

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **SEDE LATACUNGA**



### **CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE  
PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE  
LATACUNGA. CASO PRÁCTICO: SISTEMA INTELIGENTE  
PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE  
RUTAS DE EVACUACIÓN.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE  
SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**LOURDES DEL PILAR FREIRE VILLAMARÍN  
MÓNICA MIRELA NAULA CHICAIZA**

**Latacunga, Julio 2008**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E**  
**INFORMÁTICA**

**CERTIFICADO**

ING. JOSÉ LUIS CARRILLO (DIRECTOR)  
ING. MARCO SINGAÑA (CODIRECTOR)

**CERTIFICO:**

Que el trabajo titulado “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA. CASO PRÁCTICO: SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN” realizado por la señora LOURDES DEL PILAR FREIRE VILLAMARÍN y la señorita MÓNICA MIRELA NAULA CHICAIZA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato digital. Autorizan a la señora LOURDES DEL PILAR FREIRE VILLAMARÍN y a la señorita MÓNICA MIRELA NAULA CHICAIZA que lo entreguen al ING. EDISON ESPINOSA, en su calidad de Coordinador de Carrera.

Latacunga, 23 de Julio del 2008

---

Ing. José Luis Carrillo  
**DIRECTOR**

---

Ing. Marco Singaña  
**CODIRECTOR**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E**  
**INFORMÁTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotras, LOURDES DEL PILAR FREIRE VILLAMARÍN y  
MÓNICA MIRELA NAULA CHICAIZA

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, el trabajo de grado titulado “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA. CASO PRÁCTICO: SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 23 de Julio del 2008

---

Lourdes del Pilar Freire Villamarín  
C.I. No. 050266615-9

---

Mónica Mirela Naula Chicaiza  
C.I. No. 050287455-5

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E**  
**INFORMÁTICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotras, LOURDES DEL PILAR FREIRE VILLAMARÍN y  
MÓNICA MIRELA NAULA CHICAIZA

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA. CASO PRÁCTICO: SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en las referencias bibliográficas.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 23 de Julio del 2008

---

Lourdes del Pilar Freire Villamarín  
C.I. No. 050266615-9

---

Mónica Mirela Naula Chicaiza  
C.I. No. 050287455-5

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que de alguna manera han contribuido para hacer posible la realización de este proyecto de tesis, en especial:

Al Director de tesis, Ingeniero José Luis Carrillo por sus valiosos aportes y orientación desde el inicio de la investigación.

Al Codirector de tesis, Ingeniero Marco Singaña por su paciencia, interés, disponibilidad e importantes contribuciones para el desarrollo de este proyecto de tesis.

A nuestros maestros de la Carrera de Sistemas e Informática, por sus conocimientos impartidos durante nuestra permanencia en la Escuela Politécnica del Ejército.

A nuestros padres, familia, amigos y seres queridos que compartieron con nosotras momentos de alegría y tristeza a lo largo de estos años de estudio y que nos brindaron su apoyo, afecto y buenos consejos.

*PILAR Y MÓNICA*

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EDIFICIOS INTELIGENTES</b>	
1.1 INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
1.2 DEFINICIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	- 3 -
1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	- 4 -
1.4 TENDENCIA FUTURA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	- 5 -
1.5 CAMPOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	- 6 -
1.5.1 BÚSQUEDA (DE SOLUCIONES).....	- 6 -
1.5.2 SISTEMAS EXPERTOS .....	- 6 -
1.5.3 PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL .....	- 7 -
1.5.4 RECONOCIMIENTO DE MODELOS .....	- 7 -
1.5.5 ROBÓTICA.....	- 7 -
1.5.6 APRENDIZAJE DE LAS MÁQUINAS .....	- 7 -
1.5.7 LÓGICA .....	- 8 -
1.5.8 INCERTIDUMBRE.....	- 8 -
1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES. ....	- 8 -
1.6.1 INTEGRACIÓN .....	- 10 -
1.6.2 INTERRELACIÓN .....	- 10 -
1.6.3 FACILIDAD DE USO.....	- 10 -
1.6.4 CONTROL REMOTO.....	- 11 -
1.6.5 FIABILIDAD.....	- 11 -
1.6.6 ACTUALIZACIÓN .....	- 11 -
1.7 ELEMENTOS BÁSICOS DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES .....	- 12 -
1.7.1 INFORMACIÓN SOBRE EL ESTADO DEL EDIFICIO (SENSORES) .	- 13 -
1.7.2 ELEMENTOS QUE EJECUTAN LAS ACCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL (ACTUADORES).....	- 14 -
1.7.3 SISTEMAS DE CONTROL.....	- 14 -
1.7.4 LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN .....	- 15 -

1.7.4.1	TOPOLOGÍAS DE CABLEADO .....	- 15 -
1.7.4.1.1	TOPOLOGÍA EN BUS O LÍNEA.....	- 15 -
1.7.4.1.2	TOPOLOGÍA EN ESTRELLA .....	- 16 -
1.7.4.1.3	TOPOLOGÍAS MIXTAS .....	- 17 -
1.7.4.2	TIPOS DE ARQUITECTURA.....	- 18 -
1.7.4.2.1	ARQUITECTURA CENTRALIZADA .....	- 19 -
1.7.4.2.2	ARQUITECTURA DESCENTRALIZADA .....	- 19 -
1.7.4.2.3	ARQUITECTURA DISTRIBUIDA.....	- 20 -
1.7.4.2.4	ARQUITECTURA HÍBRIDA / MIXTA .....	- 20 -
1.7.4.3	TENDENCIAS ACTUALES DE ESTANDARIZACIÓN .....	- 21 -
1.7.4.3.1	TECNOLOGÍA X10.....	- 21 -
1.7.4.3.2	PROTOCOLO EIB.....	- 22 -
1.7.4.3.3	TECNOLOGÍA LONWORKS .....	- 23 -
1.7.4.3.4	EUROPEAN HOME SYSTEMS (EHS) .....	- 24 -
1.7.4.3.5	PROTOCOLO CEBUS.....	- 25 -
1.7.4.3.6	PROTOCOLO BATIBUS .....	- 26 -
1.7.4.3.7	ESTÁNDAR KONNEX .....	- 26 -
1.8	TIPOS DE EDIFICIOS INTELIGENTES .....	- 29 -
1.8.1	EDIFICIOS RESIDENCIALES .....	- 29 -
1.8.2	EDIFICIOS NO RESIDENCIALES .....	- 30 -
1.9	COMPONENTES DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES .....	- 30 -
1.9.1	ASPECTO FUNCIONAL.....	- 30 -
1.9.1.1	ESTRUCTURA DEL EDIFICIO .....	- 30 -
1.9.1.2	SISTEMAS DEL EDIFICIO .....	- 31 -
1.9.1.3	SERVICIOS DEL EDIFICIO.....	- 32 -
1.9.1.4	ADMINISTRACIÓN DEL EDIFICIO.....	- 33 -
1.9.2	ASPECTO ESTRUCTURAL .....	- 33 -
1.9.2.1	FLEXIBILIDAD DE UN EDIFICIO .....	- 33 -
1.9.2.1.1	CAPARAZÓN.....	- 34 -
1.9.2.1.2	SERVICIOS.....	- 34 -
1.9.2.1.3	ESCENARIOS.....	- 34 -
1.9.2.1.4	DECORADOS .....	- 35 -

1.9.2.2	INTEGRACIÓN DE SERVICIOS .....	- 35 -
1.9.2.2.1	ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO .....	- 35 -
1.9.2.2.2	ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD .....	- 36 -
1.9.2.2.3	ÁREA DE TELECOMUNICACIONES .....	- 36 -
1.9.2.2.4	ÁREA DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL .....	- 37 -
1.9.2.3	DISEÑO EXTERIOR E INTERIOR .....	- 38 -
1.10	NIVELES DE INTELIGENCIA .....	- 38 -
1.10.1	NIVEL 1: INTELIGENCIA MÍNIMA O BÁSICA .....	- 39 -
1.10.2	NIVEL 2: INTELIGENCIA MEDIA .....	- 39 -
1.10.3	NIVEL 3: INTELIGENCIA MÁXIMA O TOTAL .....	- 39 -
1.11	APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDIFICIOS INTELIGENTES .....	- 40 -
1.11.1	TÉCNICAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADAS EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN .....	- 40 -
1.11.1.1	SISTEMAS EXPERTOS .....	- 40 -
1.11.1.2	REDES NEURONALES .....	- 41 -
1.11.1.3	ALGORITMOS GENÉTICOS .....	- 41 -
1.11.1.4	LÓGICA DIFUSA .....	- 42 -
1.12	VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	- 42 -
1.12.1	VENTAJAS .....	- 42 -
1.12.1.1	DESDE EL PUNTO DE VISTA GENERAL.....	- 43 -
1.12.1.2	DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS ADMINISTRADORES ..	- 44 -
1.12.1.3	DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS USUARIOS .....	- 44 -
1.12.2	DESVENTAJAS.....	- 45 -
1.13	EJEMPLOS DE EDIFICIOS INTELIGENTES .....	- 45 -
1.13.1	SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS.....	- 46 -
1.13.2	SISTEMAS DE CONTROL DE INCENDIOS Y AUDIO EVACUACIÓN DE INCENDIOS.....	- 46 -
1.13.3	CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN.....	- 47 -
1.13.4	SISTEMA DE VENTILACIÓN .....	- 47 -

**CAPITULO II.....- 48 -**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE EDIFICIO INTELIGENTE PARA LA ESPE-L**

2.1	ESTUDIO DE LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS DEL EDIFICIO.....	- 49 -
2.1.1	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA .....	- 49 -
2.2	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DEL EDIFICIO .....	- 51 -
2.2.1	ASPECTO ESTRUCTURAL .....	- 52 -
2.2.2	ASPECTO FUNCIONAL.....	- 53 -
2.3	DISEÑO DEL EDIFICIO INTELIGENTE.....	- 53 -
2.3.1	SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL EDIFICIO INTELIGENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA .....	- 54 -
2.3.1.1	SISTEMA INTELIGENTE DE ILUMINACIÓN.....	- 55 -
2.3.1.1.1	FUNCIONAMIENTO SOFTWARE.....	- 56 -
2.3.1.1.2	DISEÑO HARDWARE.....	- 57 -
2.3.1.2	SISTEMA INTELIGENTE DE CLIMATIZACIÓN .....	- 66 -
2.3.1.2.1	FUNCIONAMIENTO SOFTWARE.....	- 66 -
2.3.1.2.2	DISEÑO HARDWARE.....	- 67 -
2.3.1.3	SISTEMA DE CONTROL DE CARGAS.....	- 76 -
2.3.1.3.1	FUNCIONAMIENTO SOFTWARE.....	- 77 -
2.3.1.3.2	DISEÑO HARDWARE.....	- 80 -
2.3.1.4	SISTEMA INTELIGENTE DE SEGURIDAD .....	- 89 -
2.3.1.4.1	FUNCIONAMIENTO SOFTWARE.....	- 90 -
2.3.1.4.2	DISEÑO HARDWARE.....	- 92 -
2.3.1.5	SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN .....	- 97 -
2.3.1.5.1	FUNCIONALIDAD SOFTWARE.....	- 98 -
2.3.1.5.2	DISEÑO HARDWARE.....	- 104 -

**CAPITULO III.....- 111 -**

**DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA  
DETECCION DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN**

3.1	ANÁLISIS .....	- 112 -
3.1.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE.....	- 112 -
3.1.1.1	INTRODUCCIÓN .....	- 112 -
3.1.1.2	PROPÓSITO.....	- 112 -
3.1.1.3	ÁMBITO DEL SISTEMA.....	- 113 -
3.1.1.4	DEFINICIONES DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	- 113 -
3.1.1.4.1	DEFINICIONES .....	- 113 -
3.1.1.4.2	ACRÓNIMOS .....	- 114 -
3.1.1.4.3	ABREVIATURAS.....	- 114 -
3.1.1.5	REFERENCIAS.....	- 114 -
3.1.1.6	VISIÓN GENERAL DE DOCUMENTO .....	- 114 -
3.1.1.7	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PRODUCTO .....	- 115 -
3.1.1.7.1	PERSPECTIVA DEL PRODUCTO.....	- 115 -
3.1.1.7.2	FUNCIONES DEL SISTEMA .....	- 115 -
3.1.1.7.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS USUARIOS .....	- 116 -
3.1.1.7.4	SUPOSICIONES, RESTRICCIONES Y DEPENDENCIAS .....	- 116 -
3.1.1.8	REQUISITOS .....	- 118 -
3.1.1.8.1	REQUISITOS FUNCIONALES .....	- 118 -
3.1.1.8.2	REQUISITOS DE INTERFACES EXTERNAS.....	- 120 -
3.1.1.8.3	REQUISITOS DE DESARROLLO .....	- 120 -
3.1.1.8.4	REQUISITOS TECNOLÓGICOS .....	- 120 -
3.1.2	DIAGRAMAS DE CASO DE USO.....	- 122 -
3.1.3	ESPECIFICACION DE CASOS DE USO.....	- 124 -
3.2	DISEÑO DEL SISTEMA .....	- 139 -
3.2.1	DIAGRAMA DE SECUENCIA.....	- 139 -
3.2.2	DIAGRAMAS DE COLABORACIÓN .....	- 146 -
3.2.3	DIAGRAMA DE CLASES .....	- 150 -
3.3	IMPLEMENTACIÓN .....	- 151 -
3.4	PRUEBAS .....	- 154 -

<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>- 174 -</b>
-------------------------	----------------

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1 CONCLUSIONES .....	- 174 -
4.2 RECOMENDACIONES.....	- 175 -

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1.1 ÁREAS DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	- 2 -
FIGURA 1.2 TOPOLOGÍA EN LÍNEA O BUS.....	- 16 -
FIGURA 1.3 TOPOLOGÍA EN ESTRELLA.....	- 17 -
FIGURA 1.4 TOPOLOGÍA EN SÚPER ESTRELLA.....	- 18 -
FIGURA 1.5 ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE SISTEMA DOMÓTICO CENTRALIZADO.....	- 19 -
FIGURA 1.6 ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE SISTEMA DOMÓTICA DESCENTRALIZADA..	- 19 -
FIGURA 1.7 ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE SISTEMA DOMÓTICA DISTRIBUIDA .....	- 20 -
FIGURA 1.8 ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE SISTEMA DOMÓTICO HÍBRIDA/MIXTA.....	- 21 -
FIGURA 1.9 ESQUEMA DEL PROTOCOLO X-10 .....	- 22 -
FIGURA 1.10 ESQUEMA DE BUS UTILIZANDO EIB .....	- 23 -
FIGURA 1.11 ESQUEMA DE TECNOLOGÍA LONWORKS .....	- 24 -
FIGURA 1.12 ESQUEMA DE TECNOLOGÍA CEBUS.....	- 25 -
FIGURA 1.13 BUS DE INSTALACIÓN DE KONNEX.....	- 27 -
FIGURA 2.1 PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA TIPO .....	- 50 -
FIGURA 2.2 VISTA FRONTAL.....	- 50 -
FIGURA 2.3 NIVELES DE UN EDIFICIO INTELIGENTE .....	- 53 -
FIGURA 2.4 FUNCIONAMIENTO SOFTWARE INTELIGENTE DE ILUMINACIÓN .....	- 56 -
FIGURA 2.5 MEDIDAS DE LAS PERSIANAS .....	- 64 -
FIGURA 2.6 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA INTELIGENTE CON CONTROL DIFUSO .....	- 67 -
FIGURA 2.7 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACONDICIONADO DE AIRE .....	- 74 -
FIGURA 2.8 ESQUEMA DE AGENTE INTELIGENTE .....	- 79 -
FIGURA 2.9 PLANO DEL EDIFICIO ESPE-L .....	- 82 -

FIGURA 2.10 ARQUITECTURA DE UNA RED NEURONAL .....	- 91 -
FIGURA 2.11 GRAFO DIRIGIDO .....	- 99 -
FIGURA 2.12 GRAFO NO DIRIGIDO .....	- 100 -
FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE GESTIÓN DE USUARIO.....	- 122 -
FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE GESTIÓN DE RUTA .....	- 123 -
FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE GESTIÓN DE GRAFO .....	- 124 -
FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE SECUENCIA INGRESO AL SISTEMA .....	- 139 -
FIGURA 3.5 DIAGRAMA DE SECUENCIA CREAR USUARIO .....	- 140 -
FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE SECUENCIA MODIFICAR USUARIO.....	- 140 -
FIGURA 3.7 DIAGRAMA DE SECUENCIA ELIMINAR USUARIO.....	- 141 -
FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE SECUENCIA ABRIR PLANO .....	- 141 -
FIGURA 3.9 DIAGRAMA DE SECUENCIA AGREGAR NODO .....	- 142 -
FIGURA 3.10 DIAGRAMA DE SECUENCIA ELIMINAR NODO.....	- 142 -
FIGURA 3.11 DIAGRAMA DE SECUENCIA AGREGAR CAMINO .....	- 143 -
FIGURA 3.12 DIAGRAMA DE SECUENCIA ELIMINAR CAMINO .....	- 143 -
FIGURA 3.13 DIAGRAMA DE SECUENCIA UBICAR SALIDAS .....	- 144 -
FIGURA 3.14 DIAGRAMA DE SECUENCIA UBICAR ACTORES .....	- 144 -
FIGURA 3.15 DIAGRAMA DE SECUENCIA ZONAS INSEGURAS .....	- 145 -
FIGURA 3.16 DIAGRAMA DE SECUENCIA GENERAR RUTA.....	- 145 -
FIGURA 3.17 DIAGRAMA DE SECUENCIA GUARDAR GRAFO .....	- 146 -
FIGURA 3.18 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN INGRESO AL SISTEMA.....	- 146 -
FIGURA 3.19 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN CREAR USUARIO .....	- 147 -
FIGURA 3.20 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN MODIFICAR USUARIO .....	- 147 -
FIGURA 3.21 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ELIMINAR USUARIO .....	- 147 -
FIGURA 3.22 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ABRIR PLANO.....	- 147 -
FIGURA 3.23 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN AGREGAR NODO.....	- 148 -
FIGURA 3.24 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ELIMINAR NODO .....	- 148 -
FIGURA 3.25 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN AGREGAR CAMINO .....	- 148 -
FIGURA 3.26 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN ELIMINAR CAMINO.....	- 148 -
FIGURA 3.27 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN UBICAR SALIDAS.....	- 149 -
FIGURA 3.28 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN UBICAR ACTORES.....	- 149 -
FIGURA 3.29 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN UBICAR ZONAS INSEGURAS.....	- 149 -

FIGURA 3.30 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN GENERAR RUTA .....	- 149 -
FIGURA 3.31 DIAGRAMA DE COLABORACIÓN GUARDAR GRAFO.....	- 150 -
FIGURA 3.32 DIAGRAMA DE CLASES SISTEMA SIGRE.....	- 150 -
FIGURA 3.33 DIAGRAMA DEL ALGORITMO A*.....	- 152 -

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 CUADRO COMPARATIVO DE LAS TENDENCIAS DE ESTANDARIZACIÓN.....	- 28 -
TABLA 2.1 SUPERFICIE DE AULAS.....	- 51 -
TABLA 2.2 CAPACIDAD DEL EDIFICIO .....	- 51 -
TABLA 2.3 SISTEMAS INVOLUCRADOS EN LAS ÁREAS BÁSICAS DE GESTIÓN .....	- 55 -
TABLA 2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE MOVIMIENTO .....	- 60 -
TABLA 2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE LUMINOSIDAD.....	- 61 -
TABLA 2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS PERSIANAS AUTOMÁTICAS.....	- 62 -
TABLA 2.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA.....	- 70 -
TABLA 2.8 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE .....	- 72 -
TABLA 2.9 FUNCIONES DEL AGENTE INTELIGENTE DE CONTROL DE CARGAS .....	- 80 -
TABLA 2.10 FACTORES DE SIMULTANEIDAD DEL CONSUMO.....	- 85 -
TABLA 2.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS .....	- 85 -
TABLA 2.12 CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE CORRIENTE .....	- 86 -
TABLA 2.13 CARACTERÍSTICAS DE LAS CÁMARAS DE VIDEO INFRARROJAS FIJAS.....	- 94 -
TABLA 2.14 CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE ROTURA DE CRISTALES.....	- 95 -
TABLA 2.15 COMPARATIVA DE ALGORITMOS HEURÍSTICOS.....	- 102 -
TABLA 2.16 CARACTERÍSTICAS DE LOS DETECTORES DE HUMO.....	- 106 -
TABLA 2.17 CARACTERÍSTICAS DE SIRENAS PARA INCENDIOS.....	- 107 -
TABLA 2.18 CARACTERÍSTICAS DE LETREROS LUMINOSOS PARA MENSAJES DE SALIDA .-	- 108 -
TABLA 3.1 DEFINICIONES .....	- 113 -
TABLA 3.2 ACRÓNIMOS .....	- 114 -
TABLA 3.3 ABREVIATURAS.....	- 114 -

## RESÚMEN

La finalidad de este proyecto de investigación es obtener un documento que de una visión global de los edificios inteligentes en la actualidad, y que sustente la aplicación de los sistemas inteligentes en los edificios con el objetivo de obtener niveles de comodidad, confort y seguridad, principales ventajas de este tipo de edificaciones.

En el capítulo I, se realiza el estudio de la concepción de la inteligencia artificial y de los edificios inteligentes, se describen las nuevas tecnologías y tendencias existentes para la implementación de los edificios inteligentes, para lo cual se realiza la debida investigación, tanto bibliográfica como de campo, en este caso se realiza una visita a Laboratorios Pfizer Ecuador ubicado en Quito, ya que se considera como un edificio inteligente que pone especial interés en la seguridad, no sólo de las personas sino también de sus bienes tangibles e intangible.

En el capítulo II se realiza un análisis de los diferentes sistemas que pueden ser incorporados en el edificio de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, con el propósito de buscar sistemas que cubran las necesidades de los usuarios; para este fin se proponen sistemas en los que intervienen dispositivos electrónicos e inteligencia artificial. Con especial énfasis se ha realizado un estudio tanto en la parte hardware como en la parte software que incorpore inteligencia para los sistemas de iluminación, climatización, seguridad, control de cargas, detección de incendios, quedando definido que existen múltiples opciones para lograr implementar inteligencia en un edificio. Estos sistemas quedan como precedente para futuros trabajos de investigación por parte de los egresados.

En el capítulo III, se busca plasmar la parte teórica del software inteligente de detección de incendios y generación de rutas de evacuación, para ello se realiza un análisis de las consideraciones que surgen para este tipo de sistema, concluyendo con el desarrollo de un simulador para la generación de rutas de evacuación, quedando así demostrado la aplicabilidad de la inteligencia artificial en este tipo de sistema.

El capítulo IV, esta dedicado a las conclusiones y recomendaciones a las que hemos llegado al finalizar el proyecto de grado.

# **CAPÍTULO I**

## **INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EDIFICIOS INTELIGENTES**

En este capítulo se presenta una introducción a la Inteligencia Artificial y definiciones desde el punto de vista de diferentes autores, además su tendencia actual y futura, los campos y aplicaciones que hoy en día se dan a esta rama muy importante de la informática; a la vez se introducen nociones básicas de los Edificios Inteligentes como características, elementos, tipos, componentes, niveles de inteligencia, ventajas y desventajas; a continuación se explica las técnicas de Inteligencia Artificial aplicadas en edificios, finalizando con una breve descripción de Edificios Inteligentes existentes en la actualidad.

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

<sup>1</sup>La Inteligencia Artificial, puede considerarse como una de las disciplinas más nuevas, siendo curiosamente considerada a la vez como una gran desconocida y una de las que más interés profano despierta. Esto es debido a que poca gente tiene claro qué es la Inteligencia Artificial, pero sin embargo es considerada por una gran mayoría de científicos como la disciplina donde han pensado alguna vez en trabajar.

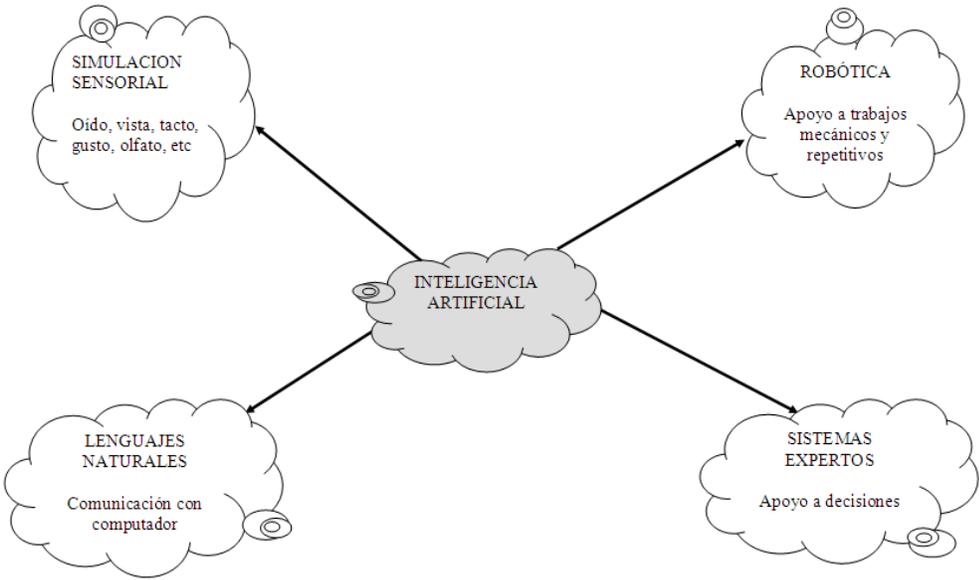
En los últimos años la Inteligencia Artificial ha ido evolucionando, quizás con mayor celeridad que otras disciplinas, motivado probablemente por su propia inmadurez. Todo esto ha llevado a que la Inteligencia Artificial actualmente abarque una gran cantidad de áreas, desde algunas muy generales como razonamiento, búsqueda, etc., a otras más específicas como los sistemas expertos, sistemas de diagnóstico, etc. Se puede indicar, sin lugar a dudas, que la Inteligencia Artificial es aplicada actualmente en infinidad de

---

<sup>1</sup> <http://www.ati.es/novatica/2000/145/vjulia-145.pdf>

disciplinas científicas y es que, la Inteligencia Artificial es susceptible de aparecer allí donde se requiera el intelecto humano.

En la Figura 1.1 se describe cómo la Inteligencia Artificial se está aplicando a numerosas actividades realizadas por los seres humanos: la robótica, la visión artificial, técnicas de aprendizaje y la gestión del conocimiento.



**Figura 1.1 Áreas de estudio e Investigación de la Inteligencia Artificial<sup>2</sup>**

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones se ha introducido con fuerza en la arquitectura, tanto en las aplicaciones para la gestión y el desarrollo de nuevos materiales, como en los sistemas de control de edificios. En especial este último desarrollo, afecta a lo que se llama "edificio de alta tecnología". Estos edificios contienen instalaciones informáticas, sistemas de comunicaciones, laboratorios de investigación; son edificios donde se produce un alto flujo de información como: grandes superficies de oficinas, centros comerciales, hospitales, hoteles, etc.

<sup>2</sup> Heyner H. Ninaquispe Castro, Tutorial de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, Pág. 8

## 1.2 DEFINICIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

De igual manera que la inteligencia humana no está completamente entendida, la definición de Inteligencia Artificial está concebida desde diferentes perspectivas que cada autor cree.

A continuación se citan algunas definiciones según varios autores<sup>3</sup>

La Inteligencia Artificial es:

- “La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen, máquinas con mentes, en su amplio sentido literal”. (Haugeland, 1985)
- “La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje”. (Bellman, 1978)
- “El arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren inteligencia”. (Kurzweil, 1990)
- “El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor”. (Rich y Knight, 1991)
- “El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales”. (Charniak y McDermott, 1985)
- “El estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar”. (Winston, 1992)
- “Un campo de estudio que se enfoca en la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales”. (Schalkoff, 1990)
- “La rama de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente”. (Luger y Stubblefield, 1993)

Después de un análisis de esta lista de definiciones, se ha concluido que, Inteligencia Artificial es aquella que trata de imitar o simular el comportamiento humano, mediante

---

<sup>3</sup> <http://www.answermath.com/inteligencia-artificial.htm>

algoritmos computacionales que tienen la capacidad de capturar, organizar y representar el conocimiento para resolver problemas y tomar decisiones.

### **1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Inicialmente la Inteligencia Artificial, estuvo destinada a resolver problemas en el campo de medicina, juegos, demostración de teoremas. Con respecto a años anteriores los investigadores han puesto énfasis en estudiar el comportamiento no solo mental sino psicológico de la mente humana, para lo cual se utilizan técnicas de Inteligencia Artificial como: Redes Neuronales, Sistemas Expertos, Lógica Difusa, Algoritmos Genéticos, entre otros, los cuales permiten emular la forma de resolver y tomar decisiones en diferentes ámbitos del quehacer humano; ahora la mayor parte de cosas que nos rodean llevan un software inteligente incorporado, ya sean los ascensores, cámaras de fotografía o vídeo, los frenos ABS de los automóviles, los aviones, la cafetera, etc.

En este sentido el desafío de la Inteligencia Artificial esta basada en su facilidad de uso, la flexibilidad de la infraestructura computacional y la disponibilidad de herramientas de desarrollo cada vez más poderosas. El empleo de una interfaz inteligente ayudará a las personas a encontrar lo que ellas deseen, en forma natural y sin requerir el conocimiento de detalles.

Con todo esto y a medida que se van desarrollando algoritmos para la solución de problemas, crece el campo de aplicación de la Inteligencia Artificial, dentro de este contexto están los edificios inteligentes.

Hoy en día se atribuye el término inteligente a un edificio automatizado por el hecho de ser una estructura moderna y poseer dispositivos electrónicos que pretenden innovar en algo sus procesos de operación y administración. El éxito de la operación del edificio inteligente no está medido por un sin número de elementos interconectados entre sí, mas bien se debe al adecuado manejo que se le dé a la información de toda la estructura moderna mediante mecanismos de control automatizado y al estar incorporado con software inteligente brindan al usuario servicios de calidad, seguridad, comodidad y confort.

Por otra parte, los costos que se atribuyen a este tipo de proyectos son elevados, pero pueden ser considerados como una inversión a largo plazo, ya que las ventajas como,

control energético, seguridad, comodidad y confort, retribuyen el costo inicial de la inversión.

#### **1.4 TENDENCIA FUTURA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Los nuevos avances en el área de Inteligencia Artificial ocurren rápidamente, en el futuro la ciencia pretende solucionar los errores y defectos muy propios del ser humano, mediante el desarrollo de entes inteligentes con una capacidad de razonamiento cada vez superior.

La aplicación de la Inteligencia Artificial se irá extendiendo en todos los campos y ámbitos de nuestro día a día, haciendo la vida cotidiana mucho más fácil, los sistemas inteligentes cambiarán radicalmente al ser humano y su medio ambiente, además se asegura que el ser humano desarrollará más su intelecto al interactuar con entes inteligentes.

Las investigaciones proponen desde ya la fabricación de robots que perciban y expresen emociones muy similares a las del ser humano, el sistema estará diseñado para que identifique o reconozca expresiones faciales y corporales, detecte pautas vocales, entonaciones de voz e inspeccione los latidos cardíacos para detectar el estado emocional de una persona e interactuar con ella.

Los avances de la Inteligencia Artificial también estarán aplicados a los edificios, así en un futuro no muy lejano los edificios contarán con sistemas inteligentes que serán capaces de aprender por si solos y trabajar con información incompleta para tomar la mejor decisión, tal como lo hiciera un experto humano. Se desarrollará una generación de entornos inteligentes programados con tipos abstractos de datos, que permitirán que el tratamiento de la información de diferentes tipos, sea homogéneo.

Los puestos de trabajo compartidos serán reconfigurables, de tal forma que al detectar la presencia de un usuario, se reconfigure automáticamente tanto su sistema informático como los sistemas que regulan el ambiente que lo rodea, si este usuario se va y vuelve otro usuario, el puesto de trabajo vuelve a reconfigurarse.

Los sistemas de seguridad serán capaces de monitorear la ubicación de cada usuario y además chequear su estado vital, y en caso de ocurrir una emergencia o desastre, el edificio se comunicará con la dependencia correspondiente como, bomberos, policía,

paramédicos, ambulancia, etc. según sea la situación que ha identificado. De esta forma se garantizará la seguridad máxima para los ocupantes del edificio.

## **1.5 CAMPOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL<sup>4</sup>**

El campo de la Inteligencia Artificial se compone de varias áreas de estudio. De ellas, se muestran las áreas más comunes e importantes:

### **1.5.1 BÚSQUEDA (DE SOLUCIONES)**

Se refiere a la búsqueda de soluciones a un problema. No significa encontrar una solución específica en una base de datos. Por ejemplo, se puede utilizar la búsqueda dentro de la Inteligencia Artificial en un programa que intenta encontrar la ruta más corta entre dos ciudades o que pruebe un teorema matemático.

### **1.5.2 SISTEMAS EXPERTOS**

Un sistema experto es un programa de computadora diseñado para actuar como un especialista en un campo particular. Típicamente está constituido por una base expandible de datos consistente en eventos del campo y reglas aplicables al registro y control de los mismos. Generalmente diseñados para asistir a otro especialista humano, han probado su utilidad para el análisis químico, la exploración geotérmica y la configuración de sistemas computacionales.

---

<sup>4</sup> Herbert Schild, Utilización de C en Inteligencia Artificial, Pág. 9

### **1.5.3 PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL**

Es uno de los fines principales de la Inteligencia Artificial, porque permite a la computadora la entrada del lenguaje natural de forma directa. El mayor obstáculo para alcanzar esta meta es el tamaño y la complejidad de los lenguajes humanos.

### **1.5.4 RECONOCIMIENTO DE MODELOS**

Es importante para varias aplicaciones, incluidas la robótica y el procesamiento de imágenes. Por ejemplo, cuando se asigna la imagen de televisión digitalizada, el reto es lograr que la máquina interprete las imágenes recibidas y comprenda exactamente lo que se observa.

### **1.5.5 ROBÓTICA**

La Inteligencia Artificial ayuda a que una computadora controle el movimiento de un robot, el cual es un artefacto electromecánico que puede programarse para efectuar tareas manuales. No todo lo relacionado con la robótica es considerado como parte de la Inteligencia Artificial. Un robot inteligente incluye mecanismos y sensores que le permiten responder a los cambios de su entorno.

### **1.5.6 APRENDIZAJE DE LAS MÁQUINAS**

Esta área trata de hacer que los programas aprendan de sus propios errores, en base a la observación y la auto evaluación. El aprendizaje significa hacer que la computadora sea capaz de beneficiarse de su propia experiencia.

### **1.5.7 LÓGICA**

Es uno de los formalismos más utilizados para representar conocimiento en Inteligencia Artificial. La lógica cuenta con un lenguaje formal mediante el cual es posible representar fórmulas llamadas axiomas que permiten describir fragmentos del conocimiento y, además consta de un conjunto de reglas de inferencia que, aplicadas a los axiomas, permiten derivar nuevo conocimiento.

### **1.5.8 INCERTIDUMBRE**

La mayoría de las decisiones que se toman están basadas en razonamiento incorrecto; por ejemplo, la decisión de comprar una casa se basa en la suposición de que hay una cierta probabilidad de que todo se encuentre en perfectas condiciones. El que una computadora pueda pensar de la misma manera implica el uso de la lógica incierta; es decir, la toma de decisiones basadas en una información incompleta o improbable. Sin embargo, hacer que una computadora acepte la incertidumbre exige un cierto esfuerzo.

## **1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES <sup>5</sup>**

Antes de describir las características, se trata de dar con exactitud una definición de Edificio Inteligente, generalmente el término utilizado es Domótica cuando va aplicado al hogar o Inmótica cuando va aplicado a edificios. A comienzos de los '80, las revistas especializadas comenzaron a referirse a edificios con características particulares en cuanto a prestaciones de confort en sintonía con su entorno, tales como “edificios inteligentes”, “edificios listos”, “edificios automatizados”, o inclusive “edificios electrónicamente optimizados”. Sin embargo, no existe una definición estandarizada de lo que es un edificio inteligente, por lo que a continuación se citarán diferentes conceptos, de acuerdo al criterio de compañías, instituciones o profesionales.

---

<sup>5</sup> <http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/RGMITBA/comunicacionesrgm/RPIC-2005.pdf>

Una definición acordada en el Simposio Internacional de la especialidad, llevado a cabo en 1985 en Toronto, es: “Un edificio inteligente combina innovaciones, tecnológicas o no, con una gestión competente a efectos de maximizar el retorno de la inversión” (Harrison, 1998).

Una definición aportada por el AIBI (American Intelligent Building Institute) es: “Un edificio que usa los cuatro elementos fundamentales de la construcción: estructura, sistemas, servicios y gestión, así como también su interacción optimizada a efectos de maximizar el retorno en la inversión y proveer un ambiente de trabajo altamente eficiente, confortable y conveniente”.

Otra definición del EIBG (European Intelligent Building Group) consiste en: “Un edificio que le permita a los usuarios desarrollar su máxima eficiencia al menor costo de operación posible y que usa eficientemente sus recursos. Esto significa que el edificio debe proveer respuesta rápida, altamente eficiente y generación de un ambiente de soporte al usuario para la consecución de sus objetivos de negocio” (Sidwell, 1996).

Otra definición aportada por el DEGW (An international building design consultancy company) es la siguiente: “Un edificio inteligente es uno que brinda adecuadas respuestas al usuario y tiene la habilidad de adaptarse a las nuevas tecnologías o cambios en las estructuras organizacionales” (So, 1999).

Después de estudiar estos y otros conceptos, se nota que hay mucha controversia en cuanto a la definición de edificio inteligente; muchos creen que un edificio al poseer un conjunto de controles automatizados es inteligente, en este proyecto se define al edificio inteligente como: “Aquel que posee un software inteligente que gestiona los diferentes sistemas automatizados para monitorizar y tomar decisiones por sí mismo, para crear condiciones ambientales y tecnológicas con la finalidad de incrementar la productividad y brindar a los ocupantes un ambiente de trabajo confortable y seguro”.

A continuación se detallan características notables que deben poseer los edificios inteligentes <sup>6,7</sup>

### **1.6.1 INTEGRACIÓN**

Todo el sistema es controlado por equipos informáticos, de esta manera, los usuarios no deben preocuparse por el funcionamiento de los diversos equipos autónomos.

