculantes simples o dobles. Ambos tipos de tecla basculante son disponibles en versión con fijación media o con mando en un punto.

En la versión de fijación media, las teclas basculantes pueden activarse hacia arriba o hacia abajo (dos puntos de conmutación por tecla basculante), en la versión con mando en un punto, se puede activar la tecla solamente hacia abajo (un punto de conmutación por tecla basculante).

Las teclas basculantes se enchufan junto con el marco correspondiente en el pulsador con acoplador.

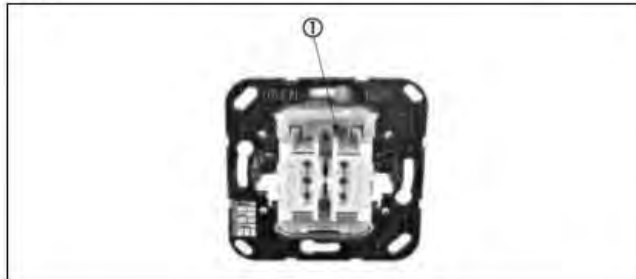
4. Montaje

La conexión del aparato al instabus EIB se efectúa en el lado posterior por un borne de conexión y derivación instabus.

Al montar el equipo en una caja empotrada o una caja sobre revoque de Ø de 60 mm, se ha de observar que se monta en la posición correcta la caja (observar la marca OBEN / TOP).

Para el montaje IP44 bajo revoque debe usarse una brida de obturación de pedido aparte (no. de art. 551 WU) y un marco IP 44 de la respectiva serie (posible en las series A500, CD500, LS990, aluminio, acero fino).

La asignación de la dirección física se efectúa pulsando el botón de programación (1). Se enciende el LED rojo en combinación con el botón de programación. Se apaga una vez recibida y aceptada la dirección física.



Nota: El modo de programación (LED encendido) no puede estar activado simultáneamente en varios de los equipos unidos por el bus.

5. Datos técnicos

Alimentación instabus EIB :	21 - 32 V DC
Potencia absorbida :	tip. 5 mA
Conexión instabus :	conexión instabus y borne de derivación
Temperatura ambiente :	-5 °C a +45 °C
Temp. de almacenamiento :	-25 °C a +70 °C
Humedad relativa :	5 % til 93 % (condensación no admisible)
Grado de protección :	IP 20 según EN 60529
WG800 :	IP 44
Clase de protección :	III según IEC 60536

6. Garantía

Damos garantía dentro del margen de los reglamentos legales.

Rogamos enviar el aparato franco de porte con una descripción del defecto a nuestra central de servicio postventa:

ALBRECHT JUNG GMBH & CO. KG

Service-Center
Kupferstr. 17-19
D-44532 Lünen

Service-Line: +49 (0) 23 55 . 80 65 51

Telefax: +49 (0) 23 55 . 80 61 89

E-Mail: mail.vki@jung.de

Técnica (en general)

Service-Line: +49 (0) 23 55 . 80 65 55

Telefax: +49 (0) 23 55 . 80 62 55

E-Mail: mail.vkm@jung.de

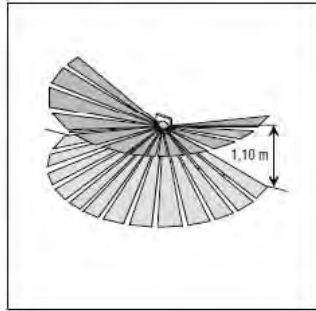
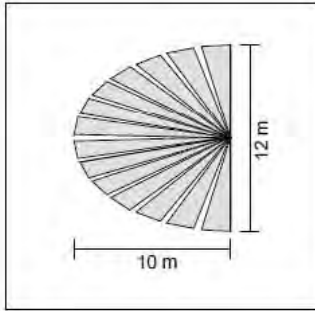
Técnica (KNX/EIB)

Service-Line: +49 (0) 23 55 . 80 65 56

Telefax: +49 (0) 23 55 . 80 62 55

E-Mail: mail.vkm@jung.de

1



2

	Ref.-No.
KNX PIR automatic switch 180°	
1.1 m, standard	
ETS-product family:	Physical sensors
Product type:	Movement
ranges CD 500/CD plus	
ivory	3180
white	CD 3180 WW
blue	CD 3180 BL
brown	CD 3180 BR
grey	CD 3180 GR
light grey	CD 3180 LG
red	CD 3180 RT
black	CD 3180 SW
ranges LS 990/LS plus/Stainless Steel/Aluminium/Anthracite/Gold/Chrome	
ivory	LS 3180
white	LS 3180 WW
light grey	LS 3180 LG
Metal versions	
stainless steel	ES 3180
aluminium	AL 3180
anthracite	AL 3180 AN
gold coloured	GO 3180
chrome	GCR 3180
ranges AS 500/A 500/A plus	
ivory	A 3180
white	A 3180 WW
aluminium	A 3180 AL

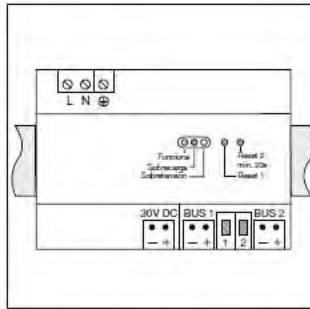
3

The KNX automatic switch is plugged onto a flush mounted bus coupling unit. It reacts to changes in temperature like people moving into the detection area. This causes switching commands to devices such as binary outputs to switch groups of lights. The automatic switch has a detection angle of 180° and an area of 10 x 12 m. This angle can be restricted to 90° with a slip-on screen. The device has to be mounted at a height of 1.1 m.