### **1.6.2 INTERRELACIÓN**

Una de las principales características que debe ofrecer una estructura inteligente, es que su sistema tenga la capacidad de relacionar diferentes elementos que componen el entorno de la edificación, y obtener una gran versatilidad y variedad de respuestas en la toma de decisiones. Así, por ejemplo, es sencillo relacionar el funcionamiento del acondicionador de aire con el de otros electrodomésticos, o con la apertura de ventanas.

### **1.6.3 FACILIDAD DE USO**

Para el personal que se encarga de monitorear todos los fenómenos que ocurren en la edificación, es esencial que con una sola mirada al sistema de monitoreo pueda estar completamente informado del estado de la estructura. Y si desea modificar algo, sólo necesitará ejecutar comandos sencillos y de fácil interrelación para realizar dicha modificación. Así, por ejemplo, con la simple observación de la pantalla se verificará si existe alguna puerta de emergencia abierta, las temperaturas dentro del edificio y fuera de él, el funcionamiento del sistema de aire acondicionado, o la cantidad de llamadas que se efectúan desde cada una de las oficinas en una hora determinada, por citar algunos casos.

---

<sup>6</sup> <http://www.portafolio-inversiones.com/articulos/103/>

<sup>7</sup> <http://convena.upb.edu.co/~domotica/documentacion/tesishardwareysoftwaredomotico.pdf>

#### **1.6.4 CONTROL REMOTO**

Un edificio inteligente debe ofrecer la posibilidad de supervisión y control de manera remota. Es de gran utilidad cuando el inmueble pertenece a un complejo de edificios corporativos y permite tener un centro donde se monitoreen todas las áreas del conjunto; por ejemplo, desde la torre central se pueden verificar las actividades en la torre del hotel que se encuentra a unos 300 metros de distancia. Esto permite centralizar el monitoreo y la toma de decisiones con respecto al funcionamiento de los servicios de cada una de las estructuras.

#### **1.6.5 FIABILIDAD**

Los sistemas de información deben ser muy fiables, ya que es la red neuronal de funcionamiento. Deben ser máquinas muy potentes, rápidas y precisas. Por lo tanto, debe existir un sistema de respaldo de energía tan confiable que garantice un desempeño de 24 horas, los 365 días del año. Además un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos es de gran importancia y juega un papel primordial en las operaciones de la edificación.

#### **1.6.6 ACTUALIZACIÓN**

La puesta al día del sistema debe ser sencilla. El apareamiento de nuevas versiones y mejoras pueden beneficiar a cualquier instalación existente en el equipo, sin realizar ninguna modificación ya que toda la lógica de funcionamiento se encuentra en el software y no en los equipos instalados.

La inteligencia de un edificio empieza cuando, una vez automatizado, es dotado de un sistema que contiene aplicaciones de alto nivel que gestionan dicha automatización y proporcionan servicios más avanzados como los sistemas inteligentes; para complementar, los edificios inteligentes presentan características que hacen posible su denominación y se

presentan mediante factores y criterios importantes como su inteligencia artificial, su ambiente inteligente y la conservación del medio ambiente.

La **Inteligencia Artificial** se refiere al comportamiento por parte del sistema domótico o inmótico, mediante técnicas como redes neuronales, sistemas expertos, algoritmos evolutivos, etc., las cuales permiten una respuesta automática y óptima en diferentes situaciones sin la orden directa del usuario.

El **ambiente inteligente** se entiende como un entorno en donde los usuarios interactúan con el sistema mediante diversos dispositivos integrados y enlazados entre sí, para la realización de labores específicas. Las técnicas que se pueden emplear en este tipo de entorno suelen localizarse dentro de conceptos como; la computación móvil, el reconocimiento y adaptación de usuarios y de información con interfaces multi modales; y la computación ubicua que emplea una tecnología de cálculo y comunicación integrada con el usuario.

La **interacción positiva con el medio ambiente** es un aspecto reciente que se está desarrollando en las nuevas construcciones y edificaciones, ya que se busca producir el mínimo impacto y aprovechar los recursos de la naturaleza para implementar sistemas pasivos de iluminación y climatización, pudiéndose complementar con sistemas electromecánicos con el fin de lograr un ambiente confortable para los usuarios y ayudar a la conservación del medio ambiente.

## **1.7 ELEMENTOS BÁSICOS DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES<sup>8</sup>**

Un edificio inteligente dispone de un sistema de control que pretende optimizar de forma integrada las funciones inherentes a la operatividad, administración y mantenimiento del edificio.

Para conseguir esto, el sistema de control debe estar comunicado con el entorno. Esta comunicación debe facilitar:

- Información sobre el estado del edificio (sensores)

---

<sup>8</sup> <http://e-md.upc.edu/diposit/material/24361/24361.pdf>

- Elementos que ejecuten las acciones del sistema de control (actuadores)
- Sistemas de control
- Infraestructura de comunicaciones

### 1.7.1 INFORMACIÓN SOBRE EL ESTADO DEL EDIFICIO (SENSORES)

El **Sensor** tiene la función de recoger la información de la instalación, con el objetivo de que el sistema de control pueda tomar decisiones en base a esta información.

Los sensores pueden ser Continuos o Discretos; y las señales que generan, analógicas o digitales.

Cuando se habla de sensor, se hace referencia a la combinación de transductor más un acondicionador de señal.

Un **transductor** es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida.

Los **acondicionadores de señales** son los elementos que adaptan la señal de salida del transductor a los niveles o formatos que reconoce el sistema de control.

Es muy importante valorar estas características a la hora de elegir un sensor, ya que éste debe adaptarse perfectamente a las condiciones en las que va a trabajar.

Otras características referentes a los sistemas de medida (sensores) son:

Características estáticas: relacionado con el comportamiento del sistema de medida cuando la magnitud que se mide varía de forma lenta.

Características dinámicas: referente al comportamiento del sistema de medida, cuando la magnitud a medir tiene una variación rápida.

También es muy importante cuidar aspectos como, tipo de cableado utilizado, identificar las posibles causas de perturbación o ruido que pudieran afectar a las señales medidas, etc.

## **1.7.2 ELEMENTOS QUE EJECUTAN LAS ACCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL (ACTUADORES)**

Los actuadores son los elementos que actúan sobre el medio que se está controlando, y ejecutan las órdenes generadas por el sistema de control; al igual que los sensores, pueden tener un funcionamiento continuo o discreto, y se pueden controlar mediante señales analógicas o digitales.

Normalmente, los sistemas de control no pueden actuar directamente sobre los actuadores debido a los niveles y tipos de señales que pueden generar.

Los dispositivos que adaptan las señales de control a los niveles y tipos que aceptan los actuadores se los conoce como interfaces.

Cada vez es más habitual que estas interfaces vengan incorporadas con el propio transductor. En otras ocasiones, una misma interfaz es capaz de trabajar con varios actuadores a la vez.

## **1.7.3 SISTEMAS DE CONTROL**

Los sistemas de control son los encargados de recoger la información de lo que está pasando en el sistema o proceso y generar las ordenes de control para llevar al sistema al punto de funcionamiento deseado. Los sistemas de control se caracterizan por el número de entradas analógicas y digitales, el número de salidas analógicas y digitales, y las capacidades de comunicación que tienen.

Para implementar el sistema de control, se puede utilizar autómatas programables (PLC's), PC's, y en ocasiones sistemas basados en microcontroladores (PIC's), aunque la tendencia actual es crear sistemas específicos para el control inteligente de las instalaciones donde existe la supervisión de un PC.

## **1.7.4 LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN**

La infraestructura de comunicación hace referencia a cómo se comunican los sensores y actuadores con el sistema de control. Son las vías por las que camina la información que permite gestionar el sistema.

Por tanto, al hablar de la infraestructura de la instalación, se hace referencia al cableado de la misma y cómo este cableado se distribuye.

Según el sistema que se elija y su diseño, se pueden reducir mucho los costos de la instalación. Además está la propia alimentación de los sensores y actuadores, sin la cual no funcionarían.

### **1.7.4.1 Topologías de cableado<sup>9</sup>**

Se define topología como la forma en que se instala un cableado en un edificio o área determinada. No es que haya muchas formas de hacerlo, pero cada forma implica una serie de consideraciones que afectan a la velocidad y calidad de la transmisión de la información que fluye por el cable. Las topologías más conocidas son, la topología en línea o BUS, en estrella, y múltiple o mixta.

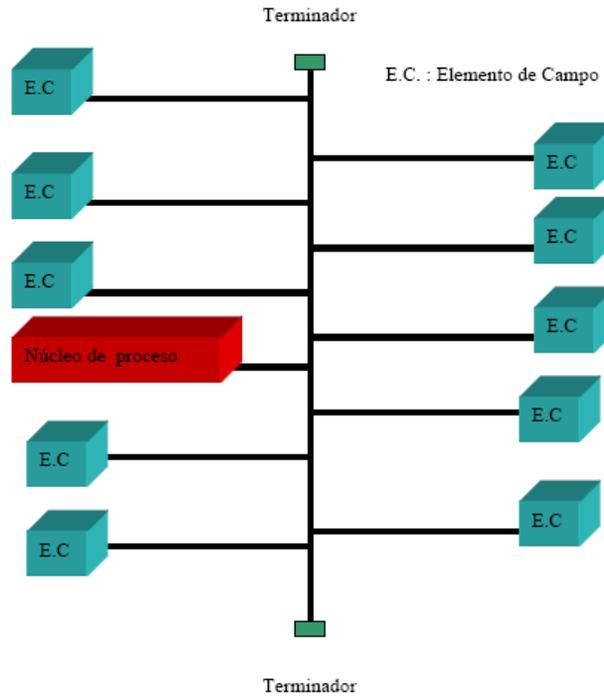
#### **1.7.4.1.1 Topología en Bus o Línea**

Quizás la más importante debido a ser la pionera en cuanto a su uso en los primeros sistemas inteligentes de climatización, esta topología consiste en lanzar un cable bifilar a lo largo de una línea que recorre los diferentes dispositivos a los que se pretende mandar o de los que se pretende extraer información..

---

<sup>9</sup> [www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17223/Sistemas\\_Sensoriales\\_Domoticos.pdf](http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17223/Sistemas_Sensoriales_Domoticos.pdf)

En la Figura 1.2 se presenta el diagrama de una topología en Línea o Bus.



**Figura 1.2 Topología en Línea o Bus**

#### **1.7.4.1.2 Topología en Estrella**

En este caso, cada elemento de campo tiene asignado su cable; es decir, desde el núcleo central de proceso de datos sale una línea a cada sensor o actuador del sistema gobernado. De aquí que la topología en estrella se denomina también topología centralizada. Esta topología permite independizar e identificar rápidamente las averías, multiplica la velocidad de transmisión de la información, incrementa la seguridad del edificio y posibilita su expansión mediante la creación de subnúcleos.

En la Figura 1.3 se presenta el diagrama de la topología en estrella.

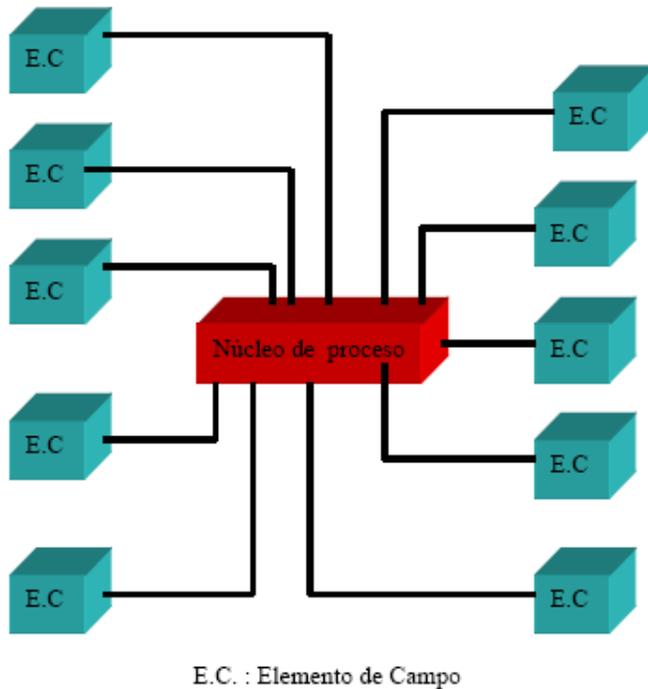


Figura 1.3 Topología en Estrella

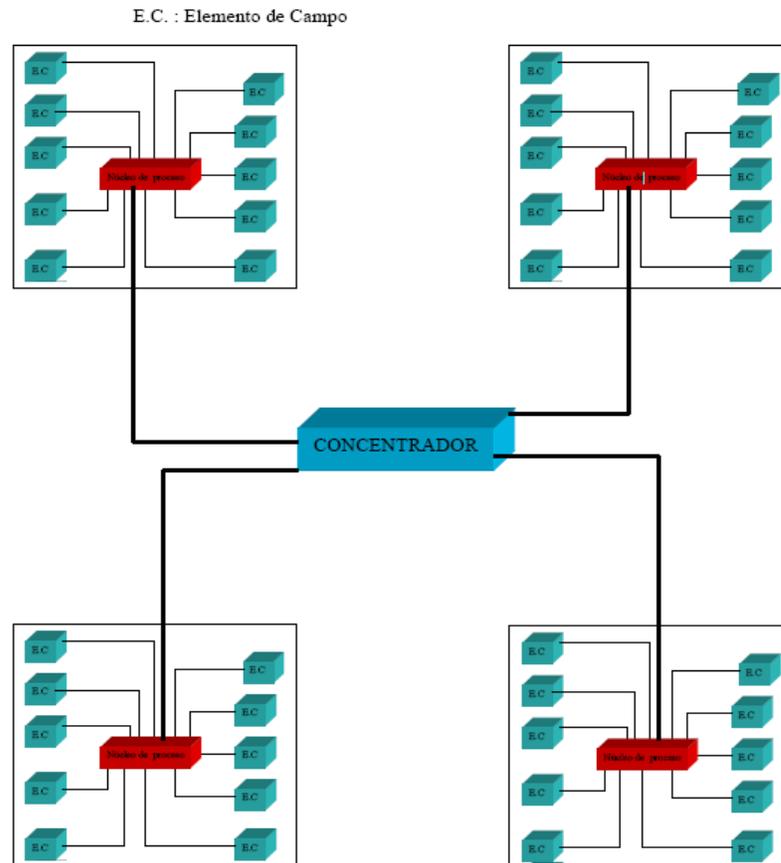
#### 1.7.4.1.3 Topologías Mixtas

Las topologías mixtas resultan de la combinación de las topologías en bus y estrella, así se tiene:

**Mixta Bus / Estrella.** Por ejemplo, en un edificio de varias plantas, puede existir una topología centralizada en cada planta. Los centros de recepción de cada planta recogen las señales existentes en ellas, y a su vez deben estar interconectados entre sí.

A veces bastará con una línea que una los centros de planta para establecer la comunicación pretendida. Y así, la topología de cableado en cada planta quedará en estrella, mientras que la topología de comunicación entre cuadros de planta será en línea.

**Mixta Estrella / Estrella o Súper Estrella.** Si en el ejemplo anterior, los centros de recepción de cada planta se unen respecto de un núcleo central mediante nuevas ramas diferentes (una para cada planta) se llega a una topología compuesta por un supernúcleo y varios subnúcleos. Se tendrá varias estrellas, que a su vez serán los extremos de una gran estrella como se muestra en la Figura 1.4.



**Figura 1.4 Topología en Súper Estrella**

#### 1.7.4.2 Tipos de Arquitectura<sup>10</sup>

La arquitectura en edificios inteligentes especifica el modo en el que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. La clasificación se realiza en base de donde reside la “inteligencia” del sistema. Las principales arquitecturas son:

<sup>10</sup> <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14>

### 1.7.4.2.1 Arquitectura Centralizada

En un sistema de domótica de arquitectura centralizada, un controlador centralizado, envía la información a los actuadores e interfaces según el programa, y recibe la información de los sensores, sistemas interconectados y usuarios. En la Figura 1.5 se muestra un esquema de la arquitectura centralizada.

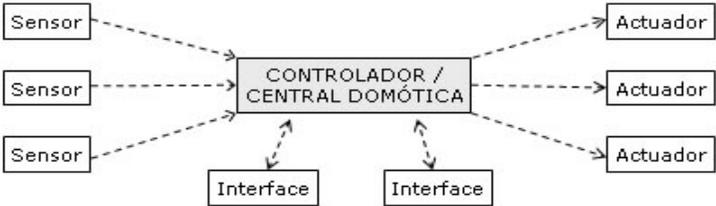


Figura 1.5 Esquema de Arquitectura de Sistema Domótico Centralizado

### 1.7.4.2.2 Arquitectura Descentralizada

En un sistema de domótica de arquitectura descentralizada, hay varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados a los controladores, según el programa; además recibe la información de los sensores, sistemas interconectados y usuarios. En la Figura 1.6 se muestra un esquema de la arquitectura descentralizada.

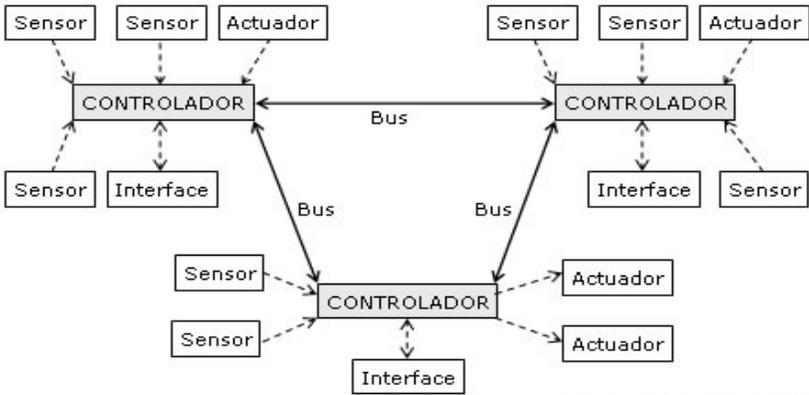


Figura 1.6 Esquema de Arquitectura de Sistema Domótico Descentralizada

### 1.7.4.2.3 Arquitectura Distribuida

En un sistema de domótica de arquitectura distribuida, cada sensor y actuador es también un controlador; capaz de actuar y enviar información al sistema según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema. En la Figura 1.7 se muestra un esquema de la arquitectura distribuida.

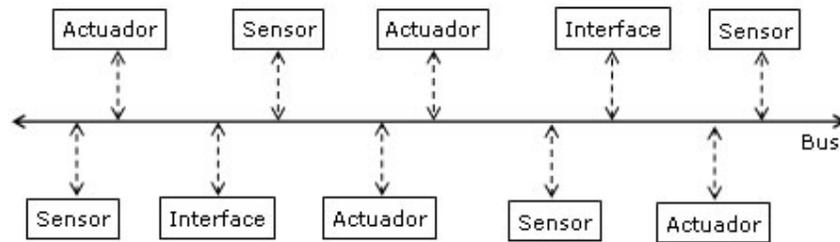
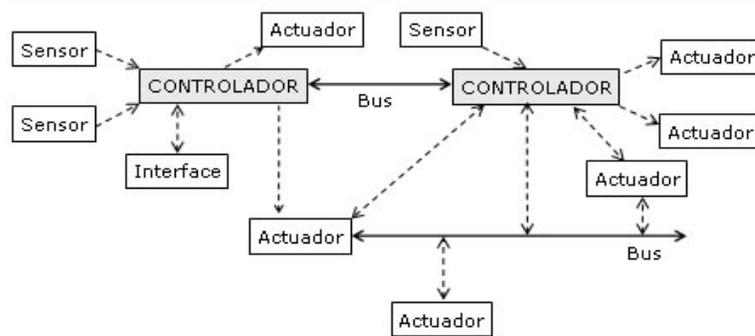


Figura 1.7 Esquema de Arquitectura de Sistema Domótica Distribuida

### 1.7.4.2.4 Arquitectura Híbrida / Mixta

En un sistema de domótica de arquitectura híbrida (también denominada arquitectura mixta) se combinan las arquitecturas centralizadas, descentralizadas y distribuidas. A la vez que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados; los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema “distribuido”) y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo; y tanto actuar, como enviarla a otros dispositivos de la red, sin que necesariamente pase por otro controlador. En la Figura 1.8 se muestra un esquema de la arquitectura híbrida/mixta.



**Figura 1.8 Esquema de Arquitectura de Sistema Domótico Híbrida/Mixta**

### 1.7.4.3 Tendencias Actuales de Estandarización<sup>11</sup>

La estandarización se refiere al hecho de que un sistema de automatización de un edificio sea compatible con elementos físicos y lógicos de otros fabricantes.

En los sistemas tradicionales el emisor y el receptor están unidos físicamente, por lo que se requiere que exista una infraestructura previa en la edificación para poder implementarse.

A continuación se describen los estándares y/o tecnologías de automatización más utilizadas e importantes en la actualidad, en el mercado europeo y americano.

#### 1.7.4.3.1 Tecnología X10

Esta tecnología fue desarrollada por Pico Electronics Ltd en Glenrothes-Escocia, entre los años de 1976 a 1978, basada en corrientes portadoras para el tráfico de información.

El principal objetivo que se plantearon los fundadores de X10 fue el de diseñar productos a precios competitivos, incluyendo circuitos integrados propios y cumpliendo con altos estándares de rendimiento.

El estándar X10 trabaja con una arquitectura descentralizada, en la cual todos los elementos de red pueden ser productores/consumidores de información y, a la vez,

<sup>11</sup> [http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Dante\\_Israel\\_Tapia\\_Martinez.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Dante_Israel_Tapia_Martinez.pdf)

procesar esta información o procesar la información que provenga de otros elementos productores/consumidores. En la Figura 1.9 se presenta el esquema del protocolo X-10

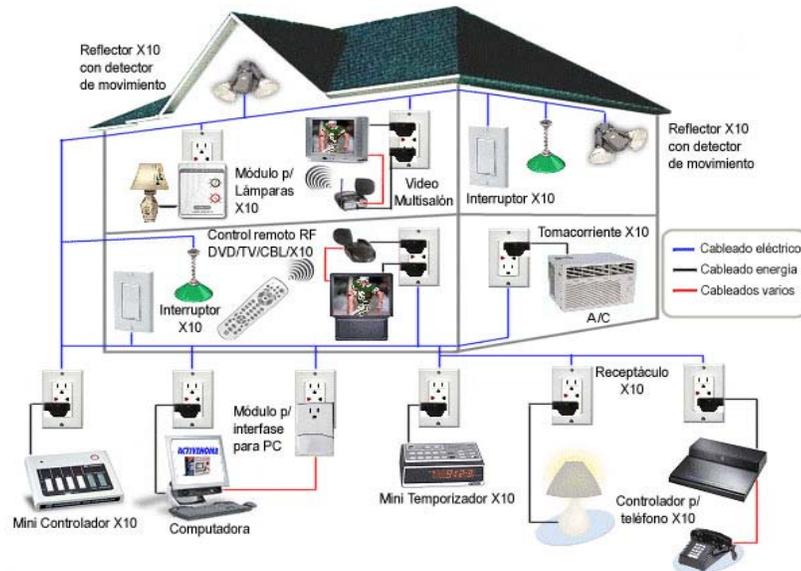


Figura 1.9 Esquema del protocolo X-10<sup>12</sup>

#### 1.7.4.3.2 Protocolo EIB

El European Intallation Bus (EIB) es un sistema domótico auspiciado por la Unión Europea con el objetivo de crear un estándar europeo, con el suficiente número de fabricantes, instaladores y usuarios, que permitiera comunicarse entre sí a todos los dispositivos de una instalación eléctrica, y así contrarrestar las importaciones de productos similares que se producían en el mercado japonés y el norteamericano.

El EIB define una relación extremo a extremo entre los dispositivos, proporcionando una arquitectura descentralizada, basada en la estructura de niveles OSI. Este protocolo efectúa la comunicación entre los dispositivos a través de una única línea (bus), la cual controla las funciones de iluminación, calefacción, encendido, apagado, etc.

No es necesario un puesto de control central, ya que el sistema trabaja de forma descentralizada, teniendo una estructura lineal, estrellada o ramificada, siendo capaz de

<sup>12</sup> [www.aaaremos.com/x10.html](http://www.aaaremos.com/x10.html)

transmitirse comandos desde una PC. En la Figura 1.10 se presenta el esquema del protocolo de bus utilizado por EIB.

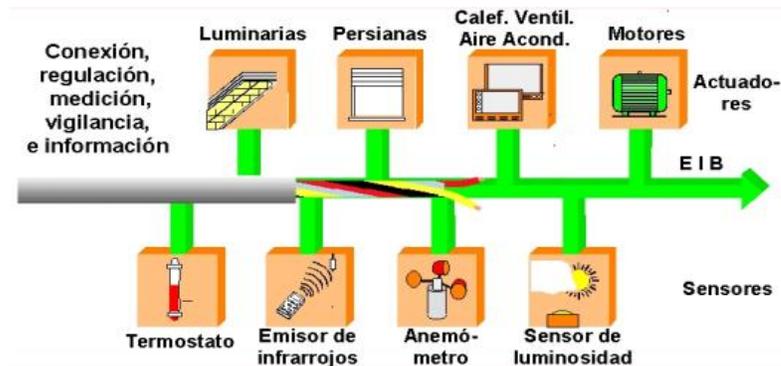


Figura 1.10 Esquema de Bus utilizando EIB<sup>13</sup>

### 1.7.4.3.3 Tecnología LonWorks

En 1992 la compañía Echelon presentó la tecnología LonWorks, la cual cubre desde el nivel físico hasta el nivel de aplicación del modelo OSI, para cualquier proyecto de domótica ofreciendo una arquitectura descentralizada. Desde entonces se ha implementando con éxito en edificios de oficina, hoteles o industrias gracias a su gran robustez y fiabilidad.

Todos los dispositivos LonWorks están basados en el microcontrolador llamado Neuron Chip; tanto el chip como la programación del mismo, se implementa en el protocolo LonTalk.

La gran desventaja de Lonworks y el motivo por el cual no ha logrado entrar al mercado es su alto costo, este problema se debe a que no existe competencia real en el desarrollo y fabricación de productos con esta tecnología. En la Figura 1.11 se muestra un esquema comparativo entre las tecnologías convencionales y la tecnología Lonworks.

<sup>13</sup> [electronred.iespana.es/eib1.htm](http://electronred.iespana.es/eib1.htm)

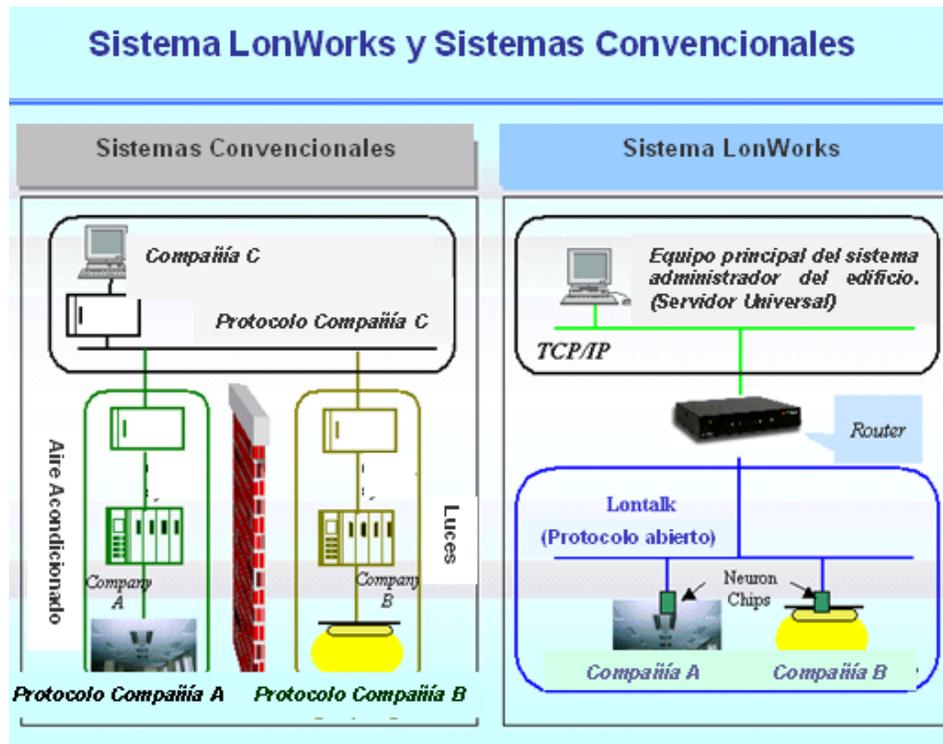


Figura 1.11 Esquema de Tecnología Lonworks<sup>14</sup>

#### 1.7.4.3.4 European Home Systems (EHS)

En 1992, con el auspicio de la comisión europea y con el respaldo de los fabricantes europeos más importantes de electrodomésticos, empresas eléctricas, operadoras de telecomunicaciones y fabricantes de equipo eléctrico, surge el estándar EHS (European Home Systems), el cual es otro intento de crear una tecnología que permitiera la implementación de la domótica de forma masiva en el mercado doméstico y además crear un protocolo abierto que permitiera cubrir las necesidades de interconexión de los productos de todos estos fabricantes y proveedores de servicio.

Su topología se basa en los niveles OSI, especificándose los niveles: físico, enlace de datos, y de aplicaciones.

El objetivo de EHS es el de cubrir las necesidades de automatización de la mayoría de los hogares europeos, con un costo menor al de otras tecnologías del mismo ámbito, tales como LonWorks, EIB o BatiBus.

<sup>14</sup> [www.nttdata.co.jp/en/media/2002/img/011500\\_01.gif](http://www.nttdata.co.jp/en/media/2002/img/011500_01.gif)

### 1.7.4.3.5 Protocolo Cebus

El Cebus (Consumer Electronic Bus) surgió en 1984 como una propuesta de la EIA (Electronic Industries Association) por unificar los protocolos de comunicación a través de infrarrojos para el control de electrodomésticos.

En el año 1992, se presentó la especificación, que trata de un protocolo abierto para entornos distribuidos de control, en donde cualquier empresa puede fabricar productos que cumplan con este estándar. En Europa, una iniciativa similar en prestaciones y al mercado al que va dirigido, es el EHS.

El Cebus tiene como principales objetivos, desarrollar dispositivos de bajo costo que puedan integrarse fácilmente en aparatos electrodomésticos, distribuyendo inteligencia entre todos ellos y prescindir de un controlador central; así mismo permitir agregar o remover fácilmente nuevos componentes sin afectar el rendimiento del sistema. En la Figura 1.12 se tiene un esquema de funcionamiento de la tecnología Cebus.

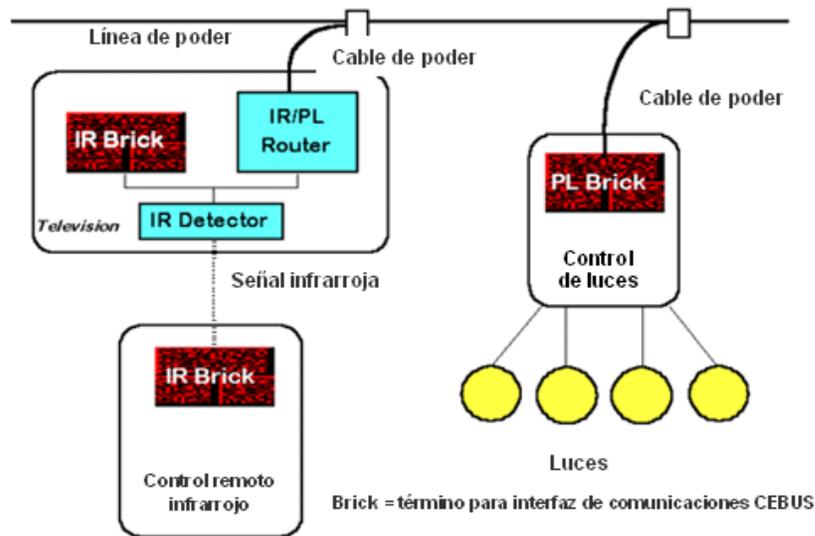


Figura 1.12 Esquema de Tecnología Cebus<sup>15</sup>

<sup>15</sup> [www.hometoys.com/.../articles/kwacks/kwacks.htm](http://www.hometoys.com/.../articles/kwacks/kwacks.htm)

#### **1.7.4.3.6 Protocolo Batibus**

En 1989, las compañías Merlin Gerin, Airelec, Edf y Landis & Gry fundaron el BCI (Batibus Club International), desarrollando el protocolo Batibus, el cual se ha convertido en un estándar mundial (ISO/IECJTC 1 SC25), aunque su mayor penetración ha sido en el mercado Francés.

Al contrario de la tecnología Lonworks con su protocolo Lontalk, el protocolo Batibus es totalmente abierto y como consecuencia cualquier empresa es capaz de implementarlo en sus productos. Batibus está diseñado para implementarse en edificios de tamaño pequeño, y medio; tales como hogares, residencias, oficinas pequeñas.

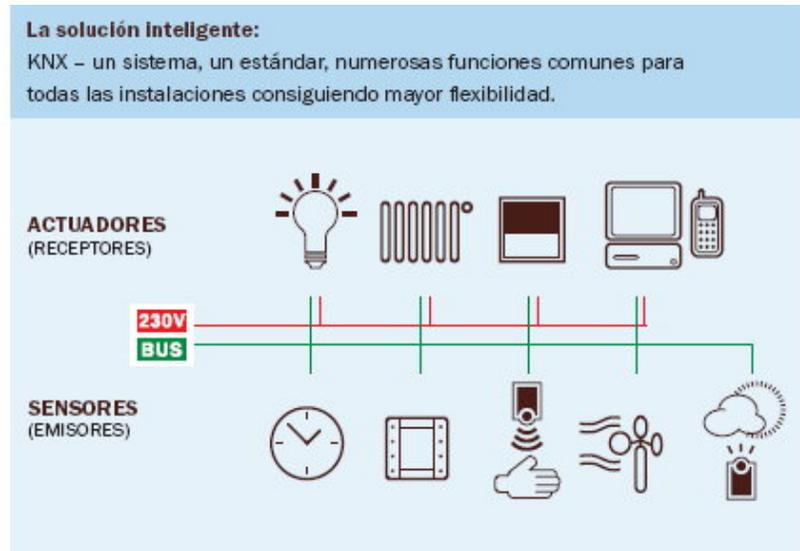
El único medio físico del Batibus es el cable, lo cual es una desventaja ya que prácticamente limita su instalación a edificios de nueva construcción, al no contemplar la comunicación a través de radiofrecuencia, infrarrojo o líneas de energía.

#### **1.7.4.3.7 Estándar Konnex**

En Europa se ha destacado BatiBus y EIB ya que ambos sistemas se han proyectado hacia el mismo mercado, desarrollando productos domóticos similares pero empleando diferentes protocolos, topologías y medios físicos no compatibles entre sí.

Por otra parte EHS ha surgido avalado por la comisión Europea y apoyada por grandes y pequeñas compañías europeas, con el fin de definir un marco genérico que permita la estandarización de los sistemas domóticos.

En el año de 1996, EHSA (EHS Association), BCI (BatiBus Club International) y EIBA (European Installation Bus Association) crean un foro para debatir sobre la convergencia de estos tres estándares, por la necesidad de unificar criterios entre protocolos y tecnologías en el campo de la domótica, con el objetivo de crear una norma común que obtenga lo mejor del EIB, del EHS y del Batibus y que a su vez aumente considerablemente la oferta de productos; lo cual, hasta la fecha no se ha logrado; de esta forma surge el estándar Konnex. En la Figura 1.13 se presenta un esquema del bus de Konnex.



**Figura 1.13 Bus de Instalación de Konnex<sup>16</sup>**

Para resumir las características de las tendencias de estandarización, a continuación en la Tabla 1.1 se realiza una comparación entre las tecnologías estudiadas, con sus respectivas características técnicas, las ventajas y desventajas que presenta cada una, además es necesario mencionar que cada una de estas tecnologías incluyen un software de control desarrollado por el fabricante de esa tecnología.

En el presente proyecto de tesis, no se utilizará dispositivos de ninguna de estas tecnologías, ya que uno de los objetivos es desarrollar un software inteligente.

<sup>16</sup> [www.inmotica.org/ayuda.htm](http://www.inmotica.org/ayuda.htm)

TECNOLOGÍA	TIPO DE PROTOCOLO	CARACTERÍSTICAS			VENTAJAS	DESVENTAJAS
		Soporte físico	Velocidad transferencia	Alcance máximo		
X10	Estándar	Red eléctrica	60bps (USA) 50bps (EUROPA)	Según longitud de red	No necesita de nuevos cables. Mayor confiabilidad	Baja velocidad de transmisión.
EHS	Abierto	Red eléctrica, Par trenzado	2.4Kbps 48Kbps	Según longitud de cable	Compatibilidad de equipos. Configuración automática y posibilidad de ampliación.	Baja velocidad de transmisión. Complejidad en instalaciones.
BATIBUS	Abierto	Par trenzado	4800bps	200m a 1500m	Red centralizada con posibilidad de diversas topologías.	Baja velocidad de transmisión.
KONNEX	Abierto	UTP, RF, Par trenzado	9600bps 1200bps/24000 2.4 Kbps	1000m 6000m	Fácil instalación y configuración. Mayor distancia de transferencia. Compatibilidad entre equipos.	Baja velocidad de transmisión.
LONWORKS	Estándar	Todos	78 Kbps a 1.28Mbps 5.4 Kbps	1500m a 2700m	Alta velocidad de transmisión. Estándar global y fácil programación.	Tecnología costosa
BACNET	Abierto	Coaxial, Par trenzado	1Mbps a 100Mbps	100m	Fácil integración de elementos.	Equipos escasos en el mercado.
CEBUS	Abierto	Todos	10000bit/s	Depende del medio	No requiere de controladores centrales. Expansibilidad de la red. Tecnología económica.	No cumple normativas europeas. Baja velocidad de transmisión.

**Tabla 1.1 Cuadro comparativo de las tendencias de estandarización**

## 1.8 TIPOS DE EDIFICIOS INTELIGENTES<sup>17</sup>

En general se pueden distinguir dos tipos de edificaciones dependiendo de si el edificio está orientado a vivienda o a servicios. Los edificios orientados para vivienda o edificios residenciales, donde las aplicaciones están más orientadas al confort y seguridad; y los grandes edificios o edificios no residenciales, donde los servicios están más orientados al ahorro energético y a mejorar el ambiente de trabajo.

### 1.8.1 EDIFICIOS RESIDENCIALES

Los edificios residenciales pueden ser de distintos tipos, diferenciando entre vivienda de una nueva construcción o de rehabilitación profunda y reforma de vivienda existente.

- **Vivienda de nueva construcción:** En el caso de vivienda o edificio de nueva construcción o de rehabilitación profunda, no existe en principio ninguna limitación. En este caso se recomienda la colocación de un cableado específico que transmita la información necesaria entre diferentes elementos del sistema.
- **Reforma de vivienda existente:** En cambio en el caso de vivienda o edificio existente se recomienda una sola solución no cableada, donde los requisitos de instalación son mínimos, ya que es posible aprovechar o bien la propia red eléctrica y/o bien la tecnología radiofrecuencia como medio de transmisión. En cualquier caso, son sencillos de utilizar y su coste se ha reducido en los últimos años.

---

<sup>17</sup> Romero Morales C, Vásquez Serrano F, Castro Lozano C, Domótica e Inmótica Viviendas y Edificios Inteligentes, 2da Edición, 2007, Pág. 35-37

## **1.8.2 EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

Los edificios de tipo no residencial se clasifican según su objetivo o utilización específica, pudiendo ser concebidos para varios fines (por ejemplo, un edificio que combine los aspectos residencial, hotelero y de oficinas).

## **1.9 COMPONENTES DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES<sup>18</sup>**

Para poder clasificar los componentes que debe reunir un edificio inteligente se tomó en cuenta sus características y los servicios que debe ofrecer. Éstos se pueden abordar desde dos puntos de vista: Funcional y Estructural.

### **1.9.1 ASPECTO FUNCIONAL**

De acuerdo al punto de vista funcional, la capacidad de soporte del edificio se puede evaluar en términos de cuatro elementos básicos: Estructura, Sistemas, Servicios, Administración.

Un edificio "inteligente" es aquel que optimiza cada uno de estos cuatro elementos y las relaciones entre ellos.

#### **1.9.1.1 Estructura del edificio**

La estructura del edificio comprende los componentes estructurales del edificio, los elementos de arquitectura, los acabados de interiores y los muebles.

Los aspectos estructurales importantes dentro de un edificio inteligente son:

---

<sup>18</sup> <http://ict.udlap.mx/people/ingrid/tesisEI.html>, Pág. 10-15

- El edificio debe gastar el mínimo necesario de energía, por lo que es importante su situación y orientación, así como la composición de sus elementos estructurales (techo, pisos, ventanas y paredes).
- La manera en la que se aprovecha la luz solar, tomando en cuenta su impacto sobre la visibilidad (por ejemplo en las pantallas de video) y la calidad de la luz necesaria para trabajar.
- El espacio suficiente para proveer pisos y techos falsos, para permitir acceso rápido al cableado.
- La previsión del peso que tendrán que soportar pisos y techo a futuro, para alojar equipos electrónicos, antenas, etc.
- Las fuentes de poder auxiliares (para respaldos) y fuentes de poder de "no interrupción" (baterías para el No-Break) que alimentarán a los equipos.
- Los conductos y registros adecuados para cableados y conexiones.

En lo que se refiere a acabados interiores, éstos se deben escoger en función de su calidad estética, sus relaciones de escala, iluminación, características de electricidad estática y acústica, se prefieren elementos que amortigüen el sonido; además, se deben tomar en cuenta los aspectos ergonómicos.

### **1.9.1.2 Sistemas del edificio**

Los sistemas del edificio son los que proveen principalmente un ambiente hospitalario para los usuarios y equipos. Los principales sistemas de un edificio son:

- Sistemas de calefacción, ventilación y aire-acondicionado, llamado HVAC
- Luz

- Energía eléctrica
- Cableado
- Elevadores
- Agua caliente
- Control de acceso
- Seguridad
- Telecomunicaciones
- Administración de información

Todos estos elementos dependen directamente del diseño del edificio, ya que debe haber flexibilidad para soportar cambios.

Para minimizar los gastos energéticos es recomendable monitorear y controlar todos los sistemas que consuman energía. Estos sistemas pueden estar formados por dispositivos conectados por una red al procesador central, que se encargará de mantener un registro de consumo, control y optimización.

### **1.9.1.3 Servicios del edificio**

Los servicios del edificio satisfacen las necesidades directas de los usuarios, de la manera más eficiente y económica, preservando la utilidad de la estructura a largo plazo.

Los servicios que presenta un edificio inteligente son los siguientes:

- Comunicación (voz, datos y video)
- Automatización de oficinas
- Facilidades de salas de reuniones y salas de cómputo para uso compartido
- FAX y fotocopiado
- Correo electrónico
- Limpieza y mantenimiento
- Capacitación
- Estacionamientos y transporte

- Directorio del edificio

Todos estos servicios se proporcionan de forma centralizada, optimizando así el consumo de energía.

#### **1.9.1.4 Administración del edificio**

En lo referente a la administración, se proveen herramientas para controlar y administrar todo el edificio, dar mantenimiento, tomar decisiones en casos de emergencia, etc. En muchos edificios modernos, son parte de la responsabilidad de los administradores del edificio, los sistemas de seguridad, energía, control de fuego, comunicaciones, sistemas de información y el cableado respectivo.

Por ello, han cobrado gran importancia los sistemas "inteligentes" como herramientas para los administradores del edificio. Ellos necesitan a la computadora por su capacidad en el manejo de bases de datos y procesamiento de información para acumular y manipular datos, así como para administrar de manera efectiva los diversos sistemas incorporados a los edificios de hoy.

### **1.9.2 ASPECTO ESTRUCTURAL**

Desde el punto de vista estructural se pueden distinguir tres factores clave en el concepto de edificio inteligente, que completan su definición: flexibilidad del edificio, integración de servicios, diseño exterior e interior.

#### **1.9.2.1 Flexibilidad de un edificio**

Un edificio flexible se caracteriza por dos atributos:

- La capacidad de incorporar nuevos o futuros servicios.

- La posibilidad de permitir reubicaciones de personal o reestructuraciones internas, sin que ello sea muy complicado.

De acuerdo a su vida útil, los componentes de un edificio se clasifican en:

#### **1.9.2.1.1 Caparazón**

Este comprende los elementos estructurales, de fachada, estacionamientos, escaleras, conductos, etc., los cuales tienen una vida útil de 50 años aproximadamente.

#### **1.9.2.1.2 Servicios**

El ciclo de vida de un servicio oscila entre 15 y 20 años. Los servicios incluyen toda la gama de elementos tecnológicos como:

- La infraestructura básica de calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC), iluminación, telecomunicaciones, ascensores, cabinas y armarios de conexión, suelos falsos, cableados, etc.
- Equipos asociados a cada uno de los servicios incluyendo sensores, terminales, antenas y equipos intermedios de control, unidades centrales, etc.

#### **1.9.2.1.3 Escenarios**

Tienen un ciclo de vida esperado de entre 5 y 10 años. Comprenden todos los acabados superficiales (recubrimientos de pisos techos y paredes), fuentes de luz (focos o lámparas), etc., que permiten adaptar el entorno a los requerimientos específicos de los usuarios.

#### **1.9.2.1.4 Decorados**

Éstos se refieren a la distribución precisa de los elementos del escenario interior, en especial muebles, de acuerdo a las necesidades inmediatas de la organización, los cuales podrían cambiarse diariamente.

En un edificio flexible, cada uno de estos cuatro componentes es independiente de los demás.

#### **1.9.2.2 Integración de servicios**

La integración de servicios presenta dos variantes:

- Integración del control, gestión y mantenimiento de todos los sistemas y servicios del edificio. Todas las señales son controladas por un solo equipo.
- Integración de las infraestructuras de cableado; combinando, en un determinado soporte físico, las señales de varios sistemas distintos (que son aquellas controladas por un solo equipo).

Dentro de los servicios del edificio se tienen cuatro áreas generales:

##### **1.9.2.2.1 Área de automatización del edificio**

- Sistemas Base de Soporte de la Actividad: Son las instalaciones que se encargan de proveer el conjunto de servicios básicos para un ambiente confortable para el desarrollo de las actividades (agua, gas, electricidad, iluminación, climatización, etc.)
- Sistemas de Seguridad: Se encarga de proteger las vidas humanas y sus bienes, y comprende: prevención o acciones antes del problema, protección o acciones durante el problema, investigación o acciones durante y después del problema.

- Sistemas de Control y de Gestión de la Energía: Su función es la de optimizar el consumo de energía del edificio.

#### **1.9.2.2.2 Área de automatización de la actividad**

Dependiendo de la actividad que se llevará a cabo en el edificio, existirán facilidades y servicios para dar soporte a dicha actividad. La selección correcta e implementación de estos servicios se reflejará directamente en la productividad, eficiencia y creatividad en las oficinas. Algunos de estos servicios serían: acceso a servicios telefónicos avanzados, procesadores de textos, datos, gráficas, etc., impresoras de alta calidad, plotters, scanners, soporte al proceso de toma de decisiones, otros.

#### **1.9.2.2.3 Área de telecomunicaciones**

Las telecomunicaciones son un aspecto decisivo en los edificios inteligentes ya que son parte medular de los servicios que ofrecen. Los principales factores que hay que tener en cuenta en relación al diseño del sistema de telecomunicaciones son:

- Proveer un espacio suficiente y acondicionado para los equipos centrales y secundarios.
- Proveer espacio suficiente y de acceso fácil para el cableado.
- Aceptar la necesidad de un constante esfuerzo en la planificación, documentación y mantenimiento posterior, relativo a estos temas.
- Diseñar con flexibilidad el sistema de telecomunicaciones.

Los componentes principales del área de telecomunicaciones son:

- Una central de conmutación privada o PABX (Private Automatic Branch exchange)
- Las redes de transmisión interiores.
- Los equipos de conexión con redes externas.

#### **1.9.2.2.4 Área de planificación ambiental**

Un edificio inteligente debe ofrecer prestaciones encaminadas a conseguir un ambiente laboral atractivo que facilite y estimule el trabajo. Estas prestaciones van desde un diseño adecuado del lugar de trabajo y el establecimiento de un nivel alto de seguridad, hasta la disponibilidad de salas para reuniones, conferencias, capacitación y descanso.

Referente a ello, hay algunos aspectos a considerar:

- La posibilidad de zonificar o personalizar los servicios, tales como iluminación, HVAC, etc.
- La planificación, uso y redistribución de espacio (incluyendo criterios estéticos, zonas de descanso, descentralización de los centros de cálculo, espacios de archivo, etc.)
- La ergonomía del lugar de trabajo.
- La creación de un entorno de seguridad (escaleras y otros medios de evacuación del lugar, señalización, medios de protección ante siniestros, etc.)
- Los servicios e instalaciones que no son estrictamente necesarios para el desempeño de la actividad principal de la empresa (restaurante, cafetería, guardería, cajeros automáticos, etc.)

### **1.9.2.3 Diseño exterior e interior**

El tercer factor clave en la definición de edificio inteligente es el diseño, en el cual se distinguen en dos grandes áreas:

- Diseño exterior (diseño arquitectónico).
- Diseño interior (relacionado con arquitectura, ergonomía y planeación del espacio).

En general, el diseño de un edificio presenta dos grandes aspectos:

- "High-tech", relacionado a los elementos tecnológicos que soportan la gestión, el control del edificio y las nuevas tecnologías de la información.
- "High-touch", que se refiere al diseño a través del cual se consigue un ambiente de trabajo confortable en un entorno altamente tecnificado.

Para hacer que un edificio sea flexible es necesario hacer un diseño inicial cuidadoso y en cierta forma sobredimensionada, ya que un error en esta fase puede afectar la vida útil del edificio.

## **1.10 NIVELES DE INTELIGENCIA**

La inteligencia de un edificio es una medida de:

- La satisfacción de las necesidades de los habitantes y su administración.
- La posibilidad de respetar y adaptarse al medio ambiente que lo rodea.
- La integración entre sistemas y servicios.

Con este antecedente existen tres niveles de inteligencia, catalogados en función de la automatización, de la integración y desde el punto de vista tecnológico:

### **1.10.1 NIVEL 1: INTELIGENCIA MÍNIMA O BÁSICA**

Un edificio se ubica en este nivel cuando tiene un sistema básico de automatización del edificio, y dispositivos como: sensores de temperatura, humedad, detectores de fuego y sismos, alarmas, controles de puertas, lámparas, controles de acceso, además de los aparatos de automatización de oficinas y todo tipo de elemento electrónicos, los cuales no están integrados.

### **1.10.2 NIVEL 2: INTELIGENCIA MEDIA**

El edificio tiene un sistema de automatización integrado, pero sin una completa integración de las telecomunicaciones y peor aún con un sistema de control que permita supervisar y administrar el edificio para la toma de decisiones.

### **1.10.3 NIVEL 3: INTELIGENCIA MÁXIMA O TOTAL**

Los sistemas de automatización del edificio y las telecomunicaciones, se encuentran totalmente integrados. Además se dice que es un nivel de inteligencia máximo porque cuenta con un sistema inteligente, el cual se encarga de controlar, supervisar y decidir sobre el funcionamiento de las instalaciones del edificio.

Mientras mayor sea la integración entre sistemas, mayor será la inteligencia del edificio. Por ejemplo, un sistema de seguridad protege a las personas, los bienes materiales y la información; ante una alerta de incendio, el sistema contra incendios deberá alertar a los ocupantes del edificio con alarmas sonoras y mensajes de voz, liberar puertas para la evacuación, señalización de salidas de emergencia, dejar sin energía a zonas críticas.

## **1.11 APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDIFICIOS INTELIGENTES**

Las posibilidades de aplicar Inteligencia Artificial en edificios son amplias, ya que la expansión de la Inteligencia Artificial va en continuo crecimiento, por una parte se observa sistemas para control de energía, agua, detección y extinción de incendios, ascensores, control de iluminación, control de accesos, circuito cerrado de TV, seguridad, comunicaciones, internet, intranet, extranet; los cuales aplican sistemas electrónicos para el control y monitoreo, pero la fusión de técnicas de Inteligencia Artificial en la construcción de edificios inteligentes permitirá incrementar significativamente los niveles de calidad de vida para quienes laboran en este tipo de estructuras.

El tipo de aplicaciones que se quiera implementar en un edificio está determinado por la creatividad, intelecto e imaginación del ser humano para crear construcciones que satisfagan sus requerimientos, por tal motivo se citan por separado las aplicaciones de la Inteligencia Artificial, como la de edificios para tener un panorama más amplio.

### **1.11.1 TÉCNICAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADAS EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN**

A continuación se describe las técnicas más destacadas de la Inteligencia Artificial aplicadas al campo de la construcción.

#### **1.11.1.1 Sistemas Expertos**

Los sistemas expertos se pueden emplear en climatización, para la selección de tipos de equipos a ser instalados en un edificio en función del clima, ubicación, requisitos de mantenimiento, detección de fallas en equipos de climatización, provisión de espacios para planta, presupuesto, consideraciones de ahorro energético, preferencias individuales, etc.

Los sistemas expertos también se pueden utilizar como herramienta de asistencia o guía en el mantenimiento preventivo de los diversos sistemas instalados en un edificio.

### **1.11.1.2 Redes Neuronales**

Las redes neuronales son un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, que es el ejemplo más perfecto del que se dispone para un sistema que es capaz de adquirir conocimiento a través de la experiencia. Una red neuronal es un nuevo sistema para el tratamiento de la información, cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano: la neurona y es aplicada para la solución de problemas, como el reconocimiento de formas y figuras.

Las redes neuronales en el reconocimiento biométrico, permiten la identificación y/o verificación de la identidad de personas a partir de características morfológicas o de comportamiento; propias y únicas del individuo, conocidas como autenticadores. Como principales autenticadores se puede mencionar las huellas dactilares, la geometría de la mano, la cara, el termograma facial, el iris, la retina, la voz, el estilo de escritura, etc.

El reconocimiento de patrones biométricos es una herramienta de control de accesos utilizada en edificios, redes, sistemas de información, etc.

### **1.11.1.3 Algoritmos Genéticos**

Los algoritmos genéticos constituyen una de las principales herramientas tecnológicas de inteligencia artificial, estos algoritmos simulan la mecánica de la selección natural y de la genética utilizando la información histórica para encontrar nuevos puntos de búsqueda de una solución óptima, permitiendo obtener soluciones a un problema que por su complejidad no tiene ningún método de solución, de forma precisa.

Estos algoritmos han sido usados en campos muy diversos, tales como, optimización de funciones, procesamiento de imágenes, el problema del agente viajero, identificación de sistemas, y control; en los grandes edificios donde se transporta diariamente a través de sus ascensores, grandes volúmenes de personas; los trabajos más interesantes de los algoritmos de optimización; se puede determinar desde la atención a nivel de servicio ofrecida al usuario, a través del tiempo de espera, hasta la optimización del consumo energético, pasando por la capacidad manejada por el sistema.

#### **1.11.1.4 Lógica Difusa**

La lógica difusa es una técnica basada en la teoría de conjuntos que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana, que puede procesar información incompleta o incierta, característico de muchos sistemas expertos; se tiene un número creciente de aplicaciones entre las cuales se puede mencionar: la construcción de artefactos electrónicos de uso doméstico y de entretenimiento, el diseño de dispositivos artificiales de deducción automática, el diseño de sistemas de diagnóstico y de control de complejos procesos industriales, etc.

La lógica difusa también ha sido utilizada en los sistemas de climatización para realizar el control de la temperatura con la finalidad de lograr un trabajo óptimo y eficiente del sistema con el consiguiente ahorro energético sin alterar el confort brindado a los ocupantes de los edificios. Se justifica el uso de la lógica difusa en este tipo de sistemas por la complejidad de los procesos termodinámicos a controlar.

### **1.12 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

A continuación se citan las ventajas y desventajas de los edificios inteligentes, para ello se toma en cuenta algunos puntos de vista.

#### **1.12.1 VENTAJAS**

Las ventajas de los edificios inteligentes se identifican desde tres puntos de vista: general, de administradores y de usuarios.

### 1.12.1.1 Desde el Punto de Vista General<sup>19</sup>

Algunas de las ventajas de los edificios inteligentes tienen que ver con el desempeño, la comodidad, el ambiente dentro del edificio y el ahorro de energía.

- **Desempeño.** Se refiere al papel que juega la iluminación en la productividad del usuario. Para ello es necesario considerar el tamaño de los objetos con los cuales se realiza la actividad, la edad del usuario, el tiempo que se destina a desarrollar la actividad y el contraste existente entre la actividad y su entorno, a fin de definir los niveles de iluminación recomendados para cada área.
- **Comodidad.** Los empleados que se sienten cómodos realizan mejor sus labores. Tener niveles de iluminación adecuados favorece que los espacios se vean más atractivos y naturales.
- **Ambiente.** Con la ayuda de la iluminación se puede cambiar el espacio de esa área. Puede ser usado para producir una respuesta emocional en el usuario. Los usuarios son personas sensibles que pueden ser influenciados por la iluminación en diferentes ambientes.
- **Administración de energía.** En el diseño de iluminación se debe considerar la localización de productos que sean más eficientes con la energía eléctrica y con los niveles de operación recomendados. Aunque algunas veces el costo inicial de estos productos es más elevado que los productos convencionales, el costo de operación y mantenimiento es menor.
- **Status.** Genera un mayor status de vida por el hecho de integrar alta tecnología al común vivir de la sociedad actual, haciendo que el usuario se acerque un paso más al futuro.
- **Valor Agregado.** Genera un valor agregado que aumenta considerablemente su valor comercial, debido no solo a los beneficios adicionales que presta, sino a la implementación de alta tecnología poco común en la actualidad.

---

<sup>19</sup> <http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=breviario&ejemplar=60&id=384>

- **Protección.** Estos sistemas generan mecanismos de autoprotección enfocada hacia la seguridad de los ocupantes, dando herramientas para que los usuarios generen situaciones preestablecidas que induzcan a pensar que el inmueble se encuentra ocupado en un momento determinado o que se generen avisos de emergencia hacia el exterior del mismo, en el evento de cualquier tipo de problema que se presente.

Así, se puede concluir que un edificio inteligente es el producto de la convergencia de diversas disciplinas: arquitectura, diseño de interiores y exteriores, diseño de muebles y equipos, tecnologías de acondicionamiento del aire, tecnologías de cableado de edificios, sistemas locales de comunicación, sistemas computacionales, dispositivos de automatización, factor humano y ergonomía, estudios ecológicos y ambientales.

#### **1.12.1.2 Desde el punto de vista de los administradores**

Un edificio inteligente proporciona a sus administradores un conjunto de facilidades para su mantenimiento, como la comunicación hacia dentro y hacia fuera del edificio permitiendo un control eficiente y económico, vigilancia, seguridad contra fuego, monitoreo, sistema de alarma (aviso a los ocupantes dentro del edificio, a la policía, a los bomberos y hospitales).

#### **1.12.1.3 Desde el punto de vista de los usuarios**

Un edificio inteligente ofrece a los usuarios, en su lugar de trabajo, un ambiente seguro, diseñado ergonómicamente y en función de las personas para aumentar su productividad y estimular su creatividad. Provee también servicios sofisticados de computación y telecomunicaciones. En hoteles y residencias debe proporcionar un ambiente que sea confortable y más humano, evitando así los entornos fríos e impersonales.

### **1.12.2 DESVENTAJAS**

Se podría decir que las desventajas son realmente pocas con respecto a las ventajas, pero se pueden mencionar las siguientes:

- El precio aún es demasiado alto.
- Al ser relativamente nueva su aplicación, se pueden experimentar fallos en los sistemas.
- Se puede producir el aislamiento del usuario.
- Se puede dar un grado de dificultad al usuario, dependiendo del nivel de automatización del sistema.

### **1.13 EJEMPLOS DE EDIFICIOS INTELIGENTES**

Con motivo de investigación se realizó una visita a Laboratorios Pfizer Ecuador que se encuentra ubicado en la ciudad de Quito; es la primera compañía farmacéutica a nivel mundial, con representaciones en más de 150 países. Cuentan con un equipo humano altamente profesional en las diferentes áreas y que la gente presenta un profundo nivel de compromiso con la empresa. Los objetivos parten de la gerencia general y se establecen en cascada, uno de estos objetivos es brindar seguridad, tanto física como industrial, lo cual ha dado lugar a generar y aplicar proyectos de seguridad que es una de sus mayores fortalezas.

El Ing. Daniel Ortega, Jefe de Seguridad Física e Industrial Pfizer Ecuador, menciona que cuentan con cuatro sistemas de control para las instalaciones, que son:

- Sistema de control de accesos
- Sistemas de control de incendios y audio evacuación de incendios
- Circuito cerrado de televisión. (C.C.T.V)
- Sistema de ventilación.

### **1.13.1 SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS**

En la puerta principal se dispone de Garrett (detector de metales), cada persona dentro de la empresa se identifica mediante tarjetas de proximidad, cada puerta tiene controles eléctricos, electromagnéticos y lectoras de proximidad.

Para llevar el control del personal Pfizer cuenta con un sistema con lectora de huellas digitales y tarjetas de proximidad. Cada puerta se abre mediante las tarjetas de proximidad; y algunas requieren de mayor seguridad, además de la tarjeta de proximidad, necesitan del ingreso de una clave.

Este sistema esta apoyado en un software llamado NexWatch que permite administrar las tarjetas de proximidad, dando a los usuarios los permisos respectivos según la política de Pfizer; es decir, permiso para entrar a una zona, tiempo que puede permanecer en las instalaciones, entre otros aspectos.

### **1.13.2 SISTEMAS DE CONTROL DE INCENDIOS Y AUDIO EVACUACIÓN DE INCENDIOS**

Los dispositivos que intervienen en este sistema son: sensores iónicos, splinkers, luces de emergencia, indicadores de salida de emergencia, alarmas manuales, gabinetes de incendios (extintores), letreros de salida y mapas de salidas de emergencia ubicados en las puertas de cada oficina. Su ubicación se realiza de acuerdo a las consideraciones del personal del área de seguridad física e industrial de las instalaciones de Pfizer.

Los sensores iónicos funcionan con una gota de mercurio, la cual al detectar humo se funde y cae, haciendo que el sensor se active; tiene un alcance de detección de 20 metros. Los criterios para ubicarlos dependen de la zona en que se va a instalar.

El radio del rociador de los splinkers es de 3 metros, el cual rocía agua y aire presurizado y se demora 3 milésimas de segundo desde que se activa.

El cable que utilizan para este sistema de incendios es especial, capaz de soportar altas temperaturas. Las luces de emergencia funcionan con batería y se activan tras un corte de energía eléctrica.

Todos estos dispositivos son alimentados con UPS y en caso de ser necesario cuentan con baterías.

El funcionamiento de este sistema en caso de emergencia es el siguiente:

Una vez que se activa un sensor de humo, las luces de emergencia FIRE se encienden y emiten un pitido agudo, el operador se dirige a la consola para verificar el número de sensor que se ha activado y revisa en una tabla impresa a que zona pertenece para dirigirse personalmente a ese sitio, si realmente la situación amerita vuelve a consola y pulsa un botón para activar de forma manual los sprinklers de la zona en riesgo. Los sprinkler también pueden activarse automáticamente al llegar a una temperatura de 70 grados.

### **1.13.3 CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN**

Pfizer tiene instalados equipos de Honeywell, el circuito cerrado de TV cuenta con cámaras externas tipo domo para monitorear los exteriores, estas cámaras son de color, giran 360 grados, pueden realizar acercamientos a grandes distancias, puede verse el mínimo detalle si se requiere, y se manejan con un joystick desde el cuarto de control.

Las cámaras que se encuentran en el interior, están ubicadas estratégicamente tratando de cubrir todas las áreas; y en zonas donde se requiere mayor seguridad, existen mayor número de cámaras de manera que capten todo lo que ocurre. El número total de cámaras que disponen es de 160 distribuidas en sectores estratégicos, las mismas que permanecen grabando las 24 horas y 365 días del año.

### **1.13.4 SISTEMA DE VENTILACIÓN**

Mediante un sistema de control y monitoreo, se maneja el aire acondicionado por zonas, además funciona como extractor de olores, el control del aire acondicionado se hace de una forma manual. Cada uno de estos sistemas funcionan en un PC independiente, todos ubicados en un mismo cuarto de control, el cableado se distribuye por todas las instalaciones por un mismo ducto, los cables son diferenciados por colores para cada sistema.

## **CAPITULO II**

### **PROPUESTA DE DISEÑO DE EDIFICIO INTELIGENTE PARA LA ESPE-L**

En este capítulo se realizará una propuesta de diseño de edificio inteligente para la ESPEL, el cual abarca el sistema inteligente de iluminación, el sistema de climatización, el sistema de control de cargas, el sistema inteligente de seguridad, sistema inteligente para detección de incendios y generación de rutas de evacuación; los cuales involucran hardware y software.

Particularmente la propuesta de diseño se centrará en los aspectos relacionados con el software; es decir, se realizará el análisis de la implementación de un sistema inteligente, mediante el cual el operador podrá monitorear y conocer si los dispositivos o el sistema global necesitan mantenimiento; además con la información que se registre del dispositivo instalado (sensor), el sistema automáticamente generará reportes mostrando las condiciones actuales y dando sugerencias para solucionar posibles problemas. Como caso práctico se diseñará e implementará el software para el sistema inteligente de detección de incendios y generación de rutas de evacuación.

Para el desarrollo de este capítulo, se parte del estudio de los planos arquitectónicos del edificio de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, en base a éstos se analiza los aspectos estructurales que comprenden las características físicas que se debe considerar en el diseño del edificio; así también se analiza los aspectos funcionales, dentro de los cuales se especifican los medios de transmisión, estándares, áreas de gestión; para luego realizar una propuesta de los sistemas y la ubicación de los dispositivos que se consideran factibles de implementar en el edificio.

## **2.1 ESTUDIO DE LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS DEL EDIFICIO**

Como se sabe un edificio es considerado inteligente cuando posee una infraestructura de automatización y software inteligente que lo gobierne; además desde el punto de vista de un ingeniero civil o un arquitecto, el diseño de un edificio inteligente empieza desde el mismo momento de la conceptualización y elaboración de los planos del inmueble, por lo que los profesionales del área consideran algunos factores básicos de diseño, los cuales se tienen en cuenta para realizar un análisis comparativo entre el edificio en estudio y un edificio inteligente.

### **2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA**

El presente proyecto trata del diseño de un edificio inteligente para la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, para lo cual se ha considerado el nuevo edificio que se encuentra ubicado en la parte posterior del bloque de aulas, el mismo que ocupa un área de terreno de forma rectangular de 720,912 m<sup>2</sup>.

El edificio se distribuye de la siguiente manera:

**Planta Baja Tipo**, en esta planta se ubica 4 aulas para 45 alumnos, 3 para 25 alumnos, 3 aulas para 15 alumnos, 1 cuarto de control y 2 puertas de acceso a la planta baja.

**Planta Piso, Primera, Segunda y Tercera**, tienen la misma distribución de aulas que la planta baja tipo, 4 aulas para 45 alumnos, 3 para 25 alumnos, 4 aulas para 15 alumnos y 1 puerta de acceso a cada planta que conecta al edificio contiguo con la finalidad de compartir gradas de acceso.

A continuación se muestra el plano del edificio, en las Figuras 2.1 y 2.2.

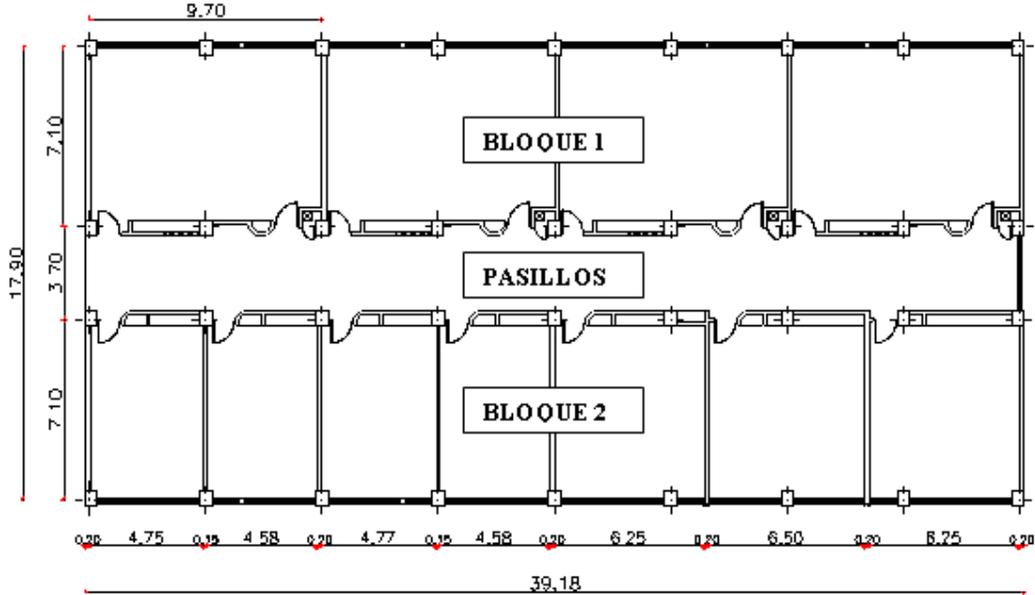


Figura 2.1 Planta Baja y Planta Alta Tipo<sup>20</sup>

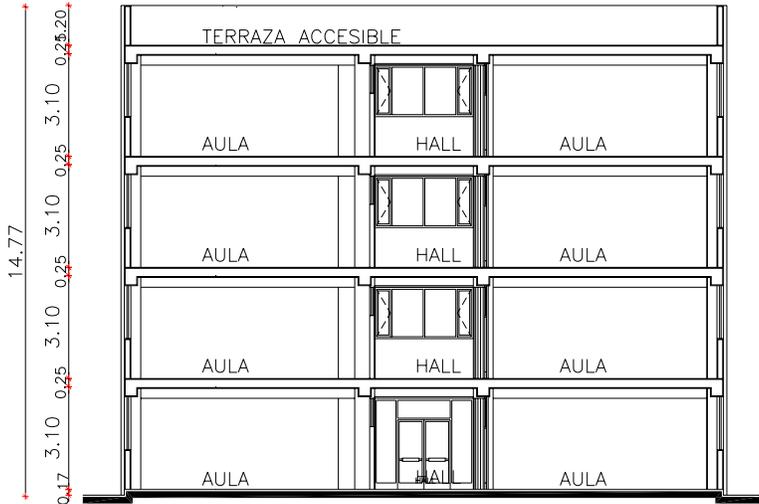


Figura 2.2 Vista Frontal

<sup>20</sup> Planos arquitectónicos facilitados por el Arq. Orbea Carlos, Jefe de la Unidad de Mantenimiento y Construcciones de la ESPE-L

En la Tabla 2.1 se muestra la superficie de cada aula.

<b>Aulas</b>	<b>Superficie en m<sup>2</sup></b>
Aulas de 45 alumnos	68.87 m <sup>2</sup>
Aulas de 25 alumnos	46.15 m <sup>2</sup>
Aulas de 15 alumnos	33,72 m <sup>2</sup>
Hall	144.17 m <sup>2</sup>

**Tabla 2.1 Superficie de Aulas**

En la Tabla 2.2, se indica el número de alumnos que puede alojar el edificio.

<b>Planta</b>	<b>N° de Alumnos</b>
Baja	300
Primera	315
Segunda	315
Tercera	315
Total	1245

**Tabla 2.2 Capacidad del Edificio**

## **2.2 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DEL EDIFICIO**

Tomando en cuenta los puntos mencionados anteriormente, se analiza el aspecto estructural y funcional que debe contemplar el edificio de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga.

### 2.2.1 ASPECTO ESTRUCTURAL

En el capítulo I se mencionó los aspectos estructurales que se debe contemplar en un edificio inteligente, lo cual gira en torno a los principios de diseño interdisciplinario, flexibilidad, integración de servicios, administración eficiente y mantenimiento preventivo, desde este punto de vista se llega a concluir que, el edificio en estudio fue diseñado para un fin concreto y con muy pocas posibilidades de ofrecer servicios que no estaban incluidos en su diseño original, por lo que se deduce que carece de aspectos estructurales importantes, los cuales se puede mencionar:

- Carece de flexibilidad, si el usuario a futuro demanda nuevos y sofisticados servicios se requerirá de una inversión considerable, por lo que puede suponer un sobredimensionamiento del diseño inicial.
- No es un edificio independiente, por que tiene que compartir las vías de acceso con el edificio contiguo, lo cual es un gran atenuante, en caso de producirse un siniestro.
- Se ha observado que la colocación de los interruptores no cumple con un diseño ergonómico, falencia que influye en confort del usuario.
- El edificio no cuenta con ningún sistema y servicios automatizados lo cual implica que el usuario y administrador del edificio no puedan tener control sobre el mismo.

Basándose en estos aspectos y considerando que existen una serie de factores que requieren de un estudio más detallado desde el momento mismo de la planificación del edificio, se pone de manifiesto que, el diseño de un edificio inteligente requiere de un preestudio minucioso, en el que se proyecten los sistemas y servicios que requerirán a futuro. En este caso el edificio se encuentra en funcionamiento y con las características antes mencionadas, por ende la incorporación de nuevos sistemas tendrán una mayor incidencia en el factor económico, con esto no se quiere decir que no es factible realizar un proyecto de esta envergadura, ya que a la postre se tendrá rentabilidad tanto para los usuarios como para la imagen de la institución.

## 2.2.2 ASPECTO FUNCIONAL

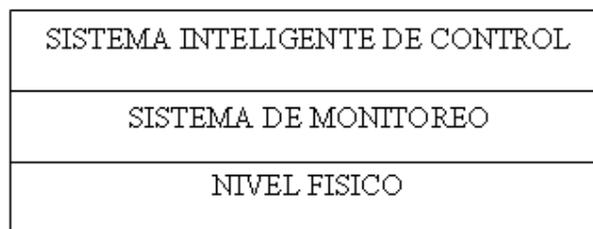
Para que el edificio pueda cumplir con los aspectos funcionales básicos de los edificios inteligentes debe reunir aspectos estructurales, que permitan que todos los servicios incorporados respondan a las necesidades de los usuarios, desde esta perspectiva se sabe que el edificio en estudio no tiene la base estructural en la cual se pueda sustentar una funcionalidad adecuada para los propósitos planteados, ya que es aquí donde se apreciará el grado de inteligencia del edificio.

## 2.3 DISEÑO DEL EDIFICIO INTELIGENTE

Generalmente se hace un mal uso del término edificio inteligente refiriéndose a la automatización, que contempla el nivel físico y de monitoreo, pero desde el punto de vista computacional esto no satisface a la definición de “inteligente”, ya que debería tener un sistema desarrollado con técnicas de inteligencia artificial que le permita realizar actividades, como:

- Tomar las decisiones oportunas en caso de emergencia.
- Predecir y auto diagnosticar las fallas que se produzcan en el edificio.
- Tomar las acciones adecuadas para resolver las fallas detectadas.
- Controlar las actividades y el funcionamiento de las instalaciones del edificio.

Con este antecedente, en la Figura 2.3, se propone un esquema de los niveles que debe contener un edificio para que sea considerado inteligente.



**Figura 2.3 Niveles de un Edificio Inteligente**

- a) El Nivel Físico, contiene todos los dispositivos, como son: sensores de temperatura, humedad, luminosidad, presencia, detectores de fuego y sismos, alarmas; además de los aparatos de automatización, el cableado e instalaciones básicas del edificio.
- b) El Sistema de Monitoreo, se encarga de verificar periódicamente todos los dispositivos recogiendo información sobre su desempeño. Esta información es guardada en una base de datos del sistema para ser utilizada en la toma de decisiones.
- c) Sistema de Control Inteligente, se encarga de controlar, supervisar y decidir sobre el funcionamiento de las instalaciones del edificio. Para ello analiza la información proveniente del monitoreo y en base a ella toma las decisiones pertinentes y ordena las acciones en caso necesario.