Software applications:

PIR single unit	A00101	Vers. 1
PIR master	A00201	Vers. 1
PIR extension	A00301	Vers. 1

1



2

**Fuente de alimentación 640 mA,
con filtro integrado**

Referencia

2002 REG

Familia de producto: ETS
Tipo de producto: Fuente de alimentación
Encapsulado DIN 7 Módulos

3

Descripción de sus funciones:

La fuente de alimentación de 640 mA proporciona una tensión estable para la alimentación del bus KNX. Puede alimentar un total de 64 componentes, suponiendo que el consumo medio sea de 10 mA por cada uno. La principal novedad que incorpora este modelo es la posibilidad de alimentar hasta 2 líneas de bus, siempre que no se supere la cantidad total de aparatos permitidos por la fuente. Esto es posible porque cuenta con dos salidas filtradas independientes, denominadas BUS 1 y BUS 2. También cuenta con una salida de 30 V DC sin filtrar, al igual que los anteriores modelos, mediante la cual se puede alimentar una línea de jerarquía superior, disponiendo de un filtro inductor y un conector de 4 fases montados convenientemente.

Esta fuente se conecta al bus mediante terminales de conexión, lo que elimina la necesidad de utilizar perfil de datos y conector, y está también protegida contra cortocircuitos y sobrecargas en el bus. Dispone además de un conmutador de Reset independiente para cada una de las salidas del bus. Este conmutador deberá estar accionado por lo menos durante 20 segundos para garantizar su función.

Esta fuente dispone de 5 LEDs que nos informan sobre el estado de la misma:

LED rojo: Cortocircuito en la línea de bus, o número excesivo de consumidores (sobrecarga)
LED verde: Funcionamiento normal
LED amarillo: Que indica que en el bus se registra una tensión superior a 31 V DC. En este caso, desconectar el bus inmediatamente, y eliminar la causa.
LED rojo: Al accionar el conmutador correspondiente los dispositivos de bus conectados a la línea quedan desactivados, y la línea bus en estado libre potencial (RESET)

La distancia mínima entre dos fuentes de alimentación es de 200 m.
La máxima separación entre un dispositivo de bus y la fuente es de 350 m.

4

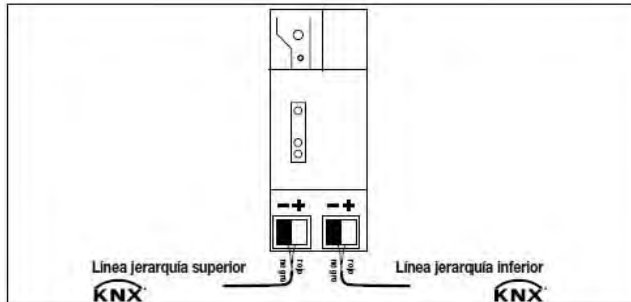
Características Técnicas:**Alimentación de entrada**

Tensión: desde 161 V hasta 264 V AC, 50 / 60 Hz
desde 176 V hasta 270 V DC
Pérdidas: < 5 W en condiciones normales.
Corte tensión: hasta 100 ms.
Conexión: con cable de hasta 2,5 mm²
Salidas filtradas
Cantidad: 2 (BUS 1 y BUS 2)
Tensión: entre 28 V DC y 31 V DC, SELV
Conexión: al bus KNX, mediante terminales de conexión

Salida no filtrada "30 V DC"

Tensión: entre 28 V DC y 31 V DC, SELV
Conexión: mediante terminales de conexión
Corriente total: 640 mA entre las tres salidas
Protección: IP 20
Homologado según: KNX
Temperatura ambiente: -5°C hasta +45°C
Temperatura transporte y almacenaje: -25°C hasta +75°C
Fijación: al carril DIN (No necesita perfil de datos)

1



2

	Referencia
Acoplador línea/área	2142 REG
Familia de producto ETS:	Componentes sistema
Tipo de producto:	Acopladores líneas
Encapsulado DIN 2 Módulos	

3

El acoplador de línea hace posible la interconexión e intercambio de información entre las distintas líneas del bus KNX. Los acopladores de línea/área proporcionan una separación galvánica entre las diferentes líneas que conectan. Tanto la línea de jerarquía inferior como la de jerarquía superior se le conectan frontalmente mediante terminales de conexión, y ambas deben estar alimentadas de forma separada.

En función de las tablas de filtros que generan automáticamente, se puede bloquear el tránsito de algunos telegramas a través del acoplador de línea.

Dispone también de una aplicación que le permite funcionar como amplificador de línea, con la cual se podrán configurar líneas de bus de más de 64 componentes (hasta 256). En este caso no existen tablas de filtros, por lo que todos los telegramas pasarán a través del amplificador.

Programas de aplicación:

Acoplador de área/línea	900A01
Amplificador	900B01

Para más información sobre los programas de aplicación, consulte la ficha correspondiente de la guía de programación.