### **2.3.1 SISTEMAS PROPUESTOS PARA EL EDIFICIO INTELIGENTE DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA**

Es importante recalcar que al momento de dotar de inteligencia a un edificio se puede encontrar gran cantidad de sistemas que le darían un alto grado en tecnología, pero que no necesariamente indiquen una importancia o relevancia al momento de ser implementados; razón por la cual, se debería tomar en cuenta el tipo de institución a la cual se proyecta el diseño y cuáles son las áreas de principal interés. En la Tabla 2.3, se enlistan los sistemas que se proponen para satisfacer las necesidades dentro de cuatro áreas básicas como son: Confort, Seguridad, Energía, Comunicaciones.

A continuación se describirá cada uno de estos sistemas con su funcionalidad de software y a partir de estos requerimientos conocer los componentes hardware necesario para llevar a cabo la automatización que sustente al software, y finalmente la elaboración de un plano de situación de componentes, con la identificación adecuada de cada elemento.

<b>Áreas Básicas de un edificio</b>	<b>Sistemas</b>
Confort	Sistema Inteligente de Iluminación Sistema Inteligente de Climatización
Seguridad	Sistema Inteligente de Seguridad Sistema Inteligente para Detección de Incendios y Generación de Rutas de Evacuación
Energía	Sistema de Control de Cargas
Comunicaciones	Sistema Inteligente de Seguridad

**Tabla 2.3 Sistemas involucrados en las Áreas Básicas de Gestión<sup>21</sup>**

### **2.3.1.1 Sistema Inteligente de Iluminación**

#### **Necesidades**

En el Ecuador, el sector comercial y de servicios (públicos y privados), ofrece un importante potencial de ahorro de energía, a través del uso de tecnologías eficientes, sobre todo, para los principales usos finales de este sector, iluminación, refrigeración, aire acondicionado en hoteles, centros comerciales, edificios, hospitales, restaurantes, etc.

En cuanto a los edificios públicos, se conoce que existe un consumo dispendioso de la energía eléctrica, debido a la falta de concientización y hábitos de uso racional de la energía de las personas que ocupan estas dependencias.<sup>22</sup>

En los edificios universitarios la ocupación masiva de las aulas se da en determinadas horas, mientras que en otras se encuentran vacías, y por tanto las luminarias se mantienen encendidas innecesariamente.

El edificio de la ESPE-L no es una excepción a este problema, lo que ocasiona un consumo innecesario de energía en aulas vacías.

<sup>21</sup> Millán Esteller Juan, Técnicas y Procesos en las Instalaciones Automatizadas en los Edificios, 2001, Pág. 60

<sup>22</sup> Plan Nacional de eficiencia energética, ministerio de energía y minas, gobierno constitucional del Ing. Lucio Gutiérrez, 2004.

### 2.3.1.1.1 Funcionamiento Software

Este sistema no solo deberá estar orientado a controlar dispositivos electrónicos, sino que además debe ser capaz de facilitar las labores de mantenimiento.

El sistema a través de una interfaz gráfica, permitirá que el operador visualice un esquema de distribución de los dispositivos del sistema de iluminación, el sistema debe ser capaz de monitorear e informar al operador si los dispositivos o el sistema global de iluminación necesitan mantenimiento; esto es, mediante la información que se registra con cada sensor instalado, el sistema automáticamente generará reportes mostrando las condiciones actuales y dando sugerencias para solucionar posibles problemas.

En cada sensor vienen estipuladas consideraciones de instalación que los fabricantes sugieren para asegurar el buen funcionamiento del dispositivo, éstos pueden ser tiempo de vida útil, temperatura ambiente, voltaje, distancias de conexión, entre otras; esta información será registrada en el sistema el cual irá comprobando con otros dispositivos, que se encuentran almacenados en una base de datos, si las condiciones de trabajo del sensor son las adecuadas; si algún dispositivo saliera de los parámetros normales, se emitirá una señal de alerta y un diagnóstico de la posible falla, para que el operador sea quien determine las acciones preventivas o correctivas.

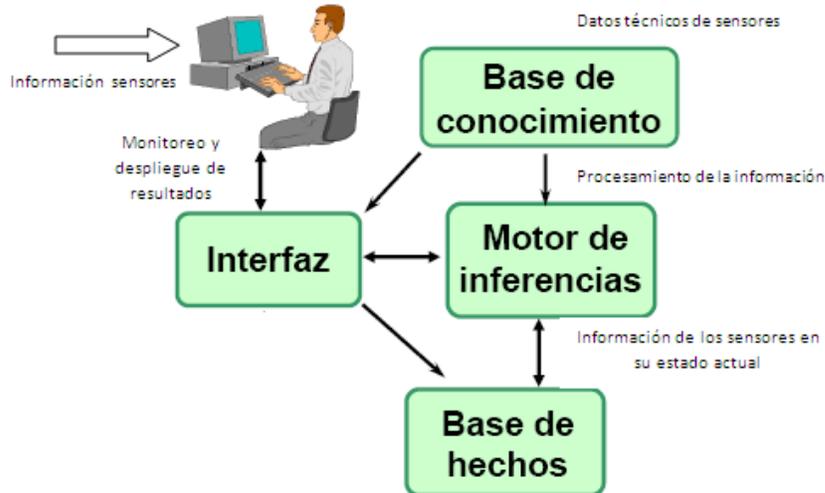


Figura 2.4 Funcionamiento Software Inteligente de Iluminación

Para el desarrollo de este software, una de las alternativas desde el punto de vista de la inteligencia artificial es mediante un sistema experto, ya que éste almacenaría en su base de conocimientos toda la información referente a las características de los sensores y las posibles soluciones en caso de fallas, las cuales serían obtenidas en función de la experiencia de la persona encargada de realizar la instalación y mantenimiento del sistema de iluminación; en la base de hechos se almacenarían los datos del estado actual de los sensores, con éstos el motor de inferencia se encargaría de procesar esta información y desplegar los resultados. En la Figura 2.4 se presenta un esquema ilustrativo de funcionamiento del Software Inteligente de Iluminación.

#### **2.3.1.1.2 Diseño Hardware**

En la propuesta de diseño de hardware del sistema inteligente de iluminación se ha considerado diversos criterios contenidos en libros, documentos y conocimientos, los cuales han sido tomados como referencia para el diseño del sistema.<sup>23,24</sup>

En esta propuesta se considera el estudio de las características técnicas que deben cumplir los sensores y actuadores para implementar el sistema, la selección de los mismos y la distribución de dichos dispositivos (plano eléctrico); el cual no pretende ser una guía exacta de disposición de los elementos, pero puede servir de referencia a la hora de implementar el sistema.

No se considera el rediseño de las instalaciones eléctricas, el sistema de ductos, el tipo de lámparas y demás dispositivos necesarios para implementar este sistema. Estos aspectos se deberán considerar en otro estudio que se realice a futuro.

Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

---

<sup>23</sup> Millán Esteller Juan, Técnicas y Procesos en las Instalaciones Automatizadas en los Edificios, 2001, Pág. 67-72.

<sup>24</sup> Seminario Internacional de Domótica “Automatización en Viviendas y Edificios” dictado por el Ing. José Manuel Ruiz, Profesor Asociado Facultad de Informática de la Universidad de Castilla La Mancha España, jruiz1@platea.pntic.mec.es

- El sistema encenderá las luces cuando detecte presencia de personas en el aula y pasillos, caso contrario las apagará, el gobierno será automático o manual mediante interruptores.
- Las luces de los pasillos deberán encenderse cuando ha llegado la noche o cuando el nivel de iluminación sea bajo; y apagarse cuando no detecte presencia en la planta.
- El sistema determinará si hay personas en el aula y dependiendo del número de personas, determinará cuantas lámparas del aula hay que activar para tener un cierto nivel de iluminación del aula.
- Además del encendido y apagado automático de luces, el sistema deberá regular el nivel de iluminación de las aulas, en función de la luz natural proveniente de las ventanas, combinando luz artificial y luz natural para garantizar la máxima eficacia y ahorro energético.
- En las aulas de la última planta con tentativa a ser salas de audiovisuales, el sistema deberá crear escenarios; combinando la iluminación y control de persianas. Por ejemplo, para crear un escenario de cine deberá regular la iluminación y cerrar las persianas.

En base a las condiciones de funcionamiento planteadas, el sistema inteligente de iluminación se compone de los siguientes dispositivos:

- Sensor de movimiento
- Sensor de luminosidad
- Persianas automáticas

En las Tablas 2.4, 2.5 y 2.6, se muestra algunas de las alternativas de varios modelos de sensores que existen en el mercado, los cuales según las necesidades pueden ser discriminados por sus características técnicas al momento de su compra.

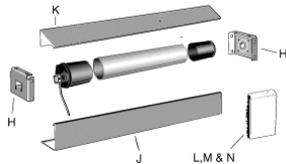
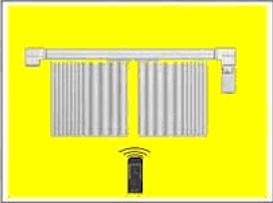
<b>SENSORES DE MOVIMIENTO</b>					
<b>Características</b>	<b>PIR-360C</b>	<b>GLD-324T</b>	<b>LX28</b>	<b>LX36B</b>	<b>LX21B&amp;C</b>
Presentación física					
Detector presencia I.R pasivo	Si	Si	Si	Si	Si
Forma de instalación	Para techo y superficie	Para techo y superficie	Para techo	Para pared	Para pared
Campo de detección	360 <sup>0</sup>	360 <sup>0</sup>	360 <sup>0</sup>	220 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>
Velocidad de detección movimiento	0.6 y 1.5m/seg.	0.6 y 1.5m/seg.	0.6 y 1.5m/seg.	0.6 y 1.5m/seg.	0.6 y 1.5m/seg.
Distancia de detección ajustable	Max. 13 metros	Max. 13 metros	Max. 12 metros	Max. 15 metros	Max. 9 metros
Ajuste crepuscular	<10 a 2000 LUX	<10 a 2000 LUX	<3 LUX - daylight	<3 LUX – daylight (ajustable)	<10 LUX
Temporizador ajustable a la desconexión	8 seg. A 6 minutos	8 seg. A 6 minutos	8±3 seg. A 7±2 minutos	10 seg. A 6min ~ 9min	8±3 seg. A 7±2 minutos
Alimentación	12 VDC	24 VDC	100V/AC-130V/AC	100V/AC-130V/AC	100V/AC-130V/AC
Salida a Relé	Contacto N.C	Contacto N.C	No especifica	No especifica	No especifica

	(1A/24VDC)	(1A/24VDC)			
Altura de Instalación	>3 metros	>3 metros	>3 metros	1.5 metros ~ 3.5 metros*	1 metros ~ 3.6 metros*
Temperatura de trabajo	-20 y +40 <sup>0</sup> C	-20 y +40 <sup>0</sup> C	-20 y +40 <sup>0</sup> C	-20 y +40 <sup>0</sup> C	-20 y +40 <sup>0</sup> C
Humedad Máxima	<93% sin condensación	<93% sin condensación	<93% RH	<93% RH	<93% RH
Conexión	Salida de cables sin regleta	Salida de cables sin regleta	No especifica	No especifica	No especifica
Material chasis	ABS	ABS	No especifica	No especifica	No especifica
Certificado CE	Si	Si	No especifica	No especifica	No especifica
Costo	60.04 USD	45.24 USD	13.63 USD	16.99 USD	11.19 USD

**Tabla 2.4 Características de los Sensores de Movimiento**

<b>SENSORES DE LUMINOSIDAD</b>		
<b>Características</b>	<b>LDR-720</b>	<b>Fast Light Sensor</b>
Presentación física		
Medidas	53mm x 44mm x 22mm	12 mm
Alimentación	12 Vcc	No especifica
Medida relativa de luz	0-99	0 a 1000 Lux
Salida analógica	0 a + 5 V	Respuesta lineal rápida
Precio	61.12 USD	39 USD

**Tabla 2.5 Características de los Sensores de Luminosidad**

<b>PERSIANAS AUTOMÁTICAS</b>				
<b>Características</b>	<b>RollerShade RS-20</b>	<b>Remote Control Electric Vertical Blind System</b>	<b>Vertical Blind PS200</b>	<b>Remote Control Electric Curtain System CL800</b>
<b>Presentación física</b>				
<b>Ancho máx.</b>	30 pies (9.4 metros)	20 pies (6.09 metros)	14 pies (4.26 metros)	13 a 16 pies (3.96 a 4.87 metros )
<b>Altura máx.</b>	20 pies (6.09 metros)	No especifica	No especifica	No especifica
<b>Peso máx.</b>	50-350 lbs. (22.72 – 159.09 Kg)	150 lbs. (68.18 Kg)	78 lbs. (35.45 Kg)	100 lbs. (45.45 Kg)
<b>Alimentación</b>	110 AC	110V/60Hz	120V/60Hz	110V~120V/60Hz
<b>Accesorios</b>	Kit completo para instalación	Control remoto y persiana	No especifica	Control remoto
<b>Precio</b>	199 USD	709 USD	539 USD	335 USD

**Tabla 2.6 Características de las Persianas Automáticas**

Algunos criterios generales que se deben considerar al momento de seleccionar algunos de estos dispositivos, son:

**Forma de instalación.** Existen diferentes formas de instalación, en el techo, en la pared, en la superficie, empotrado, semi-empotrado, etc. En algunos casos la forma de instalación está relacionada con la seguridad del dispositivo o la posibilidad que el dispositivo “no sea visible” al usuario; en otros casos la forma de instalación tiene que ver con la estética que se debe dar al lugar en donde se ubica el dispositivo.

**Campo, rango, distancia de detección o medición.** Las dimensiones del aula donde se instalará el dispositivo, permitirán seleccionar correctamente el rango de medición de la variable física.

**Alimentación.** Normalmente las aulas disponen de un sistema de alimentación monofásico; es decir 120V, por lo que sería muy importante que los dispositivos tengan este tipo de alimentación. En caso de requerir otro tipo de alimentación, será necesario adquirir fuentes de alimentación adicionales; lo cuál incrementará el costo de la instalación.

**Tipo de salida.** Dependiendo del tipo de dispositivo y aplicación, algunos deberán disponer de:

- Salida a relé (en el caso de interruptores automáticos), en donde es muy importante el voltaje y la capacidad de corriente de maniobra que pueden soportar los contactos; ya que estos dispositivos controlarán el encendido o apagado de las diferentes cargas eléctricas del edificio.
- Salida analógica de voltaje o corriente, normalizados; ya que éstas serán utilizadas por el sistema experto para tomar decisiones.

**Altura de instalación.** La mayoría de dispositivos se instalan a una altura determinada, por dos factores:

- Primero, alcanzar el campo o distancia de detección sugerida por el fabricante, esto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento.

- Segundo, protección al dispositivo contra manipulación del mismo por personas no autorizadas, lo cual podría producir la falla del dispositivo.

Por lo tanto, es muy importante que la altura de instalación del dispositivo se ajuste a las recomendaciones del fabricante.

**Certificados de calidad.** Al momento de seleccionar un dispositivo, es muy importante verificar que éstos hayan sido aprobados por ciertas normas de control de calidad. Este parámetro garantiza que el dispositivo trabajará correctamente dentro de los estándares indicados.

**Costo.** El costo del dispositivo, está directamente relacionado con la calidad y las características técnicas del mismo. Por lo que se debe buscar un equilibrio entre estos dos parámetros, con el fin de conseguir un dispositivo a un costo moderado. En términos generales el costo del dispositivo es relativo, ya que depende de la capacidad de inversión en el proyecto de automatización por parte del cliente.

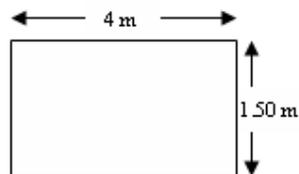
Un caso particular constituye la selección de persianas, para lo cual se debe previamente realizar el cálculo del peso de la misma.<sup>25</sup>

- Peso de la persiana según material

$\text{Peso/m}^2 = 3 - 6 \text{ Kg}$  para PVC o plástico

$\text{Peso/m}^2 = 3 - 7 \text{ Kg}$  para aluminio con aislante

- Cálculo de la superficie de la persiana



**Figura 2.5 Medidas de las Persianas**

<sup>25</sup> <http://www.persianas.tk/tk2/motores/motorespulsador.html>

$$S = a \times b$$

**Ecuación 2.1**

Entonces:

$$S = 4 \times 1.50$$

$$S = 6 \text{ m}^2$$

- Cálculo del peso de la persiana

$$\text{Peso Persiana} = \text{Peso} / \text{m}^2 \times \text{Superficie de persiana} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Entonces

$$\text{Peso Persiana} = 6 \text{ Kg/m}^2 \times 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso Persiana} = 36 \text{ Kg}$$

En base a las características básicas que deben cumplir los dispositivos, además tomando como referencia las dimensiones del aula, y según los datos de las tablas anteriores, se puede concluir que los dispositivos que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto son:

- Sensor de movimiento: Serie LX28.
- Sensor de luminosidad: Fast Light Sensor
- Control de persianas: RollerShade RS-20

Una vez determinado los componentes que intervienen en el sistema de iluminación y de acuerdo a las características de los sensores; en el Anexo A se adjunta una propuesta de distribución de dichos sensores, la cual puede ser de utilidad al momento de implementar el sistema.

## **2.3.1.2 SISTEMA INTELIGENTE DE CLIMATIZACIÓN**

### **Necesidades**

Muchos de los hogares, oficinas e instalaciones educativas y comerciales no serían confortables si no contaran con un sistema de control permanente de ambiente interior. Se ha demostrado que el desempeño laboral y bienestar de las personas está supeditado en ocasiones por la temperatura ambiente.<sup>26</sup>

El edificio sobre el cual se realiza la presente propuesta, se ubica en la región Sierra donde las variaciones climáticas son muy constantes y la temperatura desciende considerablemente todo el tiempo, sería interesante implementar a futuro un sistema de climatización para ofrecer comodidad y confort a sus ocupantes; por otro lado se debería hacer un análisis costo/beneficio, ya que este tipo de sistemas elevaría el consumo energético del edificio.

### **2.3.1.2.1 Funcionamiento Software**

En la parte del software, el sistema se encargará de adquirir las señales de temperatura, de generar alarmas de fallas o mal funcionamiento de sensores y demás dispositivos relacionados con el sistema de climatización.

El sistema deberá regular la temperatura interior de las aulas, manteniéndola en un nivel óptimo, estas acciones tendrán un impacto en los estudiantes, al eliminar las condiciones que provocan sueño, fatiga y estrés.

También permitirá conocer la temperatura de la zona en cualquier instante de tiempo, así como el histórico de dicha temperatura desde el momento de la puesta en marcha del sistema inteligente; además, podrá generar gráficas de registro de temperatura interna.

Para lograr este objetivo se recomienda desarrollar el sistema con Lógica Borrosa, ya que es una de las técnicas de inteligencia artificial apta para el manejo de variables de temperatura, y es un método eficiente y flexible para emular el comportamiento humano

---

<sup>26</sup> McQuiston F, Parker J, Spitler J, Calefacción, ventilación y aire acondicionado, 2003, Pág. 1-2

cuando se controlan procesos complejos. Desde el punto de vista de diseño, un sistema inteligente permite capturar en una base de datos, tanto el conocimiento como la experiencia de operadores, tecnólogos, ingenieros expertos, para obtener soluciones que satisfagan las necesidades de los usuarios en plazos relativamente cortos de trabajo.

La Figura 2.6 ilustra el funcionamiento típico de un sistema basado en lógica borrosa, los sensores de temperatura recogen los datos de entrada, estos datos se someten a las reglas del motor de inferencia que se encuentran en el sistema de control, obteniendo un área de resultados. De esa área se escogerá el centro de gravedad, proporcionando una salida que actuaría sobre el entorno físico. Dependiendo del resultado, el sistema podría aumentar o disminuir la temperatura dependiendo de la salida.

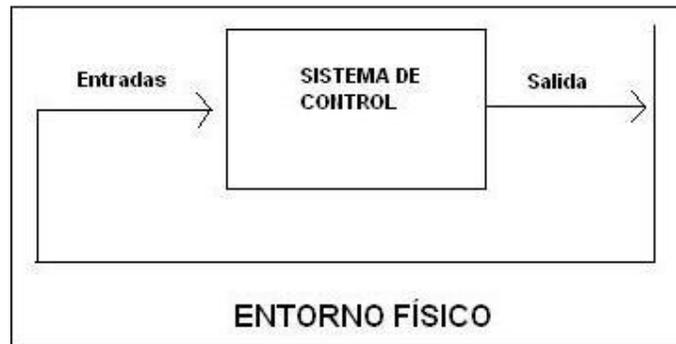


Figura 2.6 Funcionamiento de un Sistema Inteligente con Control Difuso<sup>27</sup>

#### 2.3.1.2.2 Diseño Hardware

Los criterios que se han considerado al momento de realizar el diseño hardware del sistema inteligente de climatización se fundamentan tanto en información disponible en sitios web, como en información bibliográfica.

En la propuesta se hace un estudio de las características técnicas de los sensores y actuadores que intervienen en la implementación del sistema, la selección de los mismos

<sup>27</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica\\_difusa](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_difusa)

de acuerdo a las necesidades y la distribución de dichos dispositivos, esta distribución de dispositivos puede servir de referencia al momento de implementar el sistema.

En la planificación inicial de la construcción del edificio, no se contempló la implementación del sistema de climatización; por lo que no se construyó la obra civil relacionada con este sistema; como ductos, entradas/salidas de aire acondicionado en las diferentes aulas, cuarto especial para ubicación de equipos de calefacción y ventilación, etc. Razón por la cual en la propuesta se ha optado por otro tipo de alternativas que no contemplan cambios físicos en la infraestructura del edificio.

Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

- El sistema de climatización recopila información del medio, en tiempo real, mediante sensores de temperatura.
- Esta información es transmitida al sistema inteligente de climatización.
- El sistema inteligente de climatización después de discernir cual es la temperatura confortable, o en base al valor de temperatura ingresado por el operador del sistema en función de las necesidades, enviará una señal al sistema de acondicionamiento de aire para que en forma automática suba o baje el nivel de temperatura.
- En caso de incendio, los equipos serán inmediatamente apagados en forma automática por el sistema.
- Los equipos del acondicionamiento de aire también pueden ser encendidos o apagados también de forma manual.

En base a las condiciones de funcionamiento planteadas, el sistema inteligente de climatización debe estar formado por los siguientes dispositivos:

- Sensores de temperatura
- Sistema de acondicionamiento de aire portátil. En este sistema se contempla el uso de acondicionadores de aire portátiles, por no disponer de la infraestructura física para una instalación fija.

En las Tablas 2.7 y 2.8 se muestra algunos dispositivos de varios modelos que se ofertan en el mercado.

<b>SENSORES DE TEMPERATURA</b>				
<b>Características</b>	<b>ST-710</b>	<b>TCH20HD</b>	<b>RP8051</b>	<b>HA23A002</b>
Presentación física				
Forma de instalación	Para empotrar	No especifica	Para empotrar	Para empotrar en techo
Alimentación	12 Vcc	No especifica	No especifica	12 V cc
Consumo máximo	10Ma	No especifica	No especifica	No especifica
Salida analógica	0 a +5 V	No especifica	No especifica	No especifica
Rango de temperatura	0 a 50° C.	-40° a + 50° C en agua y suelo / - 40° a +100° en ambiente	25° C – 77°C	No especifica
Precio	42.41 EUR (63.61 USD)	75 USD	19.95 USD	47.60 USD

**Tabla 2.7 Características de los Sensores de Temperatura**

<b>SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE</b>					
<b>Características</b>	<b>PH1-14R-03</b>	<b>PH4-12R-01</b>	<b>PH3-10R-03 DB</b>	<b>PLM-16000EH</b>	<b>Soleus Air LX-120</b>
Imágen					
Capacidad de enfriamiento	14000 BTU	12000 BTU	10000 BTU	16000 BTU	12000 BTU
Capacidad de deshumidificación	65 pintas por día	60 pintas por día	60 pintas por día	80 pintas por día	60 pintas por día
Potencia de refrigeración	1390 W 12 Amps	1350 W	1256 W	1320W	1350W
Potencia de calefacción	1180 W 9.8 Amps	1160 W	1179 W	No especifica	1320W
Flujo de aire	328 CFM	225 CFM	285 CFM	No especifica	176 CFM
Fuente de alimentación	115 VAC / 60Hz	115VAC / 60Hz	115VAC / 60Hz	120V / 60Hz	120V / 60Hz

Refrigerante	R22	R22	R22	R22	R22
Nivel de sonido	< 49 dB	<46dB	<46dB	No especifica	<46dB
Dimensiones	30.5"(h) x 14.4"(w) x 22.4"(d)	32.35"(h) x 19"(w) x 18.5"(d)	27.78"(h) x 12.98"(w) x 22.17"(d)	33"(h) x 20"(w) x 16"(d)	18x32x18
Peso	80 Lbs	82 Lbs	68.3 Lbs	87 lbs	82 Lbs
Temperatura de operación	18° F – 106° F	18° F - 106° F	18° F - 106° F	64° F - 90° F	60.8F - 108F
Precio	695 USD	595 USD	495 USD	549 USD	615 USD

**Tabla 2.8 Características de los Sistemas de Acondicionamiento de Aire**

Para seleccionar uno de los sensores de temperatura, se parten de los siguientes criterios:

**Forma de instalación.** Los sensores de temperatura para aplicaciones de Domótica se deben instalar en lugares que permitan obtener el valor de la temperatura lo más cercano a su valor real, en donde no exista la interferencia de fuentes de temperatura que distorsionen la medida; por esta razón existen diferentes formas de instalación, en el techo, en la pared, empotrado, semi-empotrado, etc. La forma de instalación también está relacionada con la seguridad y con la estética que se le debe dar al lugar en donde se ubica el dispositivo.

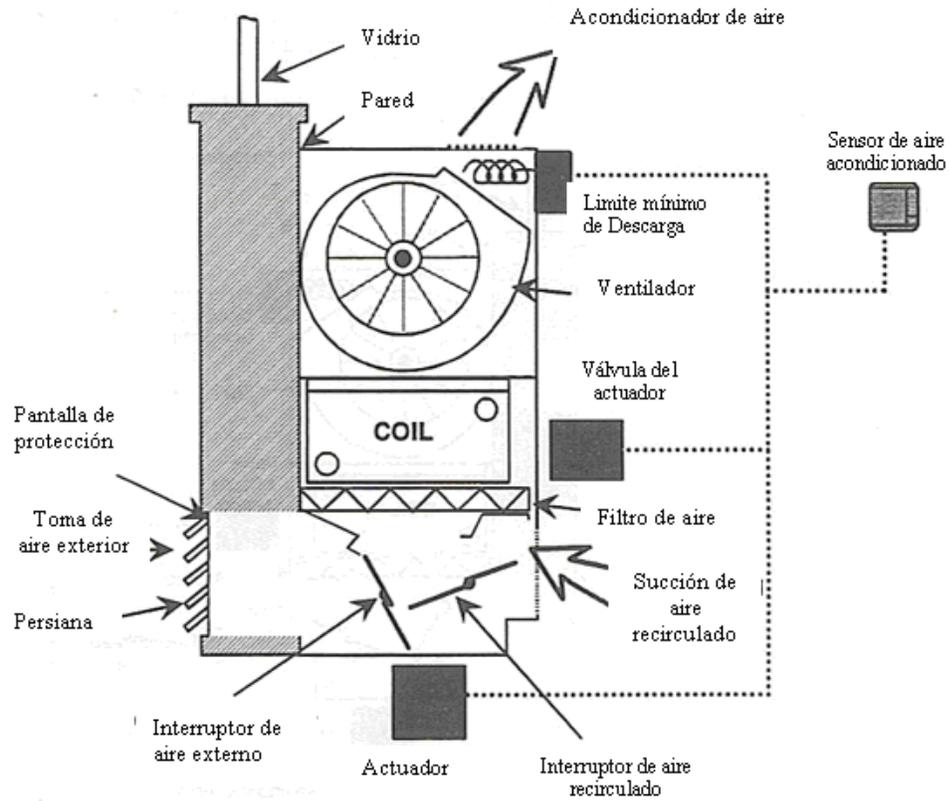
**Rango de medición.** Ya que la temperatura a medir está dentro del rango del confort que debe tener un ambiente o aula de clases, los rangos máximos de temperatura no deberán superar los 50°C. Para valores superiores de temperatura, el sensor podría ser de aplicación industrial, siempre que el dispositivo este funcionando correctamente.

**Alimentación.** Lo óptimo sería que los sensores sean energizados con una fuente de alimentación monofásica; es decir 120V. Pero, salvo casos excepcionales, la mayoría de sensores de temperatura para su funcionamiento son energizados con fuente DC; por lo que será necesario adquirir este tipo de fuentes, lo cual incrementará el costo de la instalación.

**Tipo de salida.** Ya que el sistema inteligente de climatización recopila la información de temperatura del medio (en tiempo real) para la toma de decisiones; los sensores deben tener un tipo de salida analógica de voltaje o corriente, normalizados; en donde sería deseable que el voltaje o corriente sea directamente proporcional a la temperatura (sensor con características lineales).

Con respecto a los sistemas de acondicionamiento de aire, se debe recordar que este sistema es un equipo portátil, el cual se ubicará en ciertas aulas específicas, que podrían ser por ejemplo, salas de reuniones, sala de conferencias, aulas especiales, etc.

En la Figura 2.7 se ilustra el funcionamiento básico de un sistema de aire acondicionado, y todos los equipos que se indican en la Tabla 2.8, funcionan bajo el mismo principio.



**Figura 2.7 Funcionamiento del sistema de acondicionado de aire**

Para la selección de uno de éstos, se toma en cuenta los siguientes criterios:

**Parámetros de Enfriamiento/ Calentamiento.** Ya que el equipo portátil debe tener la capacidad de enfriar y calentar un ambiente o aula específica; se debe tener en cuenta los datos de Capacidad de enfriamiento, Potencia de refrigeración, Potencia de calefacción y Cantidad de flujo de aire que es capaz de entregar o suministrar el equipo. Estos parámetros dependen de las dimensiones del ambiente o aula en donde se instalará este sistema.

Según datos investigados; para un aula de clases, cuyas dimensiones son de 30 a 40 m<sup>2</sup> de superficie, se necesita acondicionadores de aire con una capacidad de calefacción de 24000 BTU<sup>28</sup>. De acuerdo a los datos de los acondicionadores de aire encontrados, la máxima capacidad de calefacción es de 16000 BTU, por lo que se decide utilizar dos acondicionadores de 12000 BTU cada una, para cubrir la capacidad mínima que se necesita.

Adicionalmente, se debe considerar el tipo de alimentación que se debe aplicar al equipo para su funcionamiento, el tipo de refrigerante que utiliza, el nivel de sonido que emite cuando funciona y la temperatura de operación del mismo.

Además; tanto para los sensores de temperatura, como para el sistema de acondicionamiento de aire, se debe tomar en cuenta:

**Certificados de calidad/marca.** Se debe verificar que éstos hayan sido aprobados por las normas de control de calidad respectivas; con el fin de garantizar que el dispositivo trabajará correctamente dentro de los estándares indicados.

**Costo.** El costo de los dispositivos y equipos, está directamente relacionado con la calidad (marca) y las características técnicas de los mismos. Normalmente, se debe buscar un equilibrio entre estos dos parámetros, con el fin de conseguir un dispositivo (equipo) a un costo moderado.

En base a estas características que deben cumplir, y según los datos de las tablas anteriores, los dispositivos y equipos que mejor se adaptan a las necesidades del sistema de climatización son:

- Sensor de temperatura: ST-710
- Acondicionador de aire portátil: PH4-12R-01

---

<sup>28</sup> [www.polar-air.com/seleccionaraire.asp](http://www.polar-air.com/seleccionaraire.asp)

En el Anexo B se presenta una propuesta de ubicación de los dispositivos y equipos; lo cual permitirá tener un idea general de cómo quedaría implementado dicho sistema.

### 2.3.1.3 SISTEMA DE CONTROL DE CARGAS

#### Necesidades

El creciente desarrollo industrial y comercial requiere de instalaciones eléctricas que sean bien diseñadas, económicas y seguras en su operación, incorporando sistemas de protección contra fallas eléctricas que minimicen los efectos de éstas, en base a los criterios de selectividad que se establezcan.<sup>29</sup>

Los países prestan cada vez más atención a la calidad de suministro eléctrico, exigiendo a las empresas que proporcionan el servicio una mejor calidad. El consumo y los consumidores serán cada vez más exigentes en esta materia y los encargados de la regulación del sector eléctrico lo introducen ya con más frecuencia en las leyes y normativas que establecen.

Brevemente se detalla los aspectos que impiden que el suministro de energía eléctrica, sea de buena calidad.

- **Cortes de suministro.** Las interrupciones pueden ser gravemente perjudiciales para el consumo. Muchas veces provocadas por reenganches de interruptores después de un corto circuito transitorio.
- **Huecos de tensión.** Son bajadas transitorias de tensión de alimentación provocadas por cortocircuitos y fallos en el sistema.
- **Fenómenos flicker.** Son oscilaciones en la amplitud de la tensión provocadas normalmente por cierto tipo de cargas, perjudica el correcto funcionamiento de otras cargas.

---

<sup>29</sup> Enríquez Harper Gilberto, Protección de instalaciones eléctricas, industriales y comerciales, 1994, Pág. 13

- **Sobretensiones.** Aumentos de tensión provocados por cortocircuitos, faltas, rayos, o cualquier otro fenómeno que puede dañar gravemente los elementos.<sup>30</sup>

En base a estas consideraciones, los objetivos de la propuesta del sistema de control de energía de cargas eléctricas, que abarca el sistema de iluminación y de fuerza (tomacorrientes), son:

- Permitir la desconexión oportuna de un equipo, cuando se detecte que el suministro de energía eléctrica en el interior del edificio no sea de buena calidad, según lo indicado en los párrafos anteriores.
- Permitir la desconexión oportuna de un equipo, en el momento en que su funcionamiento puede suponer un sobre costo en el consumo de energía.
- Intervención segura para no ocasionar perjuicios en las instalaciones eléctricas, y equipos, en caso de haber sobrecargas en las toma de corriente.
- Realizar una propuesta de sistema inteligente para optimizar el consumo energético, en base a las condiciones actuales del edificio, para garantizar un menor costo.

#### **2.3.1.3.1 Funcionamiento Software**

En cuanto a software, el sistema permitirá visualizar el plano del edificio donde constan todas las instalaciones eléctricas (iluminación y fuerza), el mismo que ayudará al operador y/o personal de mantenimiento tener un panorama global y claro de la infraestructura eléctrica y su funcionamiento.

Mediante este esquema, el sistema inteligente estará en capacidad de administrar y auditar todo el sistema eléctrico del edificio, en función de ciertas condiciones que deben cumplirse:

---

<sup>30</sup> Antonio Gómez Expósito, Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica, 2002, Pág. 20-21

- En el sistema de iluminación, se encargará de la conexión/desconexión de cargas (lámparas) en forma autónoma, según detecte la presencia/ausencia de personas en las diferentes áreas del edificio.
- En el sistema de fuerza se encargará de la conexión/desconexión de tomacorrientes automáticamente, según las necesidades, prioridades o aplicaciones asignadas a cada aula del edificio; el control se podrá realizar por aulas, pisos o todo el edificio. Además se encargará de la conexión/desconexión de tomacorrientes, a los cuales se hayan conectado cargas eléctricas especiales.
- Tanto el sistema de iluminación como de fuerza, se encargará de la conexión/desconexión automática, cuando se detecte que el suministro de energía eléctrica en el interior del edificio no sea de buena calidad.

También el sistema inteligente podrá realizar una auditoria energética, supervisará la instalación eléctrica a fin de realizar una estadística de consumo y costo económico, por pisos y todo del edificio en un período de tiempo dado.

Para este fin se requiere de programas de computación que tengan un grado de flexibilidad y autonomía. En este caso, los sistemas deberían ser lo suficientemente “inteligentes” como para actuar en forma adecuada en situaciones cambiantes, imprevistas y complejas. Las características y propiedades de los **agentes inteligentes** pueden jugar un rol fundamental para alcanzar los objetivos planteados en esta propuesta, ya que será capaz de exhibir un comportamiento que provea de flexibilidad, escalabilidad, robustez, amigabilidad y reactividad tendiente a cumplir sus objetivos de diseño.

También el agente inteligente podrá simular el comportamiento del auditor, el cual recolectará la información básica e inventario general de las instalaciones, como:

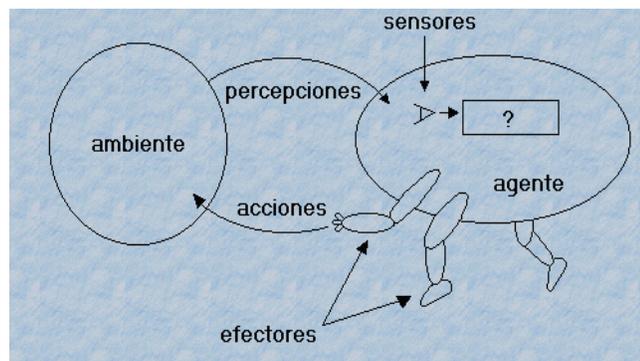
- Identificación de las áreas principales de consumo, se podría especificar las prioridades de consumo.

- Identificación del consumo parcial/total de energía, capacidad instalada y el almacenamiento de los historiales de consumo de energía.

Con esta información se podrá elaborar los balances de energía con el objeto de conocer la distribución de energía en las diferentes áreas del edificio; es decir, la caracterización de las cargas para elaborar registros y mediciones puntuales.

Como resultado se obtendrá un análisis estadístico del consumo de energía eléctrica, el cual expresará, en términos económicos, el consumo energético.

El agente inteligente también será una herramienta de apoyo para el sistema inteligente de iluminación. En la Figura 2.8 se presenta un esquema de la actuación de un agente inteligente.



**Figura 2.8 Esquema de Agente Inteligente**

Según la figura anterior, el agente inteligente toma información (percepción) a través de sensores, ubicados en el ambiente en donde se encuentra el proceso, en este caso el sistema de iluminación y tomacorrientes; en función de los datos medidos y ciertas condiciones (prioridades de consumo eléctrico) que se deben cumplir, el agente inteligente actuará (acción) sobre los tomacorrientes o interruptores, desconectando los equipos. También el agente inteligente deberá cumplir ciertas metas, como identificación de prioridades de consumo eléctrico, análisis estadístico del consumo energético, etc.

En la Tabla 2.9 se identifica la función del agente inteligente de control de cargas.

<b>Agente</b>	<b>Percepciones</b>	<b>Acciones</b>	<b>Metas</b>	<b>Ambiente</b>
Sistema inteligente de control de cargas	Lectura de la información de los dispositivos de control de cargas	Acciones de desconexión en equipos por fallos eléctricos	Identificación de prioridades de consumo eléctrico, Análisis estadístico,	Instalaciones eléctricas

**Tabla 2.9 Funciones del Agente Inteligente de Control de Cargas**

### **2.3.1.3.2 Diseño Hardware**

La prioridad en la conexión/desconexión de las cargas eléctricas es quizá la parte más importante en lo que se refiere a la gestión de la energía. Se trata de establecer un orden de prioridades en la actuación de los dispositivos de control de energía; de tal manera que partiendo de una tasa máxima de consumo simultáneo se convenga dar prioridad dentro de las distintas líneas de alimentación eléctrica, a los dispositivos más necesarios. Este objetivo se consigue con un sistema autónomo que tome lectura del consumo de energía de cada circuito de la instalación y corte el suministro de energía a las cargas de acuerdo a las prioridades que se establezcan.

Los dispositivos que intervienen en este sistema son: <sup>31</sup>

- Sensores de Corriente (TC)
- Interruptores Automáticos ó Relés de estado sólido

---

<sup>31</sup> Seminario Internacional de Domótica “Automatización en Viviendas y Edificios” dictado por el Ing. José Manuel Ruiz, Profesor Asociado Facultad de Informática de la Universidad de Castilla La Mancha España, jrui1@platea.pntic.mec.es

### **Cálculo de la carga disponible en el edificio<sup>32</sup>**

Para la selección de los sensores de corriente e interruptores automáticos, se debe conocer la carga total del edificio. Para el cálculo de la carga se parte de las características técnicas de las lámparas y tomacorrientes instaladas actualmente en el edificio.

- **Sistema de iluminación.** Se controlará la conexión/desconexión de las lámparas por pisos, según las consideraciones de prioridad antes mencionadas. Los datos actuales de las lámparas instaladas son:
  - Tipo de Lámpara: Fluorescente marca OSRAM
  - Potencia/ lámpara: 32 [W]
  - Potencia/ luminaria: 96 [W]

Por medio de la siguiente ecuación, se puede calcular la corriente de cada luminaria:

- $P = V I$
  - $I = P / V$
  - $I = 96 / 120$
  - $I = 0.8 [A]$  Corriente de cada luminaria
- Ecuación 2.3**

---

<sup>32</sup> N. Bratu, E. Campero, Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño, 2ª. Edición, Pág. 209

## Cálculo de carga o corriente de luminarias por pisos

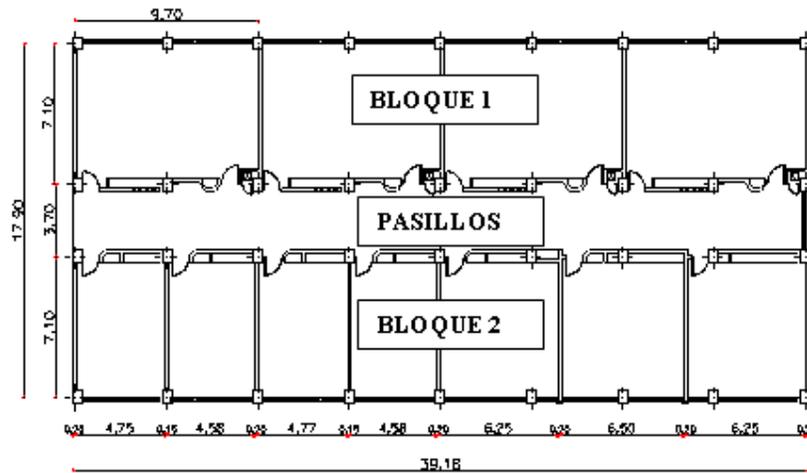


Figura 2.9 Plano del edificio ESPE-L

### Bloque 1

$$\# \text{ Luminarias} = 32 * 96 \text{ W/ LUMINARIA} = 3072 \text{ [W]}$$

$$I = 3072 \text{ [W]} / 120 \text{ [V]}$$

$$I = 25.6 \text{ [A]}$$

### Bloque 2

$$\# \text{ Luminarias} = 34 * 96 \text{ W/ LUMINARIA} = 3264 \text{ [W]}$$

$$I = 3264 \text{ [W]} / 120 \text{ [V]}$$

$$I = 27.2 \text{ [A]}$$

### Pasillos

$$\# \text{ Luminarias} = 8 * 96 \text{ W/ LUMINARIA} = 768 \text{ [W]}$$

$$I = 768 \text{ [W]} / 120 \text{ [V]}$$

$$I = 6.4 \text{ [A]}$$

La corriente total por piso es 59.2 [A]; por lo tanto, se deberá ubicar un interruptor de 75 [A] por piso.

- **Sistema de tomacorrientes.** Como en el caso anterior, se controlará la conexión/desconexión por pisos, de las cargas conectadas a los tomacorrientes. Según datos proporcionados, cada tomacorriente está diseñado para soportar una corriente máxima de 15 [A]<sup>33</sup>. No existen cargas especiales para los tomacorrientes.

Para el cálculo de la carga se parten de los siguientes datos:

- Número de tomacorrientes/aula de 45 alumnos: 6
- Número de tomacorrientes/aula de 25 alumnos: 4
- Número de tomacorrientes/aula de 15 alumnos: 4
- Número de tomacorrientes/pasillo: 4
- Número de tomacorrientes/piso: 56
- Número de tomacorrientes/edificio: 224

### **Bloque 1**

# Tomacorrientes = 24

Potencia aparente = 24 \* 2200 VA/ Tomacorrientes=52800 [VA]

= 52800 [VA] \*0.5 (Factor de Simultaneidad, según tabla 2.10)

= 26400 [VA]

I = 26400 [VA] / 120 [V], según ecuación 2.3

I = 220 [A]

Debido a la elevada cantidad de corriente, en este caso se opta por ubicar 3 interruptores automáticos, cada uno de 75 A, lo cual exige dividir el circuito en dos partes, controlados independientemente por estos interruptores.

---

<sup>33</sup> Planos eléctricos facilitados por el Arq. Orbea Carlos, Jefe de la Unidad de Mantenimiento y Construcciones de la ESPE-L

## **Bloque 2**

$$\# \text{ Tomacorrientes} = 28$$

$$\text{Potencia aparente} = 28 * 2200 \text{ VA} / \text{Tomacorrientes} = 61600 \text{ [VA]}$$

$$= 61600 \text{ [VA]} * 0.4$$

$$= 24640 \text{ [VA]}$$

$$I = 24640 \text{ [VA]} / 120 \text{ [V]}$$

$$I = 205.3 \text{ [A]}$$

Como en el caso anterior, debido a la elevada cantidad de corriente, en este caso se opta por ubicar 3 interruptores automáticos, cada uno de 75 A, lo cual exige dividir el circuito en dos partes, controlados independientemente por estos interruptores.

## **Pasillo**

$$\# \text{ Tomacorrientes} = 4$$

$$\text{Potencia aparente} = 4 * 2200 \text{ VA} / \text{Tomacorrientes} = 8800 \text{ [VA]}$$

$$= 8800 \text{ [VA]} * 0.8$$

$$= 7040 \text{ [VA]}$$

$$I = 7040 \text{ [VA]} / 120 \text{ [V]}$$

$$I = 58,6 \text{ [A]}$$

Asimismo, debido a la cantidad de corriente que circula, se opta por ubicar 1 interruptor automático de 75 A.

Número de tomacorrientes	Coeficientes de simultaneidad	
	Electrificación mínima y media	Electrificación elevada
2 a 4	1	0,8
5 a 15	0,8	0,7
16 a 25	0,6	0,5
> 25	0,5	0,4

**Tabla 2.10 Factores de simultaneidad del consumo**

A partir de las consideraciones para la selección del interruptor automático y según los cálculos realizados, se debe seleccionar el dispositivo que mejor se adapte al edificio de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga. En las Tablas 2.11 y 2.12 se muestran algunos dispositivos que se ofertan en el mercado.

<b>INTERRUPTORES AUTOMATICOS</b>				
<b>Características</b>	<b>RM1A23D25</b>	<b>Z120D10</b>	<b>Relay RH1B</b>	<b>40A</b>
Apariencia física				
Tensión Nominal	115 – 220 VC	120 AC	120 VAC	120 VAC
Tensión de control	3 – 32VCC	3VDC (32V permitido)	No especifica	No especifica
Intensidad Nominal	100A	100 A	75A	100A
Frecuencia	No especifica	25 a 65 Hz	60 Hz	No especifica
Precio	USD 72.26	USD13.00	USD 5.92	USD 24

**Tabla 2.11 Características de los Interruptores automáticos**

<b>SENSORES DE CORRIENTE</b>					
<b>Características</b>	<b>AMP100</b>	<b>CS100A-P</b>	<b>PRO100</b>	<b>AMP300</b>	<b>CS300-C</b>
Apariencia física					
Medición de corriente	100 A	100 A	100 A	300 A	300 A
Corriente de Salida	2 mA	No especifica	1 mA	2 mA max	150 mA
Voltaje de alimentación Vs	+4.5 a + 10 Vdc	±12V ~ ±18V	+6.6 a +12.6Vdc	±12V ± 18V	±12V ~ ±30V
Voltaje de salida	Vo es proporcional a Vs	No especifica	No especifica	No especifica	150 mA
Rango de temperatura	-40 C a + 125C	-25°C a + 85°C	-55C a + 125C	-40 C a + 125C	-25°C a + 85°C
Error de temperatura	Perdida 0.03%/C Ganada 0.03%/C	No especifica	Perdida 0.02%/C Ganada 0.02%/C	Perdida 0.03%/C Ganada 0.03%/C	No especifica
Tiempo de respuesta	3 μSg	0.5 μSg	2 μSg	3μSeg	1μSeg
Linealidad	1%	0.1%	1%	1%	0.1%
Exactitud	± 2%	0.5%	± 3%	±2%	0.5%
Histéresis	0.5%	No especifica	0.8%	No especifica	No especifica
Precio	USD 18.90	USD 26.90	USD 36.90	USD 32.00	USD 75.90

**Tabla 2.12 Características de los Sensores de Corriente**

Para seleccionar uno de los sensores de corriente (TC), se parten de los siguientes criterios:

**Rango de Medición de corriente.** Se debe conocer el rango de corrientes AC que va a medir, lo cual depende de la forma como se va a controlar la energía; es decir, si se va a controlar la energía a través de interruptores, por cargas especiales, por aula, por conjunto de aulas, pisos o todo el edificio. De esta manera se deberá seleccionar TC's de diferentes rangos de medición de corriente.

**Voltaje de alimentación.** Como en los casos anteriores, sería importante que a los sensores se energice con una fuente de alimentación monofásica; es decir 120V. Pero, si a la mayoría de sensores de corriente, para su funcionamiento se les debe energizar con fuente DC; será necesario adquirir este tipo de fuentes, lo cual incrementará el costo de la instalación.

**Tipo de salida.** Como el sistema inteligente de control de cargas está en capacidad de administrar y auditar todo el sistema eléctrico del edificio, en función de ciertas condiciones que deben cumplirse, los sensores deben tener un tipo de salida analógica de voltaje o corriente, normalizados; en donde es muy importante que el voltaje o corriente de salida sea directamente proporcional a la corriente medida.

Para la selección de los interruptores automáticos, se toma en cuenta los siguientes criterios:

**Rango de Corriente de Maniobra o Apertura.** Se debe conocer el valor de corriente AC al cual abrirá el circuito. Normalmente, los niveles de corriente a los cuales operará, están en el orden de las unidades a decenas de amperios, debido a lo cual el dispositivo debe tener protecciones para evitar arcos eléctricos.

**Voltaje Maniobra o Apertura.** Como en el caso anterior, el dispositivo debe operar a un voltaje de alimentación de 120V. Este voltaje es el que dispone el edificio.

**Voltaje de Control.** Los dispositivos interruptores automáticos necesitan de una señal de control para abrir o cerrar el circuito de potencia, por donde circula valores elevados de corriente. Esta señal puede ser de 12 y 24 VDC, o 120 VAC.

Además, tanto para los sensores de corriente, como para los interruptores automáticos, se debe considerar:

**Certificados de calidad.** Es muy importante verificar que éstos hayan sido aprobados por ciertas normas de control de calidad; con el fin de garantizar que trabajen correctamente dentro de los estándares indicados. Estos dispositivos trabajan con niveles de corriente altos, por lo que es muy importante que éstos tengan protecciones.

**Costo.** El costo de los dispositivos, está directamente relacionado con la calidad y las características técnicas de los mismos. Debido al valor de corriente que manejan, éstos deben tener protecciones eléctricas, lo que sube el costo del mismo.

En base a las características que deben cumplir los dispositivos, y según los datos de las tablas anteriores, los dispositivos sensores de corriente e interruptores automáticos que mejor se adaptan a las necesidades del sistema de control de cargas eléctricas son:

- **Sistema de Iluminación**

Sensor de corriente por pisos: AMP100

Interruptor Automático: Relay RH1B

- **Sistema de tomacorrientes**

Sensor de corriente por pisos: AMP100

Interruptor Automático: Relay RH1B

#### **2.3.1.4 SISTEMA INTELIGENTE DE SEGURIDAD**

##### **Necesidades**

El ambiente en el que se vienen desarrollando las actividades socioeconómicas y en especial políticas en nuestro país, ha creado un clima de total desconfianza e inseguridad colectiva, las mismas que, sumadas al gran crecimiento demográfico de la ciudad y los fenómenos socioeconómicos han dado como resultado un avance incontenible e incontrolable de la delincuencia en todas sus manifestaciones a nivel nacional y con mayor índice en las ciudades de mayor desarrollo económico.

De acuerdo al análisis realizado, se ha determinado que no existe vigilancia de las instalaciones físicas, bienes materiales, etc.; existe un desconocimiento total de las personas que ingresan a un sitio determinado y que pudieran causar daños o hurtos en las dependencias a las que ingresan.<sup>34</sup>

Es importante destacar que la seguridad es uno de los factores primordiales en los edificios inteligentes, ya que, de ella dependen aspectos que van desde, la integridad física de las personas, a la conservación del inmueble.

Los sistemas de seguridad deben contemplar diferentes funciones que aseguren las tres áreas básicas de seguridad: la prevención (medidas para evitar un ataque), la alarma (detección o aviso de un ataque) y la reacción (acciones a tomar ante un ataque para paliar sus efectos).<sup>35</sup>

En la actualidad los sistemas de seguridad en general, se encuentran individualizados (control de accesos, video vigilancia, sistemas antirrobo, entre otros). En este proyecto se pretende integrarlos con la finalidad de precautelar la seguridad patrimonial de la ESPE-L.

---

<sup>34</sup> Diagnóstico ESPE-L 2005, Biblioteca ESPE-L

<sup>35</sup> [www.fenercom.com/Publicaciones/GDomotica/GDomotica.pdf](http://www.fenercom.com/Publicaciones/GDomotica/GDomotica.pdf)

#### 2.3.1.4.1 Funcionamiento Software

El sistema integrará los sistemas de video-vigilancia, control de accesos y antirrobo. Deberá registrar en una base de datos la información pertinente de alumnos, personal administrativo, militares, de mantenimiento, y adicionalmente un archivo de imagen que contenga su fotografía de frente y perfil.

El sistema, mediante una infraestructura de hardware apropiada, realizará las tareas de video-vigilancia y antirrobo, si se detecta una irregularidad dentro de las instalaciones del edificio, el sistema deberá congelar una imagen para realizar un proceso de reconocimiento de rostros, y generará un reporte en el cual se indique, el sitio donde ocurrió el suceso en investigación, la fecha, la hora, información del individuo en cuestión (en caso de ser encontrado en la base de datos).

En las áreas que requieran un mayor grado de seguridad como, laboratorios o salas de video-conferencias, sitios donde existen bienes materiales que necesitan protección, etc., el sistema deberá llevar un control de acceso a estos lugares. Para lo cual los individuos se identificarán mediante una cámara ubicada estratégicamente para este fin, el sistema realizará el reconocimiento del rostro para determinar si es personal autorizado para ingresar. Una vez que se realiza esta comprobación, el sistema registrará el nombre del individuo, la hora de ingreso, la hora de salida y la sala a la que ingresa.

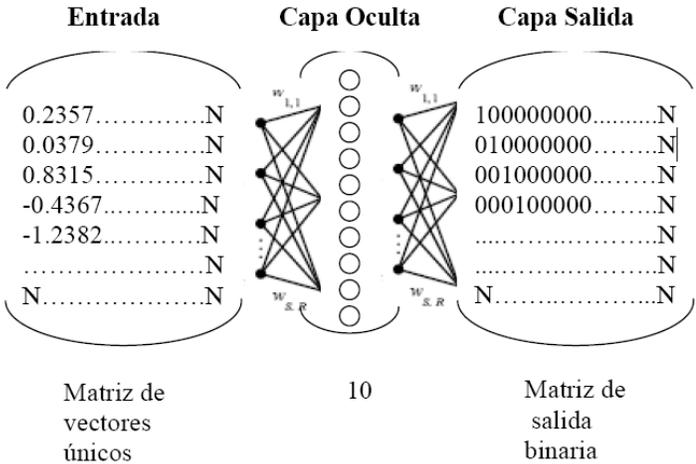
Para realizar este sistema inteligente se plantea el uso de **redes neuronales artificiales** como elemento encargado de la identificación de rostros, para lo cual se debe contar con una estructura física adecuada para la adquisición de las imágenes, punto importante de partida para este proceso, que puede facilitar o dificultar la detección del rostro en una imagen.

La representación del rostro se realiza mediante ecuaciones matemáticas, las más utilizadas son; imágenes como matrices bidimensionales con niveles de gris y vectores característicos, a partir de esta representación la red neuronal se encarga de realizar el proceso de reconocimiento.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Chasiquiza Molina Edwin, Reconocimiento digital de imágenes aplicado a rostros humanos basado en PCA utilizando redes neuronales, 2008

En la Figura 2.10 se muestra la arquitectura de una red neuronal de tres capas, en la primera capa se tiene un número de entradas igual a la cantidad de elementos de la matriz de vectores, en la capa oculta se tiene las neuronas y la capa de salida se muestra el número de imágenes almacenadas en una base de datos.



**Figura 2.10 Arquitectura de una Red Neuronal**

Se considera en este sistema el uso de redes neuronales artificiales por sus características de aprendizaje y capacidad de discernir rasgos fisonómicos, ya que simula las neuronas del cerebro humano, se adaptan fácilmente al entorno, y aprenden de la experiencia, pudiendo generalizar conceptos a partir de casos particulares.

Se propone este sistema como futuro trabajo de investigación, por ser un tema muy vigente y de actualidad en el campo de la inteligencia artificial, útil no solo para este proyecto de Edificio Inteligente, sino para la administración del Campus Politécnico en general.

#### 2.3.1.4.2 Diseño Hardware

Para realizar la propuesta de diseño hardware del sistema inteligente de seguridad, se han revisado algunos contenidos bibliográficos para tomar los mejores criterios como referencia para este trabajo.<sup>37, 38, 39</sup>

En esta propuesta se realiza un análisis de las condiciones de funcionamiento de los sistemas de video-vigilancia, control de accesos y antirrobo, el estudio de las características técnicas de los componentes que intervienen, la selección de los mismos y la disposición en el edificio.

Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

El sistema de video vigilancia, deberá:

- Monitorear las 24 horas del día y 365 días del año.
- Las imágenes deberán ser grabadas en forma digital en disco duro.
- El sistema permitirá recuperar las grabaciones cuando sea necesario, ingresando parámetros como, fecha y hora.
- En los pasillos se instalarán cámaras de video ubicadas estratégicamente.
- En los laboratorios o salas de audiovisuales de instalarán cámaras fijas en una ubicación estratégica.

---

<sup>37</sup> <http://www.voxdata.com.ar/cursobasicocctv.mht>

<sup>38</sup> Investigación de campo en Laboratorios Pfizer, Quito

<sup>39</sup> Diagnóstico ESPE-L 2005, Biblioteca ESPE-L

El sistema antirrobo deberá:

- Detectar intrusos o una acción de atraco (ingresar al interior del edificio en forma violenta, forzando puertas y ventanas).
- Disuadir la acción de atraco, mediante el encendido y apagado de luces de manera aleatoria y temporizada con el fin de simular la presencia de personas en el edificio.
- Emitir una alarma que ponga en alerta al personal de seguridad de turno.

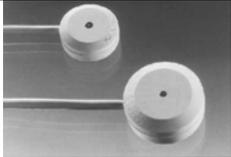
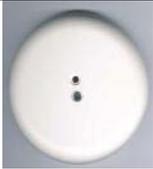
En base a las condiciones de funcionamiento planteadas, los dispositivos necesarios para implementar el sistema son:

- Cámaras de video fijas.
- Sensor de rotura de cristales.
- Sensores de movimiento, se recomienda utilizar los sensores del sistema de iluminación, ya que cumplen las mismas funcionalidades y se reduce costos.

En las Tablas 2.13 y 2.14 se muestran los modelos de cámaras de video fijas y sensores de rotura de cristales respectivamente, que se ofertan en el mercado.

<b>CAMARAS DE VIDEO FIJAS</b>				
<b>Características</b>	<b>CAMARA DOMO COLOR ANTIVANDALICA</b>	<b>CAMARA INFRARROJA INTERIOR DOMO</b>	<b>CD-2136IR</b>	<b>CAMARA COLOR DOMO INFRARROJA</b>
Apariencia física				
Leds Infrarrojos	Si	Si	Si	Si
Resolución	420 líneas	420 líneas	420 líneas	420 /480 líneas
Sensor de Imagen CCD	1/4"	1/3"	1/3"	1/3"
Iluminación mínima	0 lux	0 lux	0 lux	0 lux
Tensión de alimentación	12 V	12V	12V	12V
Lente	4 mm	3.6 mm	3.6 mm	3.6 mm
Temperatura de funcionamiento	No especifica	-10° C – 60°C	-10° C a 45° C	-10° C a 50° C
Precio	138.04 EUR	59 EUR	79.99 USD	90 EUR

**Tabla 2.13 Características de las Cámaras de Video Infrarrojas Fijas**

<b>SENSORES DE ROTURA DE CRISTALES</b>				
<b>Características</b>	<b>724 – USP</b>	<b>GB510</b>	<b>5812NT</b>	<b>Slimline Glass Break Detector Surfacemnt</b>
Apariencia física				
Radio de acción	6 m	2 m	7.05 m	30 pies
Espesor de cristal	2.4 a 6.4 mm	3 mm	2.4 a 6.4 mm	2.4 a 6.4 mm
Salida a rele	Si	Si	Si	No especifica
Alimentación	Pila de 3 V de Litio	8 a 15 Vcc	8 ~ 14 Vdc	9-16V DC
Temperatura de funcionamiento	-10° a 50°C	-40° a 70°C	0°C ~ 49°C	No especifica
Precio	10.75 USD	36 USD	25.89 USD	39.99 USD

**Tabla 2.14 Características de los Sensores de Rotura de Cristales**

Para seleccionar la cámara de seguridad, se debe considerar los siguientes criterios:

**Led Infrarrojo.** Las cámaras con led infrarrojo son conocidas también como cámaras de visión nocturna, tienen un CCD (dispositivo acoplado por carga eléctrica) que es sensible a la luz infrarroja. La cámara puede estar dotada de un conjunto de emisores led de infrarrojos que no son visibles para el ojo humano, produciendo un efecto de visión en blanco y negro en la que los ojos se ven reflectantes. Si bien la luz infrarroja es invisible para el ojo humano, el led que la produce si se ve en la oscuridad como un punto rojizo levemente iluminado, por lo que la cámara no pasa desapercibida al 100 % en plena oscuridad.

**Tipo de Sensor.** Es el sensor CCD (dispositivo acoplado por carga eléctrica) con diminutas células fotoeléctricas que registran la imagen. Desde allí la imagen es procesada por la cámara y registrada en la tarjeta de memoria; hay distintos tamaños, los más comunes son 1/4", 1/3", 1/2" y 1" y depende del tipo de imagen que van a captar; cuanto más grande es el chip, mayor es la imagen y la calidad que se obtendrá.

**Resolución.** Se refiere a la calidad y/o nitidez de la imagen y del movimiento; a mayor número, corresponde una mejor resolución. Esta función se mide en líneas de resolución: 380, 420, 480.520, 600, etc. líneas de resolución.

**Iluminación.** Está relacionado con la cantidad de luz que tiene el espacio a cubrir. Se pueden utilizar cámaras con IR infrarrojo para espacios o lugares con nivel iluminación mínimo; y si se tiene poca o mediana luz, se debe escoger una cámara que maneje esta función: a menor número corresponde una mejor imagen con poca luz. Esta función se mide en lux: 0 lux, 0.05, 0.5, 0.7, 1, 3 lux, etc.

**Tipo de Lente.** Son los ojos de la cámara; y dependiendo de la medida que se use, se obtendrá un ángulo y una distancia de observación diferente. De acuerdo al CCD que tenga la cámara, se selecciona el tipo de lente que debe utilizarse. Existen lentes que tienen varias medidas, éstos se llaman vari-focales, permiten tener en un mismo lente diferentes medidas y ángulos con sólo mover un aro en forma manual. Otro tipo de lente es el de

zoom motorizado, que va desde el normal, hasta el teleobjetivo con un motor que mueve el lente y se controla a distancia.

Según las características básicas que deben cumplir los dispositivos del sistema de seguridad y de acuerdo a los datos de las tablas anteriores, se determina que los dispositivos que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto son:

- Cámara: CD-2136IR
- Sensores de rotura de cristales: 5812NT

En el Anexo C, se muestra la propuesta de ubicación de los dispositivos que intervienen en el sistema de seguridad, de forma que se cubran de forma eficiente las áreas a ser vigiladas.

### **2.3.1.5 SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN**

#### **Necesidades**

El campo de la prevención es cada vez más completo, dada la cantidad de recursos disponibles fruto de alta tecnología; dado que las construcciones que se realizan en la actualidad son cada vez más complejas, integrando en sí muchas especialidades, materiales y tecnología avanzada.

La protección contra incendios ha avanzado considerablemente, de manera paralela a las actividades de construcción, con lo que se ha conseguido que la prevención de incendios en los edificios formen parte de la elaboración del proyecto arquitectónico.<sup>40</sup>

Los incendios en los edificios ocurren por varias razones como: piromaniacos, fallas humanas, fallas en instalaciones eléctricas, falta de mantenimiento en los equipos eléctricos y por causas naturales como rayos; por lo que, cualquier edificación independientemente de su uso y tipo, debe estar diseñado de forma que reduzcan al

---

<sup>40</sup> <http://www.dii.udc.es/ie/domotica/trabajos/trabajo4.pdf>

mínimo la probabilidad de incendios, y en caso de ocurrir se proteja a las personas y se reduzca al máxima las pérdidas materiales.

En este proyecto de tesis se ha realizado una descripción muy generalizada de los sistemas propuestos para el edificio inteligente de la ESPE-L, y de todos ellos se ha tomado como caso práctico de desarrollo el sistema inteligente para detección de incendios y generación de rutas de evacuación, considerando que la actividad más eficaz en la lucha contra los daños que el incendio pueda provocar, es la protección del bien más valioso: las vidas humanas.

#### **2.3.1.5.1 Funcionalidad Software**

El sistema inteligente, una vez que ha detectado el incendio mediante la infraestructura de hardware, debe ser capaz de:

1. Tomar decisiones necesarias en caso de emergencia
2. Controlar las actividades y el funcionamiento del edificio
3. Predecir y diagnosticar las fallas que ocurran dentro del edificio.

Suponiendo que se cuenta con toda la infraestructura de un edificio inteligente, se busca el desarrollo de un sistema basado en técnicas de inteligencia artificial, para la generación de rutas de evacuación al detectar fuego. En este caso se aborda el primer aspecto, relacionado con toma de decisiones del sistema inteligente en caso de emergencia, debido a un incendio, permitiendo encontrar la ruta más segura para evacuación de personas, representado por el recorrido en un **grafo no dirigido**, utilizando **algoritmo heurístico** para generar la ruta en el menor tiempo posible.

A continuación se define en forma general los términos utilizados para el desarrollo de este sistema.

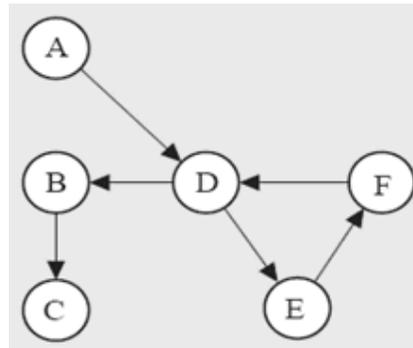
## Grafos<sup>41</sup>

El concepto de grafo puede definirse de forma más general. Por ejemplo, puede permitirse que dos nodos estén conectados por más de una arista, o incluso que un nodo esté conectado consigo mismo. Sin embargo, en el uso de la inteligencia artificial, los grafos se utilizan para representar un conjunto de variables (nodos), y unas relaciones de dependencia entre ellas (aristas). Por tanto, no es necesario que dos nodos estén unidos por más de una arista, o que una arista una un nodo consigo mismo.

Un grafo en el cual todas las aristas son dirigidas, se denomina grafo dirigido; y un grafo en el que todas sus aristas son no dirigidas se denomina no dirigido.

En un grafo dirigido es importante el orden del par de nodos que definen cada arista, mientras que en un grafo no dirigido, el orden carece de importancia.

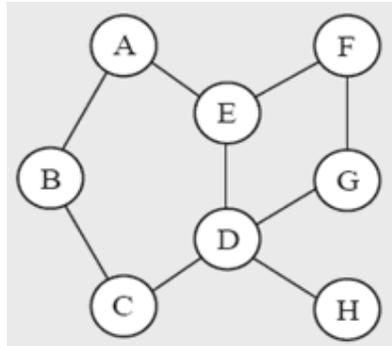
En las Figuras 2.11 y 2.12 se muestra un ejemplo de grafo dirigido y no dirigido.



**Figura 2.11 Grafo Dirigido**

---

<sup>41</sup> <http://personales.unican.es/gutierjm/papers/BookCGH.pdf> Pág., 129



**Figura 2.12 Grafo No Dirigido**

### **Algoritmos Heurísticos<sup>42</sup>**

Se denomina heurística al arte de inventar. En programación se dice que un algoritmo es heurístico cuando la solución no se determina en forma directa, sino mediante ensayos, pruebas y reensayos.

Un algoritmo heurístico (o simplemente heurística) puede producir una buena solución (puede que la óptima) pero también puede que no produzca ninguna solución o dar una solución no muy buena. Normalmente, se basa en un conocimiento intuitivo del programador sobre un determinado problema.

El método consiste en generar candidatos de soluciones posibles de acuerdo a un patrón dado; luego los candidatos son sometidos a pruebas de acuerdo a un criterio que caracteriza a la solución. Si un candidato no es aceptado, se genera otro; y los pasos dados con el candidato anterior no se consideran. Es decir, existe inherentemente una vuelta atrás, para comenzar a generar un nuevo candidato; por esta razón, este tipo de algoritmo también se denomina "con vuelta atrás" (backtracking en inglés).

Existen algunos métodos de búsqueda heurísticos. En la Tabla 2.15 se presenta una comparación de estos métodos.

---

<sup>42</sup> <http://www.elo.utfsm.cl/~lsb/pascal/clases/cap25.pdf>

<b>ALGORITMOS HEURÍSTICOS</b>					
<b>Clasificación</b>	<b>Búsqueda de Ascenso a la colina</b>	<b>Búsqueda Primer el mejor</b>	<b>Búsqueda por recorrido simulado</b>	<b>Búsqueda de métodos óptimos</b>	<b>Búsqueda A*</b>
<b>Características</b>	Búsqueda en profundidad con medición heurística que ordena las alternativas conforme los nodos se extienden. Conforme mejor sea la medición heurística, mejor será el ascenso de colina.	La búsqueda, se realiza a partir del mejor nodo abierto que se tiene hasta ese punto, sin importar donde esté ese nodo en el árbol parcialmente desarrollado.	En vez de optar por la mejor acción, se escoge una al azar. Si mediante la acción se logra mejorar la situación, se ejecuta. De lo contrario, el algoritmo realizará la acción con cierta probabilidad inferior a uno.	Tratan con situaciones de búsqueda en las que el costo de seguir una trayectoria es de principal importancia. A diferencia de los anteriores métodos, éstos no se conforman con una buena solución sino siempre seleccionan la mejor solución.	Utiliza una función de evaluación: $f(n) = g(n) + h(n)$ donde, g(n) calcula el costo de la ruta que va desde el nodo de partida al nodo n, h(n) es el costo estimado de la ruta más barata que va de n a la meta, f(n) es el costo estimado de la solución más barata pasando por n.

<b>Ventajas</b>	Evalúa nodo a nodo hasta encontrar la solución	Mejores tiempos de respuesta.	Facilidad para implementarlo. Habilidad para evitar quedar atrapado en óptimos locales	Es completa y siempre encuentra la solución óptima.	Lo interesante de esta estrategia es que no solo es razonable, sino que se puede demostrar que es completa y óptima.
<b>Desventajas</b>	No asegura que se alcance una solución óptima	No encuentra una solución óptima.	Hallar una solución realmente buena justifica la inversión de tiempo de búsqueda, ya que a mayor tiempo invertido se encuentra una mejor solución.	En espacios de estado pequeño, esta búsqueda no es posible debido a la cantidad de tiempo y espacio que necesita.	El espacio requerido para A*, es su mayor problema en búsquedas complejas.

**Tabla 2.15 Comparativa de Algoritmos Heurísticos**

Una vez, aclarados conceptos fundamentales para el desarrollo del sistema, se describe los requerimientos del sistema inteligente de detección de incendios y generación de rutas de evacuación.

Como primer punto se requiere de un edificio, el cual debe representar la problemática de encontrar una ruta segura para evacuar a la gente. Esto es, para que se pueda justificar un sistema de búsqueda para las rutas de evacuación.

En el análisis de los requerimientos estructurales y funcionales del edificio de la ESPE-L se encuentra que posee carencias para implementar las funcionalidades de un edificio inteligente, particularmente para este sistema de detección de incendios y generación de rutas de evacuación, por cuanto el edificio es básico en cuanto a servicios, pequeño en tamaño, carece de la infraestructura adecuada contra incendios y no posee salidas emergentes. Por esta razón se ha considerado el edificio del Hospital del IESS de la ciudad de Latacunga, ya que es un edificio que permitiría la implantación del sistema inteligente debido a que cuenta con una infraestructura de mayor complejidad, con varias salidas habituales y de emergencia.

La distribución (o topología) de las áreas de un edificio y sus interconexiones se pueden representar fácilmente con un grafo no dirigido. En este grafo cada nodo representa un área y cada arco representa una vía que conecta a dos áreas. Tomando esta representación, el problema de determinar una ruta segura para evacuar a la gente de un edificio, se reduce al conocido problema de recorrer un grafo.

Existen varias técnicas de búsqueda en un grafo. Éstas difieren entre sí por la manera en que recorren el grafo buscando una buena solución al problema. Las técnicas de búsqueda pueden ser de inteligencia artificial, de programación entera o métodos de investigación de operaciones. Algunos de ellos, los métodos de investigación de operaciones y de programación entera, pueden encontrar la mejor ruta; en cambio las técnicas de inteligencia artificial encuentran una buena ruta, sin ser probablemente la mejor de todas las posibles.

Sin embargo, la cantidad de información que se necesitaría procesar en el caso de un edificio es enorme. Es tan significativa la cantidad de información, que es más factible

utilizar técnicas de inteligencia artificial, ya que es probablemente más rápido, comparado con una búsqueda exhaustiva entre todas las posibilidades para encontrar la mejor solución.

De acuerdo a la Tabla 2.15, se considera para el sistema de toma de decisiones en caso de emergencia para encontrar las rutas de evacuación, el método A\*; que es de una combinación de las técnicas Depth-first y Breadth-first, ya que éste presenta las mejores condiciones para este problema.

El usuario requiere de una interfaz que le permita acceder a los planos arquitectónicos del edificio, y de esta forma ir creando el grafo que represente las rutas de salida del edificio; en el cual la ubicación de los actores, fuego, salidas, estará representada por los nodos del grafo y diferenciados por colores. Así el usuario podrá visualizar mejor su edificio en sus diversos aspectos, facilitando su manipulación al realizar cambios.

Debido a que, generalmente los planos de cualquier edificio o construcción están elaborados en la herramienta de dibujo Autocad, se optó por desarrollar interfaces que permitan el manejo de estos planos para lograr un sistema dinámico que permite cargar cualquier plano.

#### **2.3.1.5.2 Diseño Hardware**

Con el fin de estudiar las condiciones que debe cumplir un edificio, en cuanto a medidas de seguridad electrónica, se realizó una visita a los Laboratorios Pfizer del Ecuador, descrito en el Capítulo I. Se tomó este caso para poder conocer las medidas de seguridad contra incendios, además de documentación referente a este tipo de sistemas.<sup>43</sup>

Las funciones del sistema de detección de incendios son:

- Detectar y avisar la presencia de un incendio con rapidez

---

<sup>43</sup> <http://www.dii.udc.es/ie/domotica/trabajos/trabajo4.pdf>

- Activar la alarma de señalización óptica y acústica.
- Poner en marcha plan de evacuación y disipación del fuego.

Los componentes de un sistema de detección de incendios.

- Central de incendios. Encargada de supervisar toda la red de detección y activar las alarmas así como generar las rutas de evacuación.
- Sensores o detectores. Para detectar fuego, generalmente existen en el mercado tres tipos diferentes de sensores: sensores de calor, sensores de humo y detectores de llama, en el presente proyecto, se analizan los detectores de humo.
- Luces de emergencia.
- Sirenas y campanas de alarma.

En el supuesto, que el edificio de la ESPE-L esté equipado con los dispositivos de detección de incendios, éstos deberán ser monitoreados por el sistema e informar sobre su estado.

En conjunto con este sistema, se intenta modelar la arquitectura propuesta de los niveles que debe contener un edificio, para que sea considerado inteligente (ver Figura 2.3).

En las tablas 2.16, 2.17 y 2.18 se muestran los dispositivos que se encuentran disponibles en el mercado para un sistema de contra incendios.

<b>SENSORES DE HUMO</b>			
<b>Características</b>	<b>Sensor de Humo</b>	<b>DD-4305 Detector Humo fotoeléctrico</b>	<b>Detector de humo óptico</b>
Presentación Física			
Instalación	Montaje en techo 3 m	Montaje en techo menor 4 m	No especifica
Salida a Relé	Relé inversor sd169 para central alarma robo o incendio.	El sistema actúa enviando la señal de alarma a los equipos de seguridad donde este conectado.	NC - NA 24Vdc/1A
Área de detección	60 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	No especifica
Alimentación	12 Vcc	12 VDC	8-16Vdc
Consumo	10/35mA	115Ua	70μA
Temperatura de funcionamiento	No especifica	-10°C a +55°C	0°C - 50°C
Precio	103.89 USD	31.97 EUR (47.95 USD)	61 EUR (91.50 USD)

**Tabla 2.16 Características de los Detectores de Humo**

<b>SIRENAS</b>				
<b>Características</b>	<b>CT-542</b>	<b>SIRENA ALARMA</b>	<b>SIRENA INTERIOR</b>	<b>SIRENA ALARMA PARLANTE</b>
Presentación Física				
Instalación	Montaje en superficie	Montaje en superficie	No especifica	No especifica
Potencia	102 dB	115dB	110dB	120dB
Alimentación	24VDC	12Vcc	12V	12Vcc
Consumo	50 mA	11mA/800mA	No especifica	650mA
Precio	13.57 EUR	121.50 USD	105.66 USD	121.50 USD

**Tabla 2.17 Características de Sirenas para Incendios**

<b>LETREROS LUMINOSOS</b>		
<b>Características</b>	<b>ALPHA 215R</b>	<b>ALPHA 215R</b>
Presentación Física		
Alimentación	120 VAC	120 VAC
Ancho máximo del carácter	4.3 cm	4.3 cm
Altura de caracteres	5.1 cm	5.1 cm
Numero máximo de caracteres	15 caracteres	15 caracteres
Color del carácter	Rojo	Rojo, verde, amarillo
Medidas totales de la caja	73.4x5.3x11.4 (cm)	73.4x5.3x11.4 (cm)
Peso	6.25 lbs	6.25 lbs
Distancia máxima recomendada	25 m	25 m
Temperatura de funcionamiento	0° a 49°C	0° a 49°C
Precio	499.00 USD	599.00 USD

**Tabla 2.18 Características de Letreros luminosos para mensajes de salida**

Para la selección de los dispositivos del sistema de detección de incendios se deben tener en cuenta los siguientes criterios<sup>44</sup>:

**Detector de Humo.** Para la correcta detección del sensor de humo, es necesario que las llamas estén a menos de 7 metros. También se debe conocer el lugar donde se pretenda colocar el detector, sea en el techo o en la pared.

**Alarma Sonora.** La alarma sonora puede ser un timbre, sirena, campana o megafonía; debe ser claramente diferenciado de otras señales acústicas; por ejemplo, las que indican actividades escolares o académicas. Esta alarma debe ser audible en todas las dependencias del edificio; por lo tanto, desde el punto de vista de potencias, ésta debe ser alta.<sup>45</sup>

En base a las características básicas que deben cumplir los dispositivos del sistema de detección de incendios, se puede determinar que los dispositivos que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto son:

- Detector de Humo: DD-4305
- Sirena: CT-542
- Letreros luminosos: Alpha 215R

Los dispositivos de seguridad contra incendios que se encuentran en el mercado, vienen determinados por las funcionalidades que se les desee dar y el tipo de edificio o vivienda donde se van a instalar.

En el Anexo D, se muestra una propuesta de ubicación de los dispositivos de seguridad contra incendio, la distribución de estos dispositivos dependerá de las características de los elementos y las necesidades del edificio.

La propuesta de diseño de edificio inteligente para la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, es novedosa y por demás futurista considerando que hay una carencia o poco

---

<sup>44</sup> <http://www.mundogar.com/ideas/reportaje.asp?ID=14701>

<sup>45</sup> [http://www.defensora.es/informes\\_y\\_publicaciones/informes\\_estudios\\_y\\_resoluciones/informes\\_defensor\\_del\\_menor\\_informe\\_0001/TEXTTO\\_PAGINADO/index\\_paginado.html?page=4](http://www.defensora.es/informes_y_publicaciones/informes_estudios_y_resoluciones/informes_defensor_del_menor_informe_0001/TEXTTO_PAGINADO/index_paginado.html?page=4)

conocimiento acerca de lo que implica la domótica y la construcción de edificaciones inteligentes.

A lo largo de este capítulo, se ha hecho una búsqueda exhaustiva de los dispositivos que intervienen en cada uno de los sistemas propuestos, los cuales integrados a un software podrán ser capaces de realizar funciones de control inteligente.

Como se ha venido mencionando durante la realización del proyecto, éste no constituye una guía exacta de desarrollo de los sistemas; más bien se enfoca a resaltar esquemas básicos de funcionamiento tanto Hardware como Software, considerando para este fin sistemas que utilicen métodos de inteligencia artificial.

Para finalizar este capítulo y cumplir uno de los objetivos planteados en este proyecto, se propone como futuros trabajos de investigación, ampliar estos temas con los egresados de las carreras afines, así se podrá enriquecer los conocimientos tanto en la informática como en la electrónica.

## **CAPITULO III**

### **DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN DE INCENDIOS Y GENERACIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN**

En este capítulo se realiza el caso práctico del tema de tesis propuesto “Propuesta de diseño de un edificio inteligente para la Escuela Politécnica del Ejército – Sede Latacunga. Caso práctico: Sistema Inteligente para Detección de Incendios y Generación de Rutas de Evacuación” llamado SIGRE, el cuál permitirá encontrar una ruta segura para evacuar a la gente de un edificio en caso de incendio.

El proyecto está basado en la metodología Rational Unified Process (RUP) que es un marco de trabajo genérico que puede especializarse en una gran variedad de sistemas software, para diferentes áreas de aplicación, tipos de organizaciones, niveles de aptitud y tamaños de proyectos. Constituye una metodología iterativa e incremental, y se basa en la notación UML (Unified Modeling Language – Lenguaje Unificado de Modelado).

Los componentes de desarrollo de software basados en RUP son:

- Análisis de requisitos: Descripción de lo que debería hacer el sistema.
- Diseño: Cómo se realizará el sistema en la fase de implementación.
- Implementación: La producción del código.
- Pruebas: La verificación del sistema.

## **3.1 ANÁLISIS**

En esta fase de desarrollo se detallarán todos los requerimientos y limitaciones que va a tener el Sistema Inteligente de Detección de Incendios y Generación de Rutas de Evacuación (SIGRE).

Para especificar los requerimientos del sistema se tomará como referencia el Estándar “IEEE 830”.

### **3.1.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE**

#### **3.1.1.1 Introducción**

La Especificación de Requisitos de Software (ERS) se establece mediante las directrices del estándar “IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specification ANSI/IEEE 830 - 1980” para el Sistema Inteligente para Detección de Incendios y Generación de Rutas de Evacuación.

#### **3.1.1.2 Propósito**

El objetivo del presente documento es definir de forma clara y precisa las funcionalidades y restricciones del sistema que permitirá la detección de incendios y generación de rutas de evacuación, y está dirigido al desarrollador y a los usuarios finales.

### 3.1.1.3 **Ámbito del sistema**

El sistema SIGRE que se desarrolla está orientado al campo de la seguridad del nuevo edificio de la ESPE-L en caso de incendio, ayudará a la toma de decisiones brindando información oportuna sobre las rutas de evacuación que pueden tomar los ocupantes del edificio; el sistema en esta versión actúa como un simulador, pero se considera que a futuro, con la adquisición de los dispositivos tanto sensores como actuadores, se podrá obtener datos reales para poder establecer la magnitud, así como la propagación del incendio.

Para el desarrollo del sistema fue importante el apoyo de la Unidad de Construcciones y Mantenimiento de la ESPE-L, que facilitó la información necesaria respecto del edificio para el desarrollo del sistema.

### 3.1.1.4 **Definiciones de Acrónimos y Abreviaturas**

En esta sección se define todos los acrónimos y abreviaturas utilizadas en los ERS.

#### 3.1.1.4.1 **Definiciones**

Administrador	Persona encargada de la administración del Sistema de Detección de Incendios y Generación de Rutas de Evacuación.
Usuario	Persona encargada de operar el Sistema de Detección de Incendios y Generación de Rutas de Evacuación.

**Tabla 3.1 Definiciones**

#### 3.1.1.4.2 Acrónimos

ERS	Especificación de Requisitos de Software
-----	--

**Tabla 3.2 Acrónimos**

#### 3.1.1.4.3 Abreviaturas

SIGRE	Sistema Inteligente de Generación de Rutas de Evacuación.
ESPE-L	Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga.
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

**Tabla 3.3 Abreviaturas**

#### 3.1.1.5 Referencias

Estándar ANSI/IEEE 830 - 1998 de Especificación de Requisitos de Software.

#### 3.1.1.6 Visión general del documento

El presente documento contiene la especificación de requisitos para el sistema SIGRE y está organizado según el estándar IEEE/ANSI 830 - 1998, práctica recomendada para la especificación de requisitos software.

### **3.1.1.7 Descripción General del Producto**

Se presentan las principales consideraciones para que el sistema funcione, las restricciones y demás factores que afecten al desarrollo del mismo.

#### **3.1.1.7.1 Perspectiva del Producto**

El sistema propuesto será aplicable para la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, donde se demostrará la funcionalidad de sistema, este caso será tomado como básico ya que su infraestructura física no representa mayor complejidad; por otra parte se utilizará los planos de Edificio del Hospital de IESS, por su infraestructura de mayor complejidad, pero además el propósito es que, este sistema pueda aplicarse a cualquier tipo de edificio que lo necesite.

El sistema en esta versión no interactúa con otros sistemas informáticos, pero se espera que a futuro pueda integrarse con otros sistemas informáticos como los que se han propuesto en este proyecto de tesis.

#### **3.1.1.7.2 Funciones del sistema**

Las funciones que debe realizar el sistema son:

##### **Funciones de Gestión de usuarios:**

- Ingreso al sistema
- Creación de usuarios
- Modificación de los datos de un usuario
- Eliminación de usuarios

### **Funciones Gestión de grafos:**

- Agregar nodos
- Eliminar nodos
- Agregar caminos
- Eliminar caminos

### **Funciones Gestión de rutas:**

- Ubicación de salidas
- Ubicación de actores
- Ubicación de zonas inseguras
- Generación de rutas de evacuación
- Guardar grafo

#### **3.1.1.7.3 Características de los usuarios**

El sistema debe ofrecer una interfaz de usuario, fácil de aprender y sencillo de manejar. El sistema debe presentar un grado alto de usabilidad, sería deseable que el usuario se familiarice desde la primera vez que ingrese al mismo.

#### **3.1.1.7.4 Suposiciones, Restricciones y Dependencias**

Las suposiciones, restricciones y dependencias respecto del sistema, y que se derivan directamente de la información recolectada son:

## **Suposición**

El sistema maneja y produce información fiable obtenida del proceso de búsqueda inteligente en determinado grafo, en tiempos aceptables para el usuario.

## **Restricciones**

El sistema se realiza en base a las políticas y los procesos de negocio establecidos por el desarrollador. Este sistema tiene las funcionalidades generales comunes que se definieron.

- El sistema no trabajará en plataforma cliente/servidor.
- El sistema desde su fase inicial esta contemplado para detección de incendios, en el Capitulo II se realizó un análisis de lo que contempla la implementación de un sistema inteligente de incendios, considerándose en este punto que la adquisición del Hardware, es decir sensores y actuadores, tiene un costo elevado; esto permite delimitar el sistema simulando situaciones donde existan zonas inseguras y en base a estos datos generará la mejor ruta de evacuación.
- El sistema no contempla la propagación del fuego, ya que se necesita de un estudio más detallado de los factores que permiten evaluar el comportamiento de los elementos expuestos al incendio<sup>46</sup>, dichas consideraciones no están contempladas dentro del ámbito de desarrollo del sistema.

## **Dependencias**

El sistema SIGRE, requiere interactuar con el programa Autocad para su correcto funcionamiento; fuera de éste, no necesita comunicarse con otros sistemas informáticos externos.

---

<sup>46</sup> [http://Trabajo Investigación MSCI\\_limitaciones sistema contra incendios.pdf](http://Trabajo%20Investigacion%20MSCI_limitaciones%20sistema%20contra%20incendios.pdf)

### **3.1.1.8 Requisitos**

En la siguiente sección se describen los requisitos identificados durante la fase de planeación del sistema SIGRE.

SIGRE debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Requisitos funcionales
- Requisitos de interfaces externas
- Requisitos de desarrollo
- Requisitos tecnológicos

#### **3.1.1.8.1 Requisitos Funcionales**

En esta sección se especifican los requisitos con mayor detalle, permitiendo un mejor entendimiento del sistema.

**Req(01)** El sistema permitirá a los usuarios ingresar al sistema digitando el login y password para seguridad del sistema.

**Req(02)** El administrador podrá dar de alta a un usuario, proporcionando su login y password.

**Req(03)** El administrador podrá modificar los datos de un usuario.

**Req(04)** El administrador podrá dar de baja a un usuario.

**Req(05)** El sistema permitirá abrir planos que estén diseñados en Autocad desde el menú “Archivo”, y mostrará un cuadro de diálogo para la navegación del plano seleccionado.

**Req(06)** El sistema permitirá agregar nodos, el sistema pasa el control a la aplicación en Autocad, la ubicación de los nodos en el plano dependerá de las consideraciones del administrador, un nodo puede ser la habitación, el pasillo, las puertas.

**Req(07)** El sistema permitirá eliminar nodos, una vez seleccionado el nodo a eliminar el sistema presentará un mensaje para su confirmación, se eliminará el nodo así como los caminos que se encuentren adyacentes a él.

**Req(08)** El sistema permitirá agregar caminos, el sistema pasa el control a la aplicación en Autocad, y pedirá al administrador seleccionar un nodo inicial, una vez colocado este nodo se pedirá seleccionar el nodo final; en estas acciones se podrá presionar la tecla ESC para cancelar la selección y volver a la ventana del sistema.

**Req(09)** El sistema permitirá eliminar caminos, una vez seleccionado el camino a eliminar el sistema presentará un mensaje para su confirmación, se eliminará el camino.

**Req(10)** El sistema permitirá ubicar las salidas del edificio, el sistema pasa el control a la aplicación en Autocad, la ubicación de las salidas en el plano dependerá de las consideraciones del administrador, una salida puede ser las escaleras o las puertas que permiten salir al exterior de la edificación.

**Req(11)** El sistema permitirá ubicar a tres actores; un actor es un grupo de personas que se encuentran en el edificio, el sistema pasará el control a la aplicación en Autocad, la ubicación de los actores en el plano será indistinto y dependerá de las consideraciones del administrador.

**Req(12)** El sistema permitirá ubicar zonas inseguras, una zona insegura puede ser el fuego, productos inflamables, productos explosivos y químicos, o cualquier circunstancia de riesgo, el sistema cederá el control de la aplicación en Autocad, la ubicación de las zonas inseguras en el plano es indistinta y dependerá de las consideraciones del administrador.

**Req(13)** El sistema permitirá generar una ruta de evacuación para los actores que se encuentren ubicados en el plano, la ruta de evacuación se irá mostrando de forma dinámica

al usuario, mostrando al final la impresión de la ruta generada así como la distancia recorrida en determinado tiempo.

**Req(14)** El sistema guardará el grafo creado por el administrador al momento de cerrar la aplicación en Autocad.

### **3.1.1.8.2 Requisitos de Interfaces Externas**

En esta sección se describe los requisitos que afectan a la interfaz del administrador.

#### **Interfaces de Administrador**

La interfaz debe ser orientada a ventana; el manejo del programa se realizará a través del ratón.

#### **Interfaces de Software**

El sistema trabaja de forma conjunta con la aplicación de Autocad.

### **3.1.1.8.3 Requisitos de Desarrollo**

El ciclo de vida elegido para el desarrollo del sistema es evolutivo; es decir, interactivo incremental, de manera que se pueda incorporar fácilmente cambios o agregar mayor funcionalidad al sistema para prestar mayores servicios.

### **3.1.1.8.4 Requisitos Tecnológicos**

#### **Requisitos Hardware**

En esta sección se describe los requerimientos mínimos para el buen funcionamiento de la aplicación.

- Un computador mínimo Pentium IV.
- Una memoria de 1GB.

- Espacio libre en disco de 475 Mb

### **Requisitos de Software**

En esta sección se describe los requerimientos Software sobre los cuales va a funcionar el sistema.

- Microsoft Visual Studio 2005 (lenguaje C#), Framework .NET 1.0 mínimo.
- Autocad 2004 o superior.
- Windows Xp Service Pack 2.

Una vez establecidos los Requisitos del Sistema se procede a describir su funcionalidad en base a los procesos que sigue la metodología RUP, esto permitirá una mejor comprensión de lo que el sistema debe realizar.

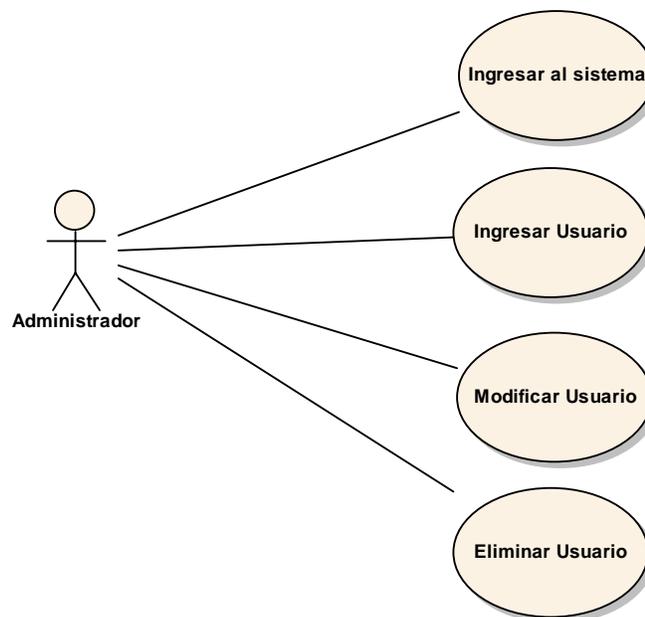
### **Atributos**

- **Fiabilidad:** El sistema ha sido desarrollado para proporcionar al usuario información fiable y oportuna cuando lo requiera.
- **Seguridad:** El sistema permitirá el ingreso de los usuarios mediante login y password para garantizar la seguridad del sistema, y solo el administrador será responsable de gestionar los usuarios que interactuarán con el sistema.
- **Mantenimiento:** El sistema será susceptible de mantenimiento cuando lo requiera, para ello se puede hacer uso del documento de análisis, diseño, implementación y pruebas basado en la metodología RUP.
- **Portabilidad:** el sistema puede ser portable a cualquier máquina que cumpla con requisitos de hardware especificados anteriormente.

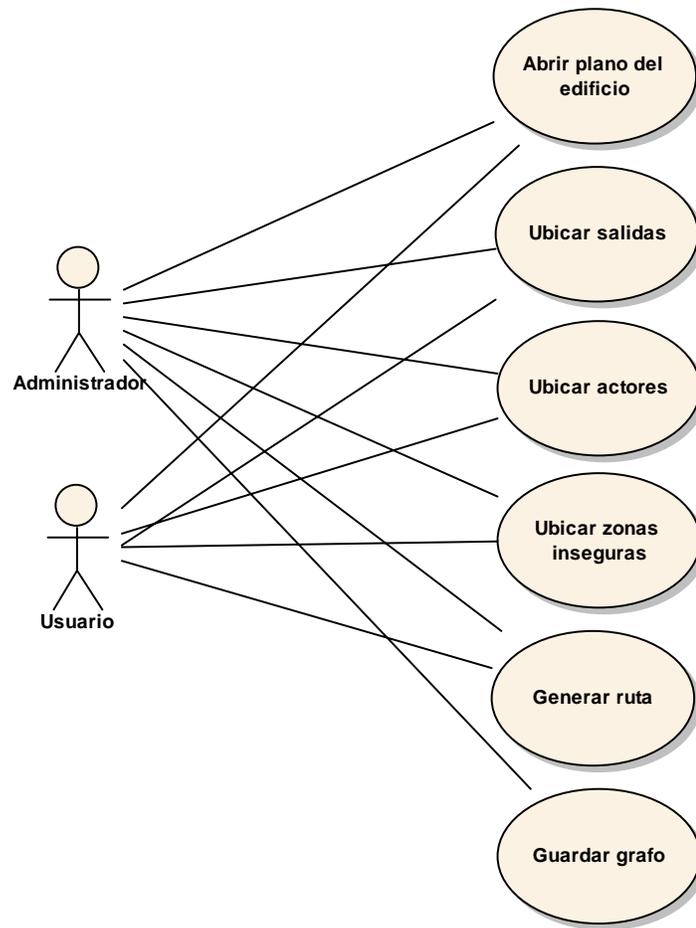
### 3.1.2 DIAGRAMAS DE CASO DE USO

Los diagramas de caso de uso definen conjuntos de funcionalidades afines que el sistema debe cumplir para satisfacer todos los requerimientos.

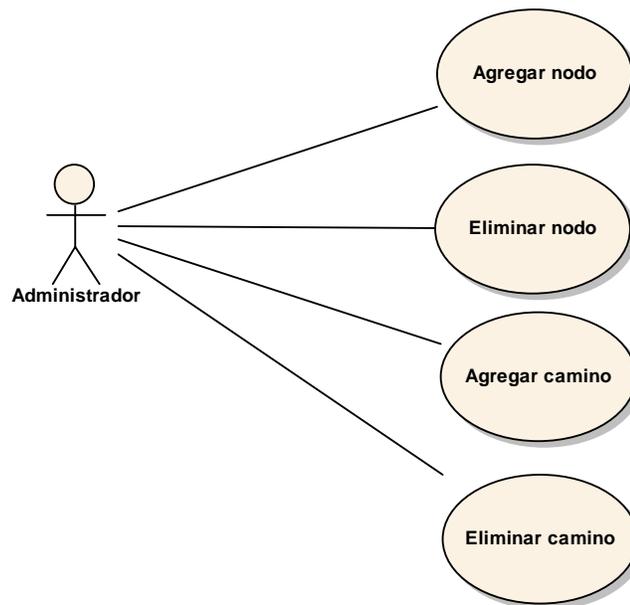
A continuación en las Figuras 3.1, 3.2 y 3.3 se presentan los diagramas de caso planteados para este sistema.



**Figura 3.1 Diagrama de Gestión de usuario**



**Figura 3.2 Diagrama de Gestión de ruta**



**Figura 3.3 Diagrama de Gestión de grafo**

### **3.1.3 ESPECIFICACION DE CASOS DE USO**

Aquí se describe los eventos que pueden ser generados por el administrador o usuario y van a ser atendidos por los casos de uso, por evento se entiende la interacción que tiene el administrador y el usuario con el sistema. El formato utilizado es una plantilla de la metodología RUP, de cada uno de ellos se obtiene los diagramas de secuencia.

<b>Identificador</b>	<b>CU- 01</b>	
<b>Nombre</b>	Ingresar al sistema	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita el registro para ingresar al sistema.	
<b>Precondición</b>	El administrador no ha ingresado al sistema	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema permiso de acceso.
	2	El sistema presenta formulario de acceso: login y password.
	3	El administrador ingresa datos de login y password.
	4	El sistema valida los datos ingresados.
	5	El administrador accede al sistema.
<b>Poscondición</b>	El administrador está listo para utilizar el sistema.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	4	Si la información proporcionada es inválida el sistema envía un mensaje y presenta formulario de acceso, esta acción se repite tres veces y se cierra la ventana de inicio.
	4	Si el administrador del sistema solicita cancelar la operación, el sistema cancela la operación y se termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	4	4 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	La frecuencia de uso dependerá del administrador.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 02</b>	
<b>Nombre</b>	Crear usuario	
<b>Descripción</b>	El administrador ingresa los datos de un nuevo usuario	
<b>Precondición</b>	El usuario no es un usuario registrado	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema ingresar un nuevo usuario.
	2	El sistema presenta formulario para el ingreso de los datos del nuevo usuario: login, password.
	3	El administrador proporciona los datos de login y password y solicita al sistema que los almacene.
	4	El sistema guarda los datos del nuevo usuario.
<b>Poscondición</b>	El usuario es registrado en el sistema.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	3	Si los datos del nuevo usuario, login y password son inválidos, el sistema no permite el ingreso del usuario y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	3	2 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	Es una operación poco utilizada.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 03</b>	
<b>Nombre</b>	Modificar usuario	
<b>Descripción</b>	El administrador modifica los datos de un usuario	
<b>Precondición</b>	El usuario es un usuario registrado	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema modificar datos, login y password de un usuario.
	2	El sistema presenta la lista de usuarios.
	3	El administrador selecciona usuario a modificar.
	4	El sistema presenta formulario de los datos del usuario a ser modificado.
	5	El administrador modifica login y/o password del usuario y solicita al sistema que guarde los cambios.
	6	El sistema actualiza los datos del usuario.
<b>Poscondición</b>	Los datos del usuario son actualizados.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	5	Si los datos modificados del usuario son inválidos el sistema no permite la actualización y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	6	2 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	Es una operación poco utilizada.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 04</b>	
<b>Nombre</b>	Eliminar usuario	
<b>Descripción</b>	El administrador elimina un usuario del sistema.	
<b>Precondición</b>	El usuario es un usuario registrado.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema eliminar a un usuario.
	2	El sistema presenta lista de usuarios.
	3	El administrador selecciona usuario.
	4	El sistema pide al administrador una confirmación.
	5	El administrador confirma o acepta la eliminación del usuario.
	6	El sistema elimina usuario.
<b>Poscondición</b>	El usuario ha sido eliminado del sistema.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	5	Si el administrador cancela la eliminación, y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	6	2 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	Es una operación poco utilizada.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 05</b>	
<b>Nombre</b>	Abrir Plano del edificio	
<b>Descripción</b>	Los usuarios pueden abrir archivos de Autocad que contengan los planos de un edificio sobre el cual se va a trabajar.	
<b>Precondición</b>	El plano a cargar debe existir y ser un archivo de Autocad.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema abrir planos del edificio.
	2	El sistema muestra un cuadro de diálogo para buscar la dirección de ubicación de los planos.
	3	El sistema carga el plano seleccionado.
	4	El sistema permite al administrador tener el control sobre el plano abierto.
<b>Poscondición</b>	El administrador puede realizar cualquier operación sobre el plano abierto.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	2	Si el administrador presiona la tecla ESC, se cierra el cuadro de dialogo y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	2	2 segundos.
<b>Comentarios</b>	Operación utilizada con frecuencia.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 06</b>	
<b>Nombre</b>	Agregar nodo	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita la creación de un nuevo nodo.	
<b>Precondición</b>	El administrador ha cargado un plano.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema iniciar la creación de un nodo.
	2	El sistema le da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El Administrador ubica los nodos según sus necesidades y prioridades.
	4	El sistema muestra nodo creado.
<b>Poscondición</b>	El administrador ha creado nodos en el plano.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	3	Si el administrador solicita cancelar la operación, presionando la tecla ESC y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	3	5 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	El rendimiento y frecuencia incidirán en el número de nodos a ubicar en el plano.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 07</b>	
<b>Nombre</b>	Eliminar nodo	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita la eliminación de nodos.	
<b>Precondición</b>	En el plano se han creado nodos.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema eliminar nodos.
	2	El sistema da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El administrador selecciona los nodos a eliminar dependiendo de sus requerimientos.
	4	El sistema presenta un cuadro de dialogo para confirmar la eliminación del nodo.
	5	El administrador acepta la eliminación del nodo.
	6	El sistema elimina el nodo seleccionado y los caminos que se encuentren dependientes del mismo.
	7	El administrador devuelve el control al sistema presionando la tecla ESC.
<b>Poscondición</b>	El nodo seleccionado es eliminado.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	5	Si el administrador solicita cancelar la operación, el sistema cancela la operación, y el caso de uso termina.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	6	2 segundos
<b>Comentarios</b>	Es una operación utilizada con frecuencia	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 08</b>	
<b>Nombre</b>	Agregar camino	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita la creación de un nuevo camino.	
<b>Precondición</b>	En el plano se han creado nodos	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema agregar un camino.
	2	El sistema da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El sistema pide ubicar el nodo inicial.
	4	El Administrador ubica la posición inicial del camino.
	5	El sistema pide ubicar el nodo final.
	6	El Administrador ubica la posición final del camino.
	7	El sistema muestra el camino creado entre dos nodos.
<b>Poscondición</b>	El camino entre dos nodos es creado.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	4	El administrador presiona la tecla ESC para terminar este caso de uso
	6	El administrador presiona la tecla ESC para terminar este caso de uso
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Tiempo</b>
	3	5 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	El rendimiento y frecuencia incidirán en el número de caminos que desee ubicar en el plano.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 09</b>	
<b>Nombre</b>	Eliminar camino	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita la eliminación de caminos.	
<b>Precondición</b>	En el plano se han creado caminos.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema eliminar camino.
	2	El sistema da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El administrador selecciona el camino a eliminar dependiendo de sus requerimientos.
	4	El sistema presenta un cuadro de diálogo para confirmar la eliminación del camino.
	5	El administrador acepta la eliminación del camino.
	6	El sistema elimina un camino previa confirmación.
	7	El administrador devuelve el control al sistema presionando la tecla ESC.
<b>Poscondición</b>	El camino ha sido eliminado.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	5	Si el administrador solicita cancelar la operación, el sistema cancela la operación y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	6	2 segundos
<b>Comentarios</b>	Es una operación utilizada con frecuencia	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 10</b>	
<b>Nombre</b>	Ubicar salidas	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita la ubicación de salidas.	
<b>Precondición</b>	Debe existir un grafo creado en el plano.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema la ubicación de las salidas.
	2	El sistema da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El Administrador ubica las salidas según sus necesidades y prioridades.
	4	El sistema muestra una salida pintando el nodo de color amarillo.
<b>Poscondición</b>	El nodo de salida se identifica con un color amarillo.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	3	Si el administrador solicita cancelar la operación, presionando la tecla ESC y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	3	2 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	La frecuencia de uso es poco usada.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 11</b>	
<b>Nombre</b>	Ubicar actores	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita la ubicación de actores dentro de la aplicación.	
<b>Precondición</b>	Debe existir un grafo creado en el plano.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema la ubicación de los actores.
	2	El sistema da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El Administrador ubica los actores en el plano según sus necesidades y prioridades.
	4	El sistema muestra los actores pintando a cada actor de color verde, azul, violeta.
<b>Poscondición</b>	El nodo donde se encuentran los actores se identifica con color (azul, verde, violeta).	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	3	Si el administrador solicita cancelar la operación, presionando la tecla ESC y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	3	2 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	La frecuencia de uso muy utilizada.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 12</b>	
<b>Nombre</b>	Ubicar zonas inseguras	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita determinar y ubicar las zonas inseguras dentro del plano.	
<b>Precondición</b>	Debe existir un grafo creado en el plano.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema la ubicación de zonas inseguras.
	2	El sistema da el control sobre la aplicación de Autocad.
	3	El Administrador ubica las zonas inseguras en el plano según sus necesidades y prioridades.
	4	El sistema muestra una zona insegura, pintado el nodo de color rojo.
<b>Poscondición</b>	El nodo que representa las zonas inseguras (fuego) se identifica con color rojo.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	3	Si el administrador solicita cancelar la operación, presionando la tecla ESC y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	3	2 segundos
<b>Estabilidad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	La frecuencia de uso muy utilizada.	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 13</b>	
<b>Nombre</b>	Generar rutas de evacuación	
<b>Descripción</b>	El sistema genera una ruta hasta una salida segura dependiendo de la ubicación de los actores y zonas inseguras.	
<b>Precondición</b>	Debe existir un grafo en el plano en el que se identifique las salidas, las zonas inseguras y actores.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador, solicita al sistema procesar la información que tiene almacenada del grafo.
	2	El sistema presenta el recorrido de los actores en el grafo de forma dinámica mediante señales beep emitidas por el computador.
<b>Poscondición</b>	El sistema genera una ruta de salida que se actualiza cuando las zonas inseguras se extienden.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	2	Si no ha iniciado el proceso, no se generará ninguna ruta de evacuación.
	2	El sistema se actualiza y genera nueva ruta si durante la ejecución se añaden más zonas inseguras.
	2	El administrador podrá parar el proceso cuando lo estime necesario.
	2	El proceso termina cuando haya encontrado una ruta o en su defecto informe que no existe rutas de evacuación y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	3	Depende del tamaño del grafo.
<b>Comentarios</b>	Caso de uso permanente	

<b>Identificador</b>	<b>CU- 14</b>	
<b>Nombre</b>	Guardar grafo	
<b>Descripción</b>	El administrador solicita guardar un grafo cuando haya terminado de crearlo o cuando lo estime conveniente.	
<b>Precondición</b>	El administrador guarda el archivo con los nodos y caminos.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El administrador solicita al sistema guardar el grafo en un archivo.
	2	El administrador acepta guardar el archivo.
	3	El sistema guarda la información de los grafos en un archivo de texto con el mismo nombre del plano abierto en autocad.
<b>Poscondición</b>	El archivo plano es guardado en un archivo de rutas con el mismo nombre del archivo en Autocad sobre el cual se trabaja.	
<b>Excepciones (Secuencia Alternativa)</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	3	Si el administrador solicita cancelar la operación, el sistema cancela la operación y termina el caso de uso.
<b>Rendimiento</b>	<b>Paso</b>	<b>Cota de tiempo</b>
	6	2 segundos
<b>Comentarios</b>	Es una operación utilizada con frecuencia	

## 3.2 DISEÑO DEL SISTEMA

Para el diseño del sistema se utilizó los diagramas de secuencia y los diagramas de colaboración, los cuales se crean a partir de los diagramas de caso de uso.

### 3.2.1 DIAGRAMA DE SECUENCIA

Los diagramas de secuencia representan una interacción entre objetos de manera secuencial en el tiempo. El responsable o actor es el que inicia el ciclo interactuando con el sistema, en este diagrama se comienza a observar el comportamiento del sistema a partir de los eventos generados por los actores.

A continuación se muestran los diferentes diagramas de secuencia inmersos en sistema.

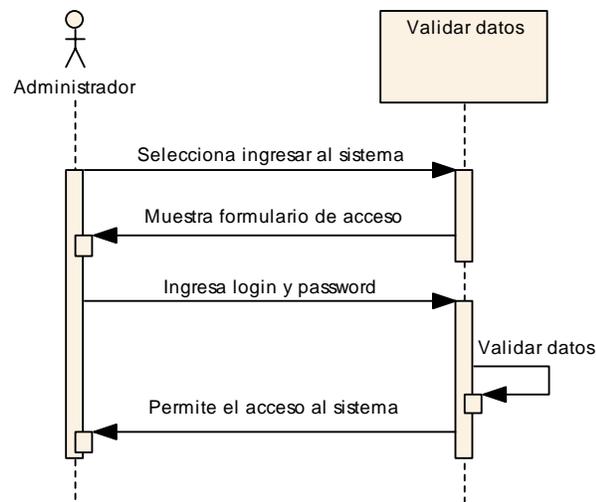
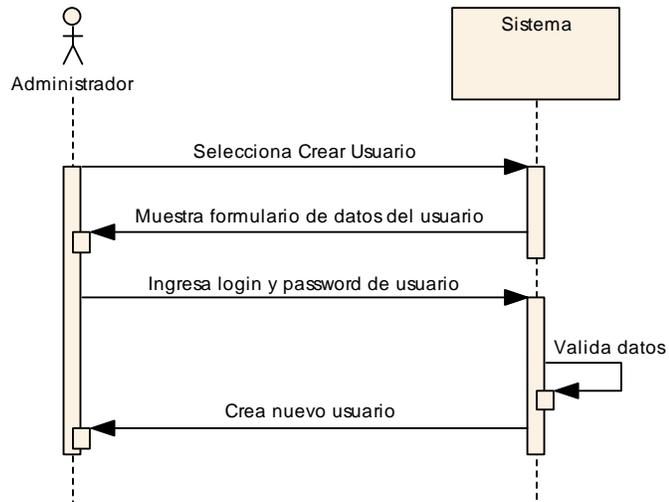
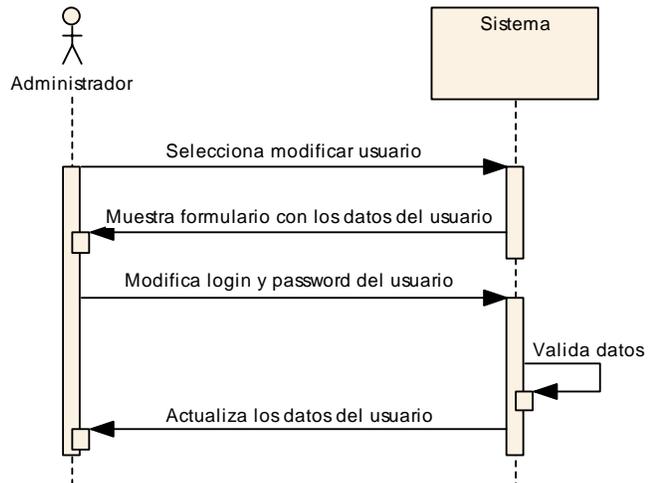


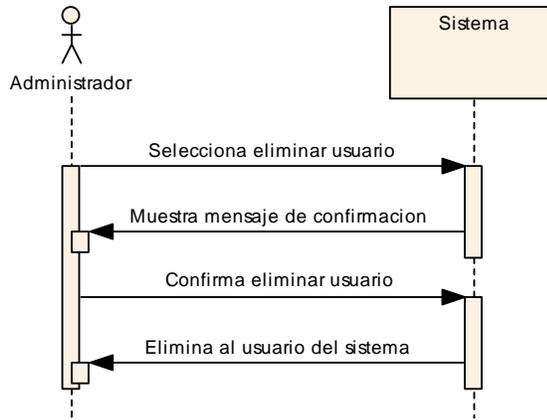
Figura 3.4 Diagrama de secuencia ingreso al sistema



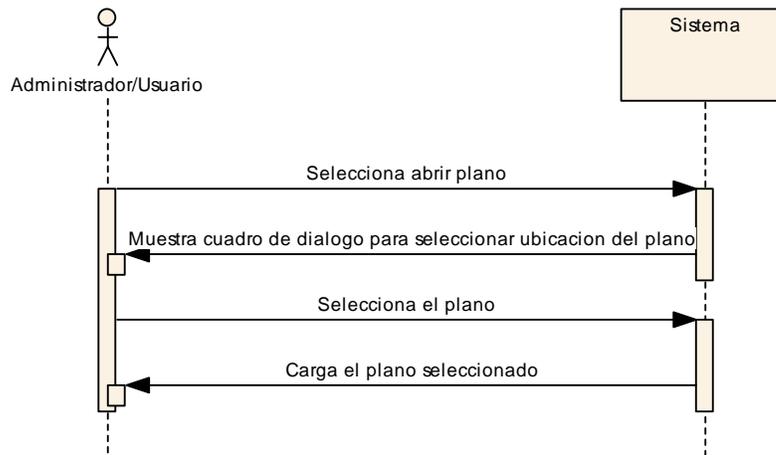
**Figura 3.5 Diagrama de secuencia Crear usuario**



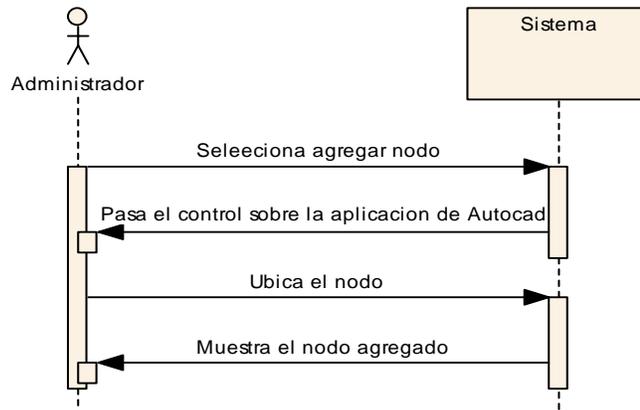
**Figura 3.6 Diagrama de secuencia modificar usuario**



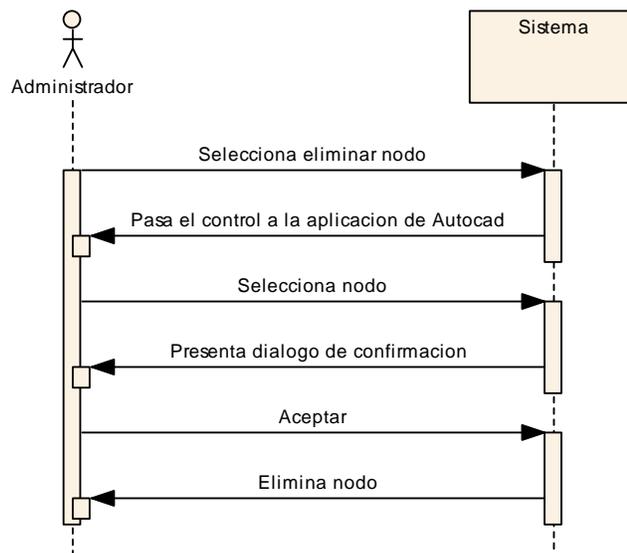
**Figura 3.7 Diagrama de secuencia eliminar usuario**



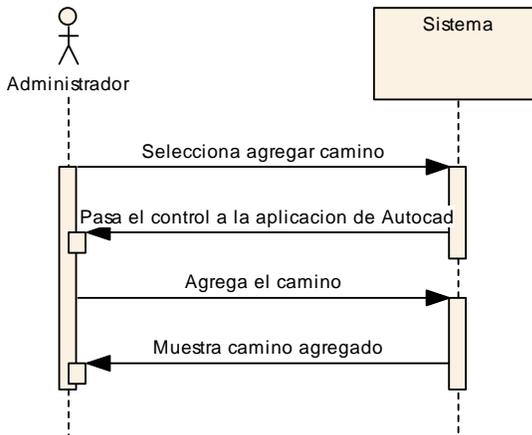
**Figura 3.8 Diagrama de secuencia abrir plano**



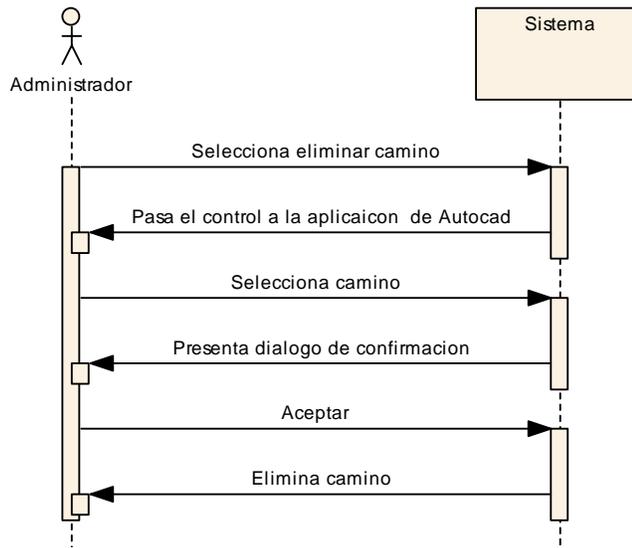
**Figura 3.9 Diagrama de secuencia agregar nodo**



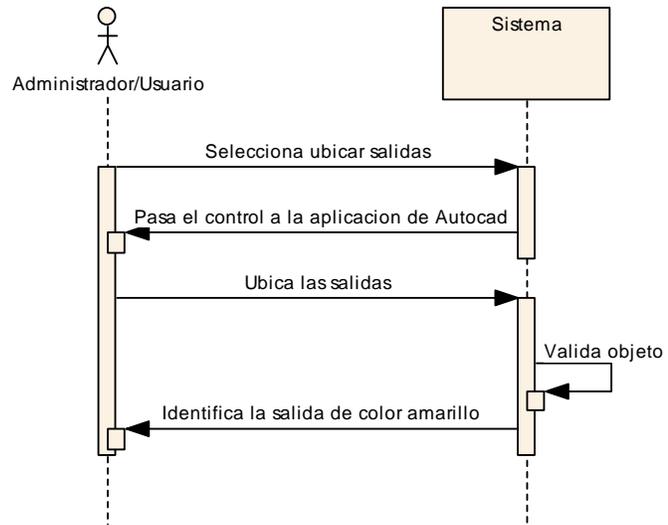
**Figura 3.10 Diagrama de secuencia eliminar nodo**



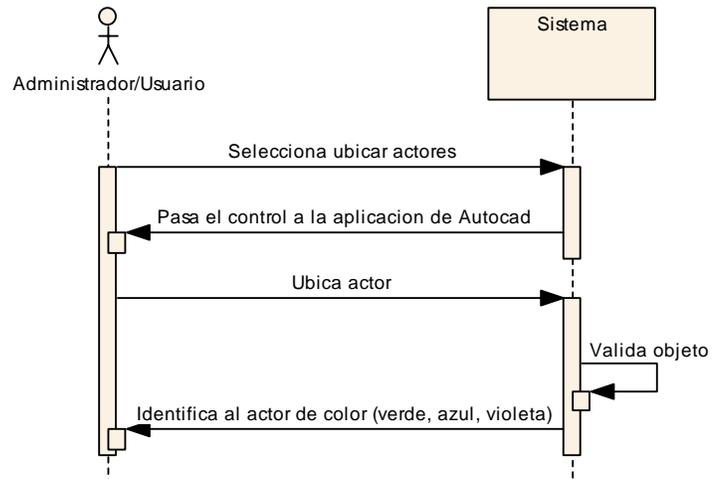
**Figura 3.11 Diagrama de secuencia agregar camino**



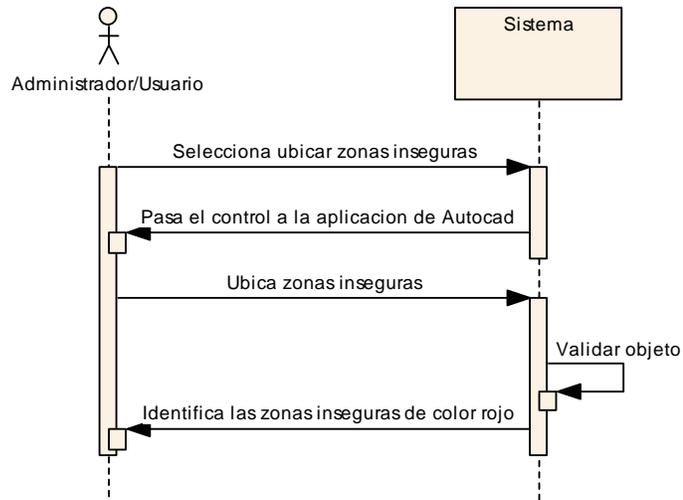
**Figura 3.12 Diagrama de secuencia eliminar camino**



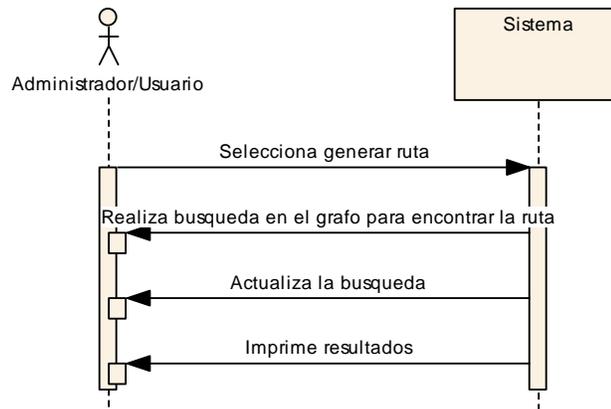
**Figura 3.13 Diagrama de secuencia ubicar salidas**



**Figura 3.14 Diagrama de secuencia ubicar actores**



**Figura 3.15 Diagrama de secuencia zonas inseguras**



**Figura 3.16 Diagrama de secuencia generar ruta**

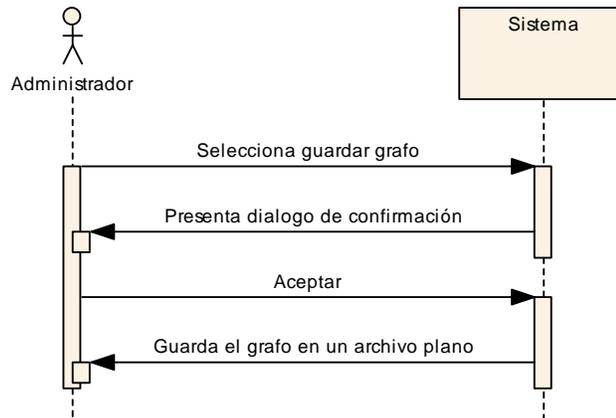


Figura 3.17 Diagrama de secuencia guardar grafo

### 3.2.2 DIAGRAMAS DE COLABORACIÓN

Los diagramas de colaboración son todas las especificaciones de los métodos, se muestran los objetos y mensajes que son necesarios para cumplir con un requerimiento o propósito. Se puede elaborar para una operación o para un caso de uso, con el fin de describir el contexto en el cual su comportamiento este inmerso.

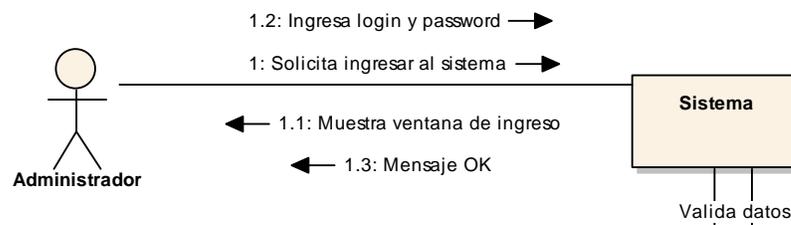
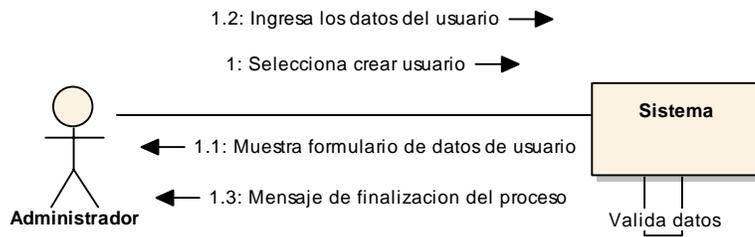
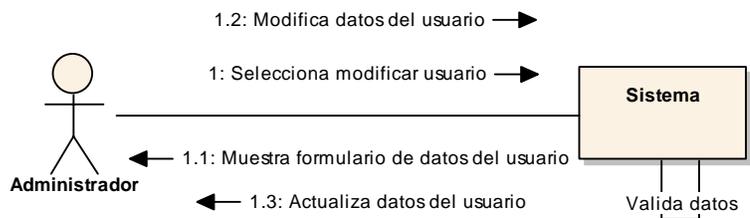


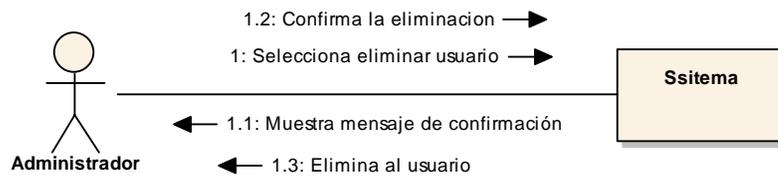
Figura 3.18 Diagrama de colaboración ingreso al sistema



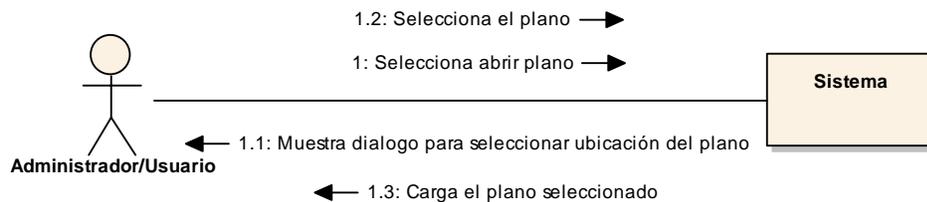
**Figura 3.19 Diagrama de colaboración crear usuario**



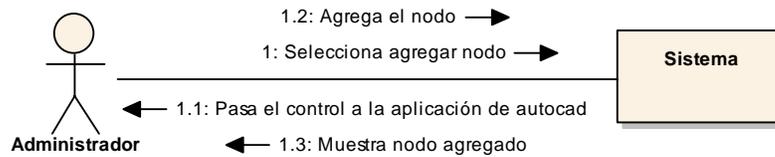
**Figura 3.20 Diagrama de colaboración modificar usuario**



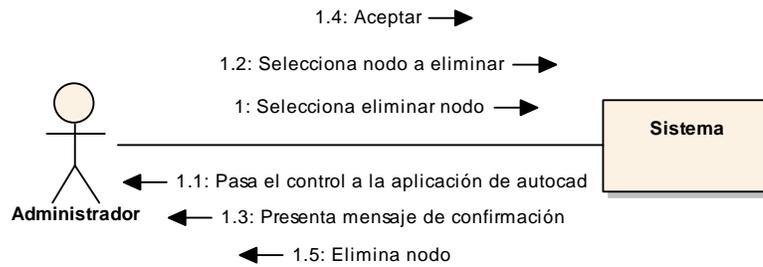
**Figura 3.21 Diagrama de colaboración eliminar usuario**



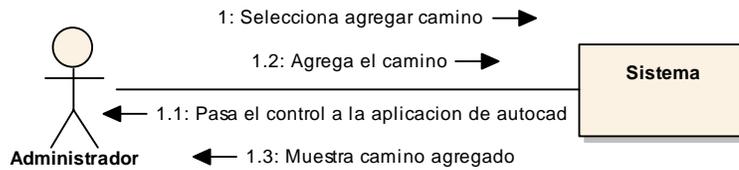
**Figura 3.22 Diagrama de colaboración abrir plano**



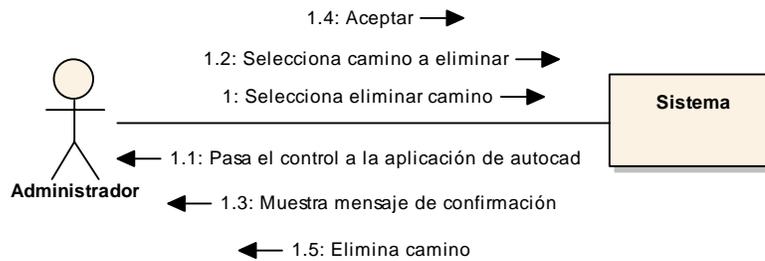
**Figura 3.23 Diagrama de colaboración agregar nodo**



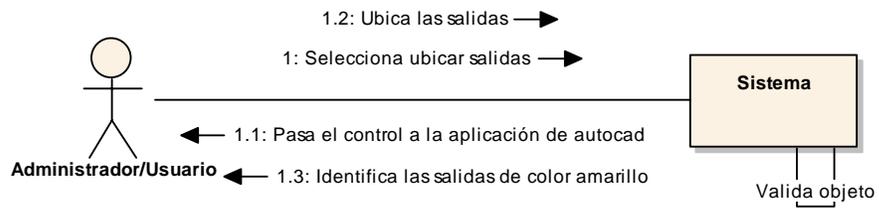
**Figura 3.24 Diagrama de colaboración eliminar nodo**



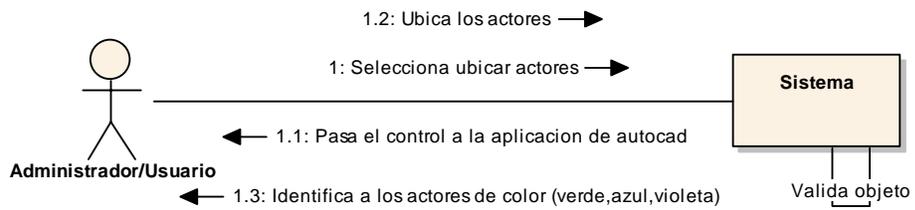
**Figura 3.25 Diagrama de colaboración agregar camino**



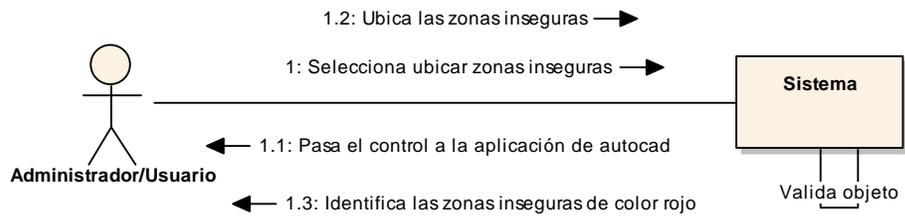
**Figura 3.26 Diagrama de colaboración eliminar camino**



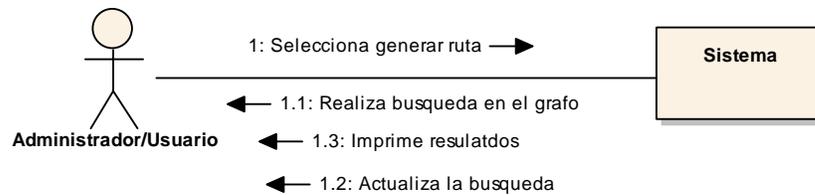
**Figura 3.27 Diagrama de colaboración ubicar salidas**



**Figura 3.28 Diagrama de colaboración ubicar actores**



**Figura 3.29 Diagrama de colaboración ubicar zonas inseguras**



**Figura 3.30 Diagrama de colaboración generar ruta**

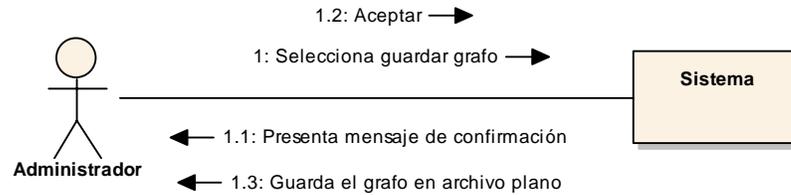


Figura 3.31 Diagrama de colaboración guardar grafo

### 3.2.3 DIAGRAMA DE CLASES

Los diagramas de clases representan las clases que serán utilizadas dentro del sistema y las relaciones que existen entre ellas. Son importantes para la visualización, especificación y documentación del modelo estructural, pero también para la construcción del sistema.

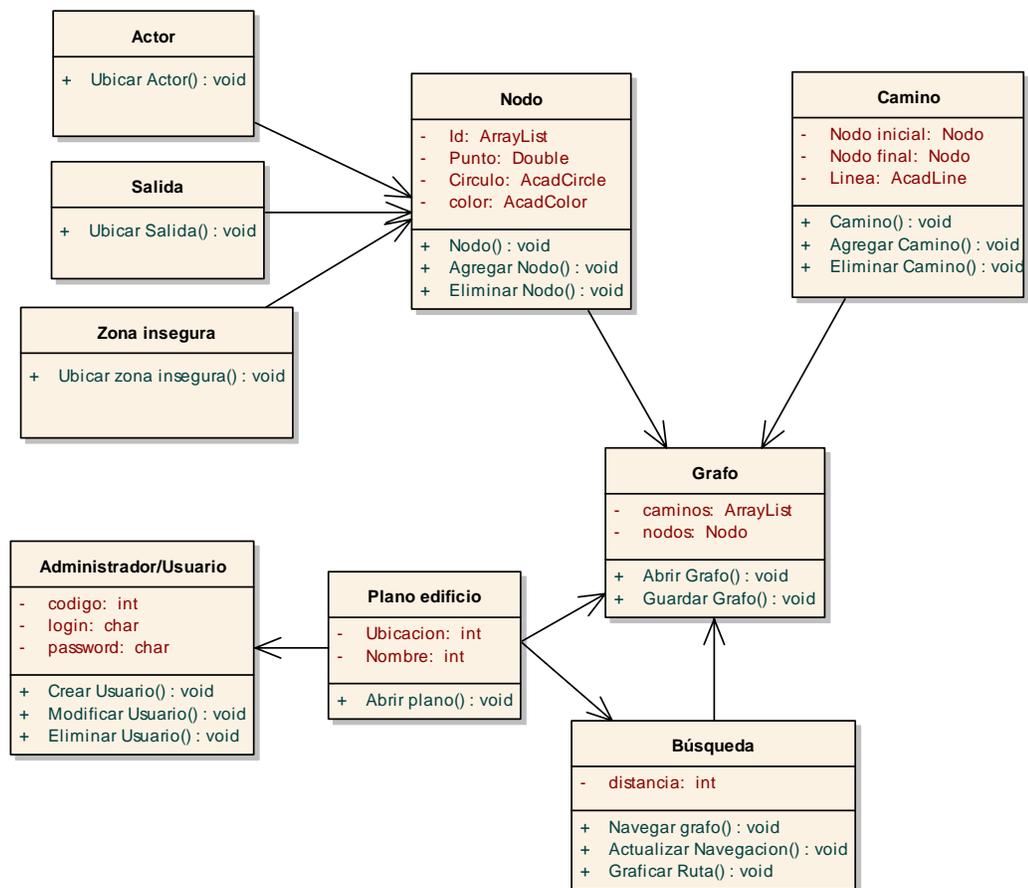


Figura 3.32 Diagrama de clases Sistema SIGRE

### 3.3 IMPLEMENTACIÓN

En esta etapa se construye un sistema inteligente de detección de incendios y generación de rutas de evacuación mediante la creación de grafos a partir del plano de un edificio, ya que las áreas de un edificio y sus interconexiones se pueden representar fácilmente con un grafo de tipo no dirigido, es decir un grafo en el que sus aristas o caminos son bidireccionales.

Una vez que ha sido creado el grafo, es necesario implementar un algoritmo de búsqueda heurística óptimo, considerando que habrá edificios en los que el grafo será complejo y los tiempos de ejecución deben ser mínimos. Tomando en cuenta este antecedente, de entre los diferentes algoritmos se ha seleccionado el algoritmo A\*.

Este algoritmo combina las ventajas de los algoritmos basados en profundidad y anchura siguiendo un único camino, pero cambiando de ruta en cualquier momento, cuando aparezca una ruta alternativa que resulte más segura que la actual. Para decidir si se va a cambiar de ruta, este algoritmo hacen uso de un cierto conocimiento para discernir el cambio de estado de un nodo (de normal a fuego), con lo que añaden inteligencia al proceso de búsqueda. El algoritmo de búsqueda es heurístico por la incorporación de una función, que calcula el coste incurrido hasta el nodo actual, más una función de estimación heurística que predice cual es el coste desde los diferentes nodos vecinos hacia la meta. Esta función se emplea para decidir hacia que nodo vecino se va a expandir la ruta a continuación, lo que implica incurrir en un coste operacional superior pero al mismo tiempo permite encaminar la búsqueda directamente en la dirección de la meta óptima. Esta función de estimación heurística introduce una cierta cantidad de inteligencia y conocimiento en el propio algoritmo de selección de caminos.

La función heurística de evaluación “fn” del algoritmo A\*, para seleccionar los puntos del camino a recorrer, es la suma de dos términos como se muestra a continuación:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

Donde:

$g(n)$  es el costo desde el punto de inicio hasta el punto “n”.

$h(n)$  es el costo estimado desde el punto “n” hasta llegar a la meta.

$f(n)$  es el costo total estimado del camino pasando por el punto “n”.

A continuación en la Figura 3.33 se muestra un diagrama que ilustra el funcionamiento del Algoritmo A\*.

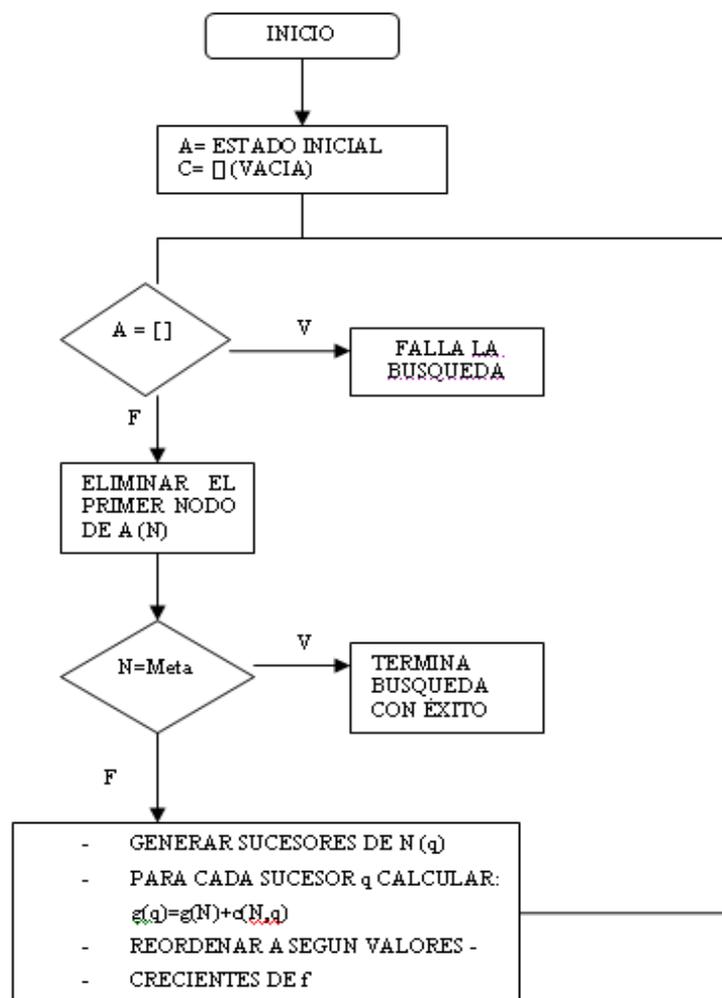


Figura 3.33 Diagrama del Algoritmo A\*

En este proyecto se ha implementado como función de estimación heurística la distancia que existe entre el nodo que está siendo evaluado y el nodo destino o salida, y un factor de riesgo en los nodos que se encuentran entre el nodo inicial y el nodo destino, entonces el algoritmo va a optar por el nodo vecino más cercano al destino y libre de riesgo.

Se presentarán casos en los que, alcanzar la salida requiera en algún momento alejarse de ella, o en él que, el camino más directo no sea el más seguro. También puede darse el caso de que no pueda encontrar una ruta a la salida, debido a los factores de riesgo que haya encontrado en la búsqueda.

La implementación del sistema SIGRE se realizó en base a lo expuesto en el análisis y diseño del sistema.

El propósito del proyecto es que el sistema sea dinámico, permitiendo al usuario emplear cualquier plano del edificio que disponga, normalmente los planos están diseñados en Autocad, razón por la cual se consideró la utilización de Autocad 2005 o superior. Esta herramienta además de manipular un plano, permite la creación del grafo a partir de ese plano.

Para el diseño de la interfaz, funcionalidades y la implementación del algoritmo A\*, se ha seleccionado la plataforma de desarrollo Microsoft Visual Studio .NET 2005, Lenguaje C#. Se ha considerado la utilización de este lenguaje de programación porque toma las mejores características de lenguajes preexistentes como Visual Basic, Java o C++ y las combina en uno solo, además de alto nivel de productividad y la facilidad de conexión e interacción con Autocad mediante el uso de librerías.

La interfaz del sistema SIGRE tiene las siguientes funcionalidades:

- Gestión de usuarios, para realizar el control del ingreso al sistema.
- Gestión del grafo, que permite crear grafos en un plano de cualquier edificio.
- Gestión de rutas, que permite ubicar salidas, ubicar zonas inseguras, ubicar actores y generar la ruta de evacuación segura a la salida más cercana.

Estas son las acciones que permitirán generar rutas de evacuación (ver código fuente, Anexo E).

### 3.4 PRUEBAS

Este documento de pruebas está dirigido exclusivamente a las personas encargadas de la verificación funcional del sistema, o para aquellas personas que vean en este documento una ayuda para el uso correcto del sistema.

Los casos de prueba para el sistema SIGRE son de caja negra, se llevan a cabo sobre la interfaz del sistema y pretende demostrar que, las funciones del software son operativas, la entrada se acepta de forma adecuada, y se produce una salida correcta.

Las pruebas de caja negra intentan encontrar errores de las siguientes categorías:

- Errores de funciones.
- Errores de interfaz.
- Errores en estructuras de datos o en accesos a bases de datos externas.
- Errores de rendimiento.
- Errores de inicialización y de terminación.

Las pruebas del sistema SIGRE se han realizado siguiendo la plantilla de los casos de prueba basados en la metodología RUP, la cual dice que debe haber al menos un caso de prueba para cada caso de uso o requisito. La estructura de la plantilla de RUP es la siguiente:

- Nombre del caso de prueba
- Código del caso de prueba
- Descripción
- Condiciones de ejecución
- Pasos de ejecución
- Resultados esperados
- Evaluación de la prueba

Para este sistema se ha realizado un caso de prueba por caso de uso, y para el caso de uso de generación de rutas se ha realizado una prueba para el edificio de la ESPE-L y otra prueba para el edificio del Hospital del IESS, para diferenciar los niveles de complejidad de los dos casos y justificar el correcto funcionamiento del algoritmo para la generación de rutas de evacuación.

<b>Caso de Prueba de Ingreso al sistema</b>
<b>Código Caso de Prueba: 01</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Se ingresa al sistema, mediante el ingreso de login y password, una vez válidos estos datos se puede acceder al sistema.
<b>Condiciones de ejecución:</b> Los usuarios deben haber sido creados por el administrador.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona la opción Ingresar.</li> <li>• Se introduce login y password.</li> <li>• Se pulsa el botón Aceptar para ingresar.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> Si el login y password son correctos, se accede al sistema caso contrario se muestra un mensaje de error, el usuario podrá repetir esta acción tres veces a continuación se cerrará la aplicación. <b>Resultados reales:</b> Si login y password son correctos, el sistema carga la aplicación de Autocad y está listo para ser utilizado. Si login y password son incorrectos, el sistema muestra un mensaje de error “Login y/o Password incorrectos, intente de nuevo”, al pulsar en el botón Aceptar vuelve a mostrar el formulario para ingresar login y password. <b>Error de inicialización:</b> El ciclo repetitivo no está correctamente controlado, el usuario puede intentar ingresar al sistema infinitamente. <b>Error de rendimiento:</b> El tiempo de espera para iniciar la aplicación es de 5 segundos.
<b>Evaluación de la prueba:</b> El error de inicialización ha sido depurado, y la prueba es superada con éxito. El error de rendimiento no puede ser corregido, la demora se debe a que la inicialización de Autocad retarda el tiempo de respuesta del sistema.

<b>Caso de Prueba Crear usuario</b>
<b>Código Caso de Prueba: 02</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite al administrador crear usuarios para interactuar con el sistema.
<b>Condiciones de ejecución:</b> El administrador es el único que puede acceder a esta funcionalidad.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador selecciona la opción Gestión de Usuarios/Crear usuario.</li> <li>• Aparece un formulario de datos, login y password del nuevo usuario.</li> <li>• El administrador ingresa login y password del usuario y pulsa el botón guardar.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> El sistema valida los datos ingresados y guarda el nuevo usuario. <b>Resultados reales:</b> El sistema guarda el nuevo usuario. <b>Error de función:</b> la validación de los datos que contiene el formulario de usuario no se realizan correctamente.
<b>Evaluación de la prueba:</b> Se depura la función para la validación de los datos login y password del nuevo usuario y prueba superada con éxito.

<b>Caso de Prueba Modificar usuario</b>
<b>Código Caso de Prueba: 03</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite al administrador modificar los datos de un usuario.
<b>Condiciones de ejecución:</b> El administrador es el único que puede acceder a esta funcionalidad.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador selecciona la opción Gestión de Usuarios/Modificar usuario.</li> <li>• El administrador selecciona el usuario y modifica sus datos.</li> <li>• El administrador pulsa el botón guardar.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador pulsa el botón aceptar.</li> </ul>
<p><b>Resultados esperados:</b> El sistema actualiza los datos del usuario.</p> <p><b>Resultados reales:</b> El sistema actualiza los datos del usuario sin errores.</p>
<p><b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.</p>

<p><b>Caso de Prueba Eliminar usuario</b></p>
<p><b>Código Caso de Prueba: 04</b></p>
<p><b>Descripción de la prueba:</b> Permite al administrador eliminar usuarios.</p>
<p><b>Condiciones de ejecución:</b> El administrador es el único que puede acceder a esta funcionalidad.</p>
<p><b>Entrada/Pasos de ejecución:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona la opción Gestión de Usuarios/Eliminar usuario.</li> <li>• El administrador selecciona el usuario a eliminar.</li> <li>• El administrador pulsa el botón Aceptar.</li> </ul>
<p><b>Resultados esperados:</b> El sistema después de la confirmación del administrador elimina del sistema al usuario seleccionado.</p> <p><b>Resultados reales:</b> El sistema elimina al usuario seleccionado, con o sin confirmación del administrador.</p> <p><b>Error de interfaz:</b> No se muestra mensaje de confirmación para la eliminación del usuario.</p>
<p><b>Evaluación de la prueba:</b> Se modifica la estructura del código del mensaje de confirmación y prueba superada con éxito.</p>

<b>Caso de Prueba de Abrir plano del edificio</b>
<b>Código Caso de Prueba: 05</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite abrir planos de un edificio creados en Autocad versiones 2005 en adelante (archivos de extensión .dwg).
<b>Condiciones de ejecución:</b> El plano debe existir y ser archivo de Autocad.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador/usuario selecciona la opción Archivo/Abrir Plano.</li> <li>• El administrador/usuario selecciona un archivo desde la ubicación indicada.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> Una vez seleccionado el archivo, el sistema abre el archivo que contiene el plano del edificio, la acción puede ser cancelada por el usuario. El sistema no reconoce archivos que no sean .dwg <b>Resultados reales:</b> El sistema abre el archivo de extensión dwg seleccionado por el usuario sin errores.
<b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.

<b>Caso de Prueba de Agregar nodo</b>
<b>Código Caso de Prueba: 06</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite crear nodos en el plano del edificio
<b>Condiciones de ejecución:</b> El archivo debe estar abierto y contener un plano.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador selecciona la opción Gestión Grafo/Nodos/Agregar Nodo.</li> <li>• Mediante un clic el administrador ubica el nodo donde sea requerido.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> El sistema muestra el nodo en el plano, el cual es representado por una circunferencia, la acción de agregar nodos es cancelada presionando la tecla

ESC.
<b>Resultados reales:</b> El sistema muestra el nodo creado de color blanco, y para dejar de crear nodos se pulsa la tecla ESC.
<b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.

<b>Caso de Prueba de Eliminar nodo</b>
<b>Código Caso de Prueba: 07</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite eliminar nodos y sus relaciones.
<b>Condiciones de ejecución:</b> Cuando se selecciona el nodo previa confirmación del administrador.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador selecciona la opción Gestión Grafo/Nodos/Eliminar Nodo.</li> <li>• El administrador con un click selecciona el nodo a eliminar.</li> <li>• El administrador pulsa el botón Aceptar.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> Se elimina el nodo sólo cuando el administrador lo haya confirmado, caso contrario la acción es cancelada. Además se elimina los caminos que contengan a ese nodo.  <b>Resultados reales:</b> Se muestra un mensaje de texto “¿Está seguro de que desea eliminar el nodo?”, al aceptar el sistema elimina visualmente el nodo del plano pero se conserva en el archivo de texto donde se almacena la información del grafo.  <b>Error de estructura de datos:</b> Los datos del nodo se mantienen en el archivo de texto del grafo, de forma que cada vez que se carga el grafo, el nodo eliminado se sigue mostrando.
<b>Evaluación de la prueba:</b> Se modificó el fragmento de código que almacena los datos del nodo en el archivo de texto y prueba superada con éxito.

<b>Caso de Prueba de Agregar camino</b>
<b>Código Caso de Prueba: 08</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite al administrador agregar caminos, es decir relación entre dos nodos.
<b>Condiciones de ejecución:</b> Cuando existan más de dos nodos creados en el plano.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador selecciona la opción Gestión Grafo/Caminos/Agregar Camino.</li> <li>• El administrador selecciona un nodo inicial y un nodo final para crear el camino.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> El sistema muestra un camino entre el nodo inicial y el nodo final, la acción es cancelada por el administrador presionando la tecla ESC. <b>Resultados reales:</b> Se muestra el camino entre los nodos seleccionados como nodo inicial y nodo final. Esta acción se cancela cuando se pulsa la tecla ESC.
<b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.

<b>Caso de Prueba de Eliminar camino</b>
<b>Código Caso de Prueba: 09</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite eliminar un camino entre dos nodos.
<b>Condiciones de ejecución:</b> Cuando el camino es seleccionado y previa confirmación del administrador.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador selecciona la opción Gestión Grafo/Caminos/Eliminar Camino.</li> <li>• El sistema da el control a la aplicación de autocad.</li> <li>• El administrador selecciona el camino a eliminar.</li> <li>• El sistema muestra un mensaje “¿Está seguro que desea eliminar el nodo?”</li> <li>• El administrador pulsa el botón Aceptar.</li> </ul>

<p><b>Resultados esperados:</b> El sistema elimina el camino después de que el administrador ha confirmado, caso contrario la acción es cancelada presionando ESC.</p> <p><b>Resultados reales:</b> Se muestra un mensaje de texto “¿Está seguro de que desea eliminar el camino?”, al aceptar el sistema elimina el camino seleccionado.</p>
<p><b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.</p>

<p><b>Caso de Prueba de Ubicar salidas</b></p>
<p><b>Código Caso de Prueba: 10</b></p>
<p><b>Descripción de la prueba:</b> Permite ubicar las salidas en el plano del edificio</p>
<p><b>Condiciones de ejecución:</b> Cuando existen nodos en el plano.</p>
<p><b>Entrada/Pasos de ejecución:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador/usuario selecciona el botón de ubicar salida.</li> <li>• El administrador/usuario da click sobre el nodo destinado a ser salida.</li> </ul>
<p><b>Resultados esperados:</b> El sistema cambia el estado del nodo de normal (color blanco) a salida (color amarillo).</p> <p><b>Resultados reales:</b> Se cambia el color del nodo seleccionado de blanco a amarillo.</p>
<p><b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.</p>

<p><b>Caso de Prueba de Guardar Grafo</b></p>
<p><b>Código Caso de Prueba: 11</b></p>
<p><b>Descripción de la prueba:</b> Permite guardar el grafo creado de un plano</p>
<p><b>Condiciones de ejecución:</b> Cuando previamente se ha creado nodos y/o caminos</p>

**Entrada/Pasos de ejecución:**

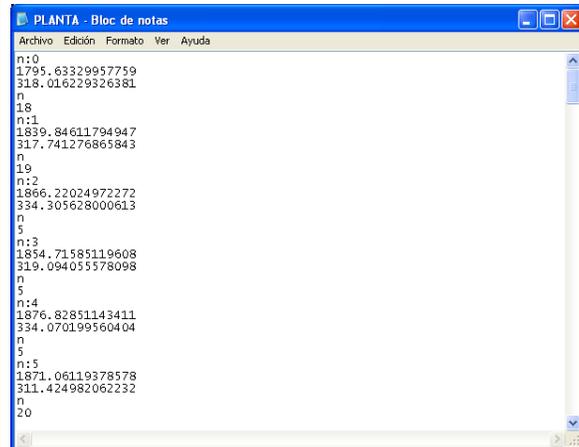
- El administrador selecciona la opción Archivo/Guardar/Cerrar
- Pulsa el botón Aceptar.

**Resultados esperados:** El sistema guarda los datos del grafo creado, en un archivo de texto que lleva el mismo nombre del archivo que contiene el plano en Autocad.

**Resultados reales:** En el archivo de texto se guarda los datos del grafo, como se muestran a continuación.

n:1                                   (número de nodo o identificador)  
1839.84611794947   (posición del nodo en el eje x del plano)  
317.741276865843   (posición del nodo en el eje y del plano)  
n                                       (estado del nodo; “n” normal, “s” salida)  
2                                       (número de nodo con el que está conectado)

El archivo de rutas se muestra en la siguiente figura.



El nombre del archivo de texto es:

Archivo que contiene el plano en Autocad                                   PLANTA.dwg

Archivo del grafo creado a partir del plano de Autocad                   PLANTA.txt

**Error de función:** El identificador del nodo (2) conectado con el nodo 1 se repite hasta cinco veces.

n:1  
x:1839.84611794947  
y:317.741276865843  
s  
2

2
2
2
2
<b>Evaluación de la prueba:</b> Se modificó la sentencia for que hace referencia al almacenamiento de los datos de cada nodo y prueba superada con éxito.

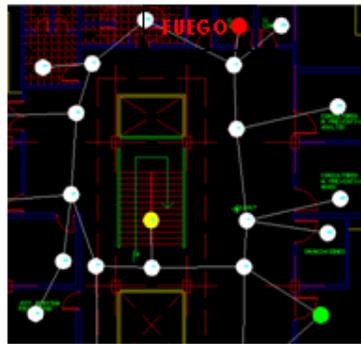
<b>Caso de Prueba de Ubicar actores</b>
<b>Código Caso de Prueba: 12</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite ubicar grupo de actores o personas dentro del edificio.
<b>Condiciones de ejecución:</b> No existen condiciones ya que se puede acceder en cualquier momento a esta acción.
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador/usuario selecciona el botón de ubicar actor</li> <li>• Se da click sobre el nodo donde se ubican los actores.</li> </ul>
<b>Resultados esperados:</b> El sistema identifica a los actores de color azul, verde, y violeta.
<b>Resultados reales:</b> Los nodos que representan los actores son cambiados de color blanco a color azul, verde, y violeta.
<b>Evaluación de la prueba:</b> Prueba superada con éxito.

<b>Caso de Prueba de Ubicar zonas inseguras</b>
<b>Código Caso de Prueba: 13</b>
<b>Descripción de la prueba:</b> Permite ubicar las zonas inseguras (simular fuego)
<b>Condiciones de ejecución:</b> Cuando previamente existe un nodo en estado normal (color blanco).
<b>Entrada/Pasos de ejecución:</b>

- El administrador/usuario selecciona el botón de ubicar actor zonas inseguras (fuego).
- Se da click sobre el nodo en donde se inicia el fuego.

**Resultado esperado:** El sistema marca el nodo seleccionado de color rojo para identificarla como zona insegura.

**Resultados reales:** Se marca un nodo de color rojo (inicio del fuego) y los nodos adyacentes cambian de estado en un determinado tiempo (segundos) que puede ser controlado mediante una variable, de (color blanco) a (color rojo), como se muestra en la figura. Además se pueden marcar tantas zonas inseguras como se requieran.



Estado inicial del fuego



Propagación del fuego

**Evaluación de la prueba:** Prueba superada con éxito.

#### Caso de Prueba de Generar ruta

**Código Caso de Prueba:** 14

**Descripción de la prueba:** Permite generar la ruta de evacuación considerando el plano del edificio nuevo de la ESPE-L.

**Condiciones de ejecución:** Cuando previamente existe un grafo, iniciación del fuego y actores.

#### Entrada/Pasos de ejecución:

- El administrador/usuario selecciona el botón de generar ruta.
- Se procesa el algoritmo para recorrer el grafo y encontrar la ruta de evacuación segura

**Resultados esperados:** El sistema genera la ruta de evacuación, evitando las zonas inseguras y dirigiendo a los actores a la salida más cercana, además muestra la ruta y la

distancia recorrida por el actor. Si no encuentra la ruta de salida muestra un mensaje de información.

### Resultados reales:

Los actores se moverán por la ruta encontrada.

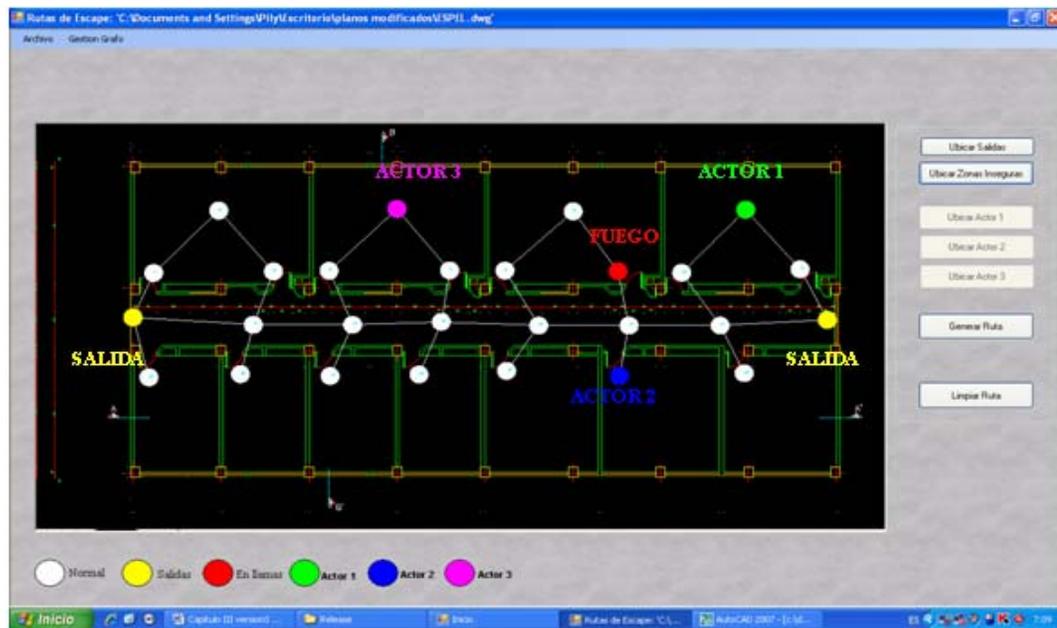
Se mostrará la distancia recorrida.

El fuego se incrementa mediante el uso de un algoritmo.

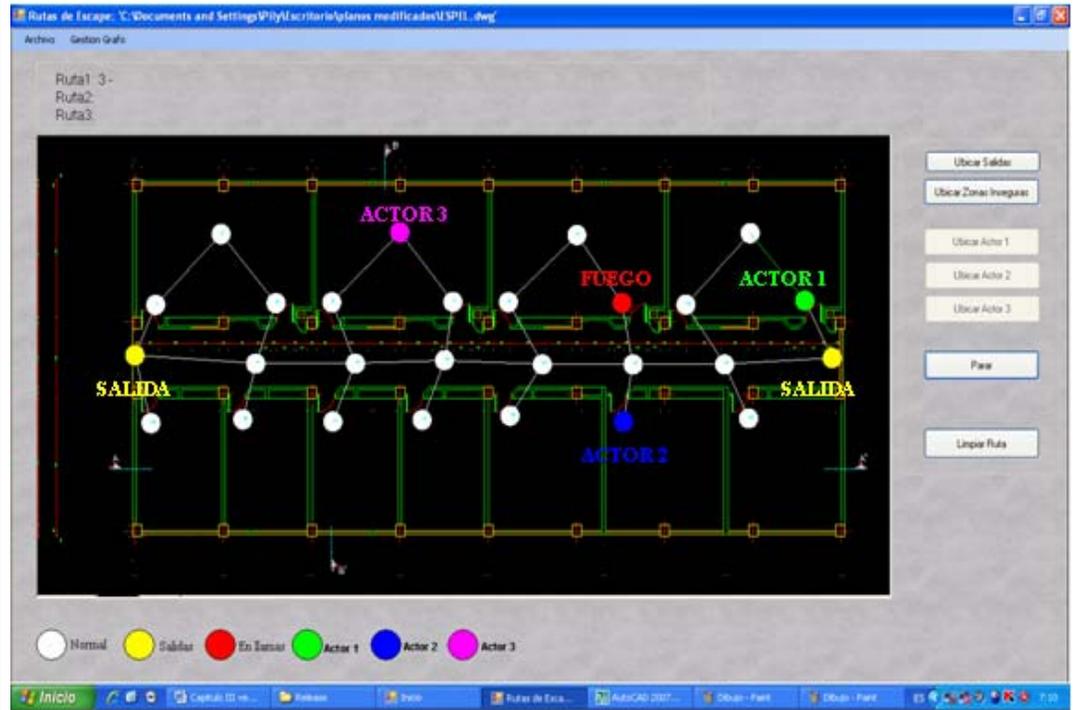
Al final se obtiene la ruta que seguirá el actor para salir del edificio y la distancia que recorrerá. En este caso de prueba el grafo es básico, el edificio no cuenta con salidas de emergencia por lo que los actores no tienen muchas opciones para evacuar, y no representa un caso para demostrar la funcionalidad del algoritmo.

A continuación, se presenta la secuencia de generación de rutas de evacuación del edificio nuevo de la ESPE-L.

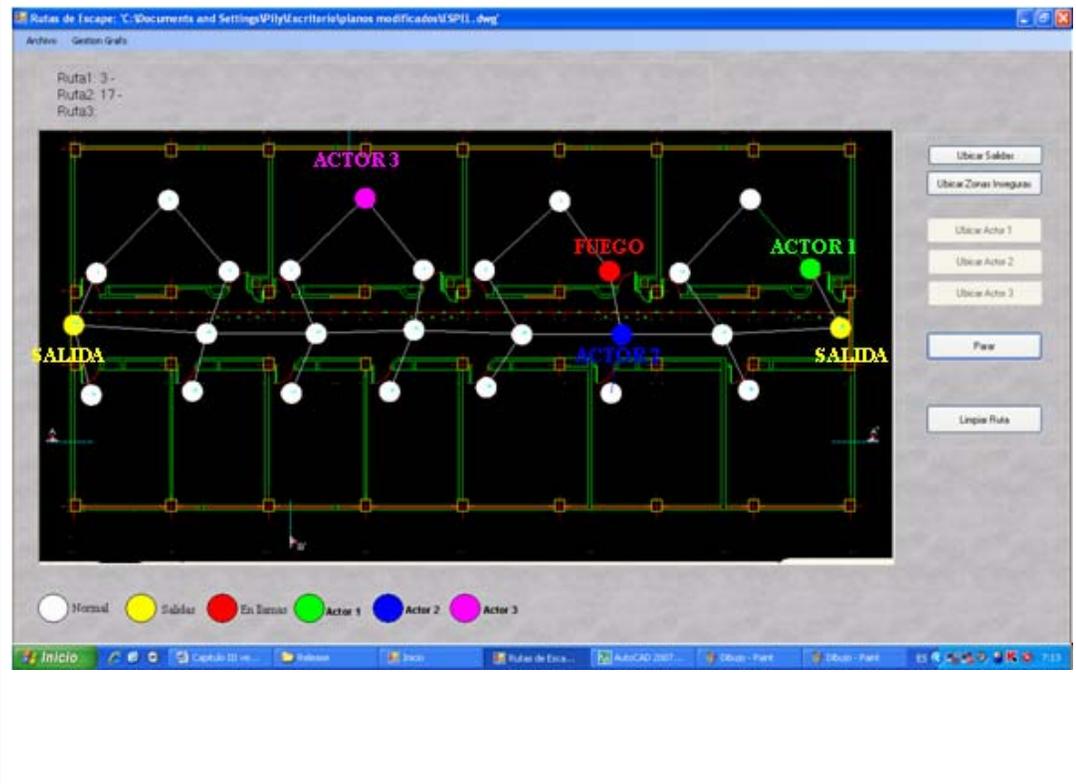
Paso 1. Ubicación de las salidas, actores y zona insegura.



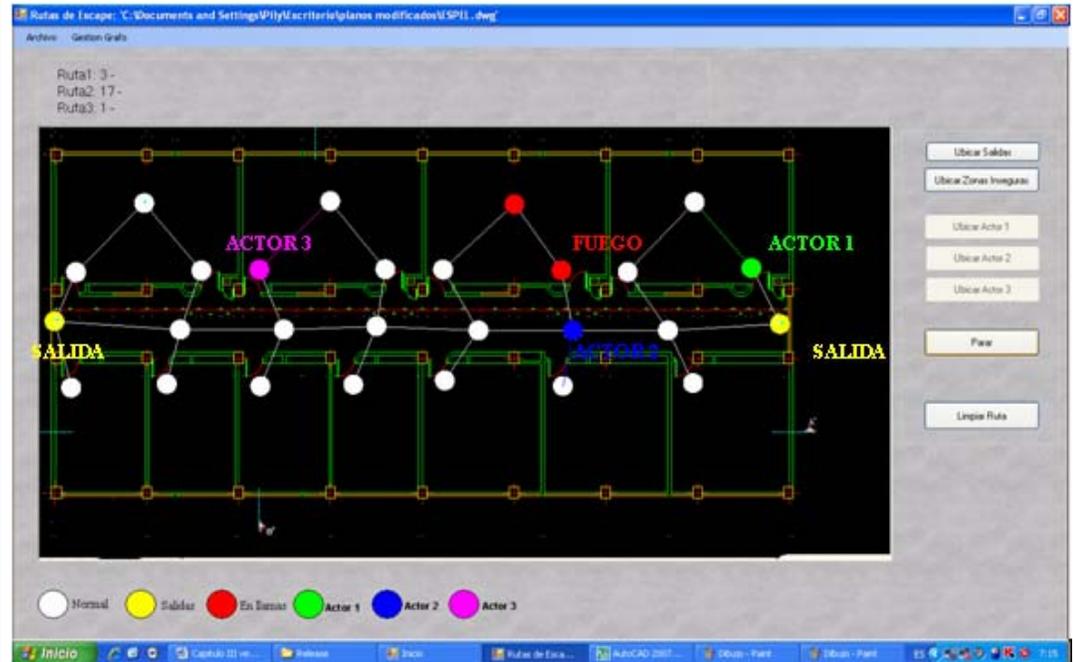
Paso 2. Movimiento del actor 1 a la salida más cercana.



Paso 3. Movimiento del actor 2 al pasillo.



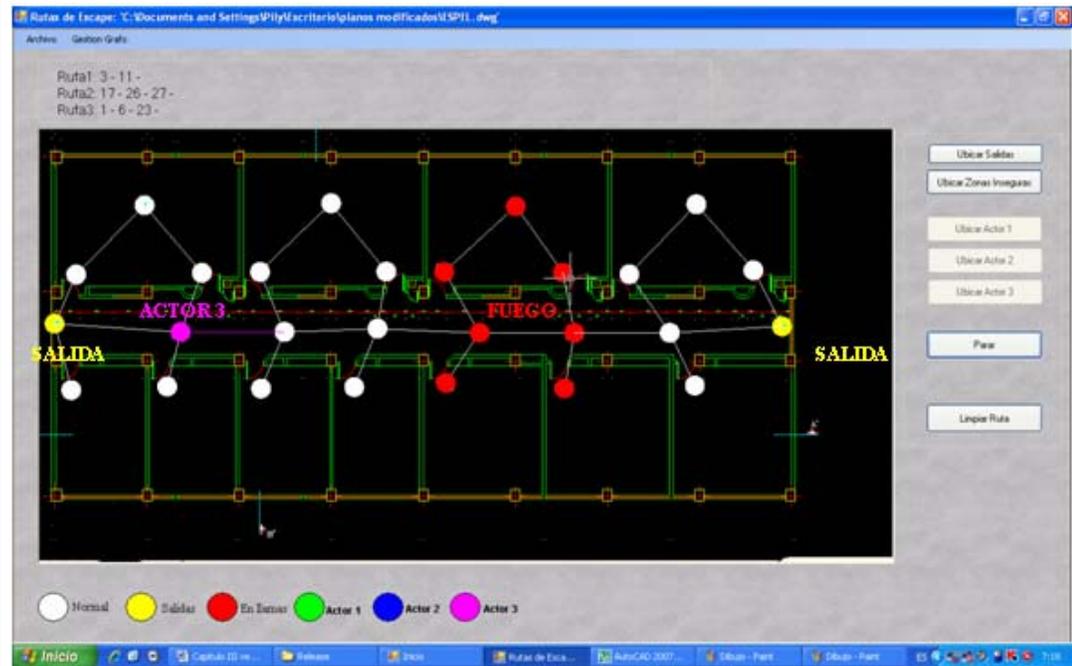
Paso 4. Movimiento del actor 3 y propagación del fuego.



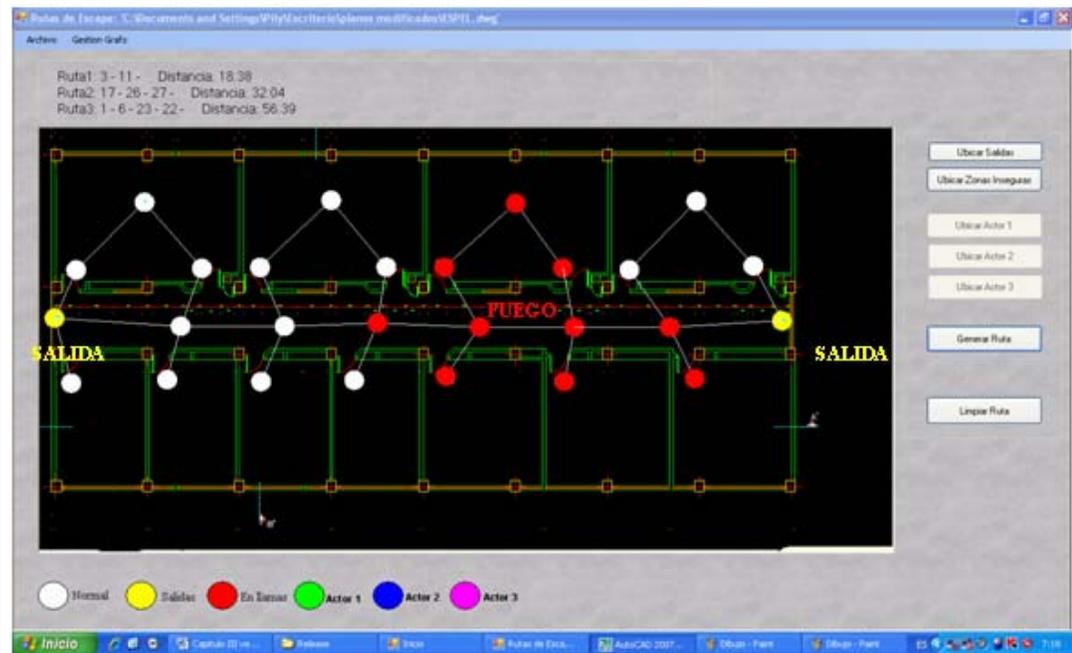
Paso 5. Salida del actor 2 a la salida.



### Paso 6. Movimiento del actor 3 a la salida y propagación del fuego



### Paso 7. Se muestra la ruta seguida por cada actor y la distancia que ha recorrido



**Evaluación de la prueba:** Prueba superada con éxito. La generación de rutas de evacuación no representa un problema mayor en este plano, por tratarse de un grafo

básico que no presenta opciones de salida y no se puede apreciar el comportamiento del algoritmo A\*.

### **Caso de Prueba de Generar ruta**

#### **Código Caso de Prueba: 15**

**Descripción de la prueba:** Permite generar la ruta de evacuación considerando el plano del Hospital del IEISS, para mejor demostración.

**Condiciones de ejecución:** Cuando previamente existe un grafo, iniciación del fuego y actores.

#### **Entrada/Pasos de ejecución:**

- Se selecciona el botón de generar ruta.
- Se procesa el algoritmo para recorrer el grafo y encontrar la ruta de evacuación segura

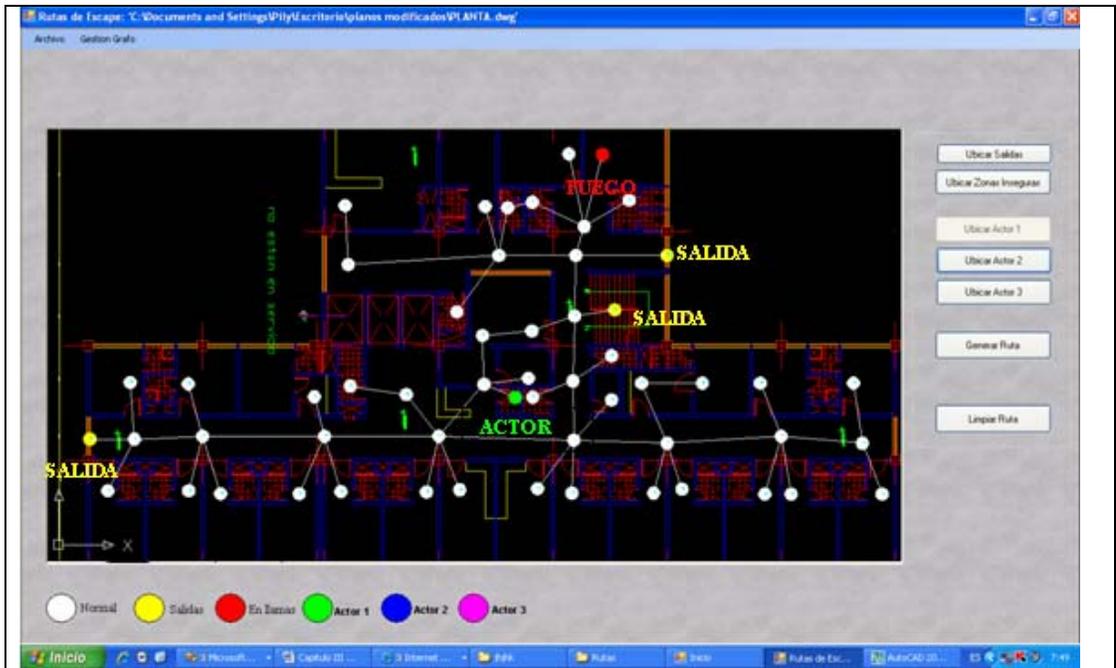
**Resultados esperados:** El sistema genera la ruta de evacuación, evitando las zonas inseguras y dirigiendo al actor a la salida más cercana, además muestra la ruta y la distancia recorrida por el actor. Si no encuentra la ruta de salida muestra un mensaje de información.

#### **Resultados reales:**

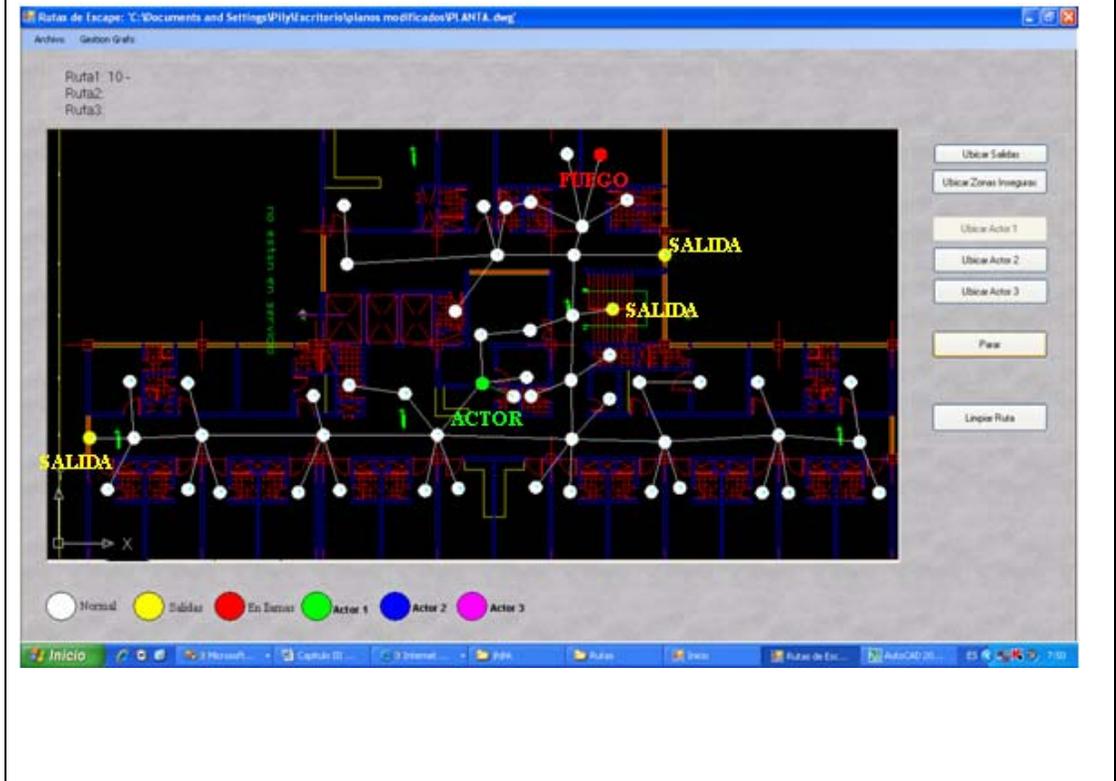
El actor se mueve por la ruta encontrada.

Se muestra la distancia recorrida.

Paso 1. Ubicación de las salidas, zona insegura y actor.



## Paso 2. . Movimiento del actor



### Paso 3. Propagación del fuego.



### Paso 4. Movimiento del actor.



Paso 5. Retroceso del actor a nueva ruta.



Paso 6. Movimiento del actor a salida.



Paso 7. Se muestra la ruta recorrida por el actor.



**Evaluación de la prueba:** Prueba superada con éxito. El actor ha logrado salir con éxito del edificio, la primera ruta que se generó fue reconsiderada, debido a la presencia de fuego en la primera salida más cercana que tomó. Se pudo observar como el actor retrocede y toma la nueva ruta a la salida libre de fuego.

Los tiempos de respuesta para encontrar una ruta dependen del tamaño del grafo creado. A mayor número de nodos normales y nodos especiales como (salidas, actores) pueden generar tiempos de respuesta elevados. El tiempo tiene un costo menor en el caso de tener un mayor número de zonas inseguras.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- En este trabajo de investigación, en el desarrollo del sistema inteligente de detección de incendios y generación de rutas de evacuación aparece el problema de encontrar rutas seguras en un grafo cambiante; cuando las rutas a determinar son muy largas o variantes y los nodos cambian de estado, los algoritmos de búsqueda básicos no pueden responder en el tiempo requerido y resultan inadecuados por lo que surge la necesidad de investigar estrategias de búsqueda, que se adapten a los requerimientos de tiempo real para este problema y resuelvan la generación de rutas en condiciones de incertidumbre.
- En el análisis y diseño del sistema SIGRE se concluyó que, el edificio de la ESPE-L es un modelo básico en cuanto a tamaño, servicios y no contempla salidas y escaleras de emergencia, por lo que se considera no adecuado para demostrar la funcionalidad del algoritmo heurístico, razón por la cual fue necesario utilizar el plano del edificio del hospital del IESS, por su infraestructura adecuada para la evacuación de personas ya que cuenta con salidas y escaleras de emergencia y por ser un modelo de mayor complejidad para la construcción de grafos.
- El resultado de las pruebas realizadas para la generación de rutas fue aceptable, mientras realiza la navegación por el grafo, el algoritmo resuelve el cambio de ruta cuando ha encontrado una zona insegura. Sin embargo se observó que, para grafos con mayor nivel de complejidad, la búsqueda sufre un retardo de tiempo, esto se debe a que las opciones de rutas se incrementan porque existe un mayor número de nodos y posiblemente mas salidas.

- Las pruebas que se realizaron al sistema están orientadas a verificar que todas las funciones sean operativas para el usuario, por lo que en este proyecto se han utilizado las pruebas de caja negra llevadas a cabo sobre la interfaz del software.
- En cualquier toma de decisiones, se tiene que tener un conocimiento muy profundo del problema a tratar y no se pueden tomar acciones de control en base a suposiciones, la inteligencia artificial combinada con la simulación por ordenador, son las técnicas a utilizar en estos casos.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Al realizar el estudio para la propuesta de diseño de edificio inteligente se recomienda, planificar y coordinar sus características enfocadas para este propósito desde su inicio, ya que un edificio existente presenta muchas limitaciones al momento de implementar las funcionalidades de un edificio inteligente.
- Debido al crecimiento a nivel mundial de este tipo de tecnologías de domótica y edificios inteligentes y a que, en la actualidad no existe un mayor avance en Ecuador se recomienda, realizar las investigaciones que se proponen en el capítulo II de este proyecto de tesis: sistema inteligente de iluminación, sistema inteligente de climatización, sistema inteligente de seguridad, sistema de control de cargas, para aportar a la transferencia de conocimiento en el desarrollo y evolución del país.
- Si el objetivo es implementar sistemas automatizados a una vivienda o edificio se recomienda, utilizar las tecnologías de automatización que se encuentran vigentes en el mercado como son, X10, EHS, Batibus, Konex, Lonworks, Bacnet, Cebus, entre otros; debido a que incluyen software de control y protocolos de comunicación propios de su fabricante; pero, si el objetivo es desarrollar sistemas inteligentes que impliquen el uso de dispositivos domóticos es mejor utilizar aquellos que no incluyan software del fabricante y que se adapten a nuestras necesidades.

- Todo edificio que albergue una cantidad importante de personas debe ser construido bajo las especificaciones y medidas de seguridad en caso de incendios, detección, extinción y salidas de emergencia, además de contar con un plan de seguridad y contingencia. Tales planes se desarrollan para prever la seguridad de las personas del edificio en un acontecimiento de emergencia.
- Para mejorar el comportamiento del algoritmo se recomienda en próximas investigaciones, la utilización de búsquedas off - line, que evitan la necesidad de regresar innecesariamente a regiones ya visitadas. En este sentido, muchas de las técnicas utilizadas para mejorar el desempeño de los algoritmos como A\* podrían ser adaptadas para que funcionen con RTA\* o LRTA\*.
- El trabajo de investigación se nutre principalmente de publicaciones e investigaciones extranjeras, en mayor proporción provenientes de España y Estados Unidos, en el Ecuador el desarrollo e investigación en este campo esta limitado; además no se desarrolla tecnología propia, por lo que los costos de los dispositivos que intervienen en la implementación de un edificio inteligente resultan elevados.
- Al momento de implementar este tipo de proyectos, surge la duda de si es rentable o incluso necesario; sin embargo el cambio es irreversible y para mantener atractivo al país para la inversión extranjera, es necesario seguir la corriente del desarrollo tecnológico.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El presente proyecto de investigación se ha sustentado en criterios e información que ha sido extraída básicamente de libros afines al tema y de páginas de internet, y. A continuación se presenta una lista de la bibliografía y webgrafía utilizada.

- Herbert Schild, Utilización de C en Inteligencia Artificial, McGraw-Hill, 1989, Pág. 9.
- Heyner H. Ninaquispe Castro, Tutorial de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, 2004, Pág. 8.
- Romero Morales C, Vásquez Serrano F, Castro Lozano C, Domótica e Inmótica Viviendas y Edificios Inteligentes, 2da Edición, 2007, Pág. 35-37.
- Kirschning Ingrid, Edificios Inteligentes, Junio 1992, Pág. 10-15  
<http://ict.udlap.mx/people/ingrid/tesisEI.html>
- V. Julin, V. Botti, Agentes Inteligentes: El Siguiete paso, en la Inteligencia Artificial, 2000.  
<http://www.ati.es/novatica/2000/145/vjulia-145.pdf>
- Enrique A. Sierra, Alejandro A. Hossian, Ramón García Martínez y Pablo D. Marino, Sistema Experto para Control Inteligente de las Variables Ambientales de un Edificio Energéticamente Eficiente, 23 de septiembre 2005.  
<http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/RGMITBA/comunicacionesrgm/RPIC-2005.pdf>
- Henao Merchán O, Hardware y Software Domótico, Medellín, 2006.  
<http://convena.upb.edu.co/~domotica/documentacion/tesishardwareyssoftwaredomotico.pdf>

- Montaña J, Romero D, Instalaciones Inteligentes, Cataluña, 2003.  
<http://e-md.upc.edu/diposit/material/24361/24361.pdf>
- Tapia Martínez D, Desarrollo e Implementación de un Sistema Domótico en un Hogar del Estado de Colima, Colima, Septiembre del 2004.  
[http://digeset.uco.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Dante\\_Israel\\_Tapia\\_Martinez.pdf](http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/Dante_Israel_Tapia_Martinez.pdf)
- Millán Esteller Juan, Técnicas y Procesos en las Instalaciones Automatizadas en los Edificios, Madrid, 2001, Pág. 60
- Plan Nacional de Eficiencia Energética, Ministerio de Energía y Minas, Gobierno Constitucional del Ing. Lucio Gutiérrez, Quito, 2004.
- Ruiz José Manuel, Seminario Internacional de Domótica “Automatización en Viviendas y Edificios”, Facultad de Informática de la Universidad de Castilla La Mancha España, 2007.  
[jruiz1@platea.pntic.mec.es](mailto:jruiz1@platea.pntic.mec.es)
- McQuiston F, Parker J, Spitler J, Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, México, 2003, Pág. 1-2
- N. Bratu, E. Campero, Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño, 2ª. Edición, México, 1992, Pág. 209.
- Diagnóstico del Sistema de Seguridad ESPE-L, 2005, Biblioteca ESPE-L.
- J. Hidrobo, B. Novel, C. Calafat, E. Suller, A. Escudero, J. Toledano La Domótica como Solución de Futuro, Madrid,  
[www.fenercom.com/Publicaciones/GDomotica/GDomotica.pdf](http://www.fenercom.com/Publicaciones/GDomotica/GDomotica.pdf)
- Chasiqiza Molina Edwin, Reconocimiento Digital de Imágenes Aplicado a Rostros Humanos basado en PCA utilizando Redes Neuronales, Latacunga, 2008.

- E. Castillo, J. Gutiérrez, A. Hadi, Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas, Santander, España, Pág., 129.  
<http://personales.unican.es/gutierjm/papers/BookCGH.pdf>
- Silva Bijit Leopoldo, Algoritmos Heurísticos, 7 de julio del 2003.  
<http://www.elo.utfsm.cl/~lsb/pascal/clases/cap25.pdf>
- López Rodríguez César, Plantillas de Artefactos de RUP, Valencia, 2003.  
<http://www.dsic.upv.es/assignaturas/facultad/lsi/ejemplorup/Zips/Proyecto%20Generico%20Vacio.zip>

**Latacunga, Julio del 2008**

---

**Lourdes del Pilar Freire Villamarín**  
**C.I. No. 050266615-9**

---

**Mónica Mirela Naula Chicaiza**  
**C.I. No. 050287455-5**

---

**Ing. Edison Espinosa**  
**COORDINADOR DE LA CARRERA DE SISTEMAS E INFÓRMATICA**

---

**Dr Rodrigo Vaca**  
**SECRETARIO ACADÉMICO**