



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA COMPUTARIZADO DE ADMINISTRACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA
(SCAEE)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**P R E S E N T A N :
JUAN CARLOS HERNÁNDEZ VARGAS
CÉSAR LÓPEZ GARCÍA**



DIRECTOR: ING. RAFAEL FLORES GARCÍA

MÉXICO, D. F.

Agosto 2009

Dedicatorias

A mis padres, Rosa y Leonardo, les agradezco su apoyo, su guía y su confianza en la realización de mis sueños. Soy afortunado por contar siempre con su amor, comprensión y ejemplo. Esta tesis es suya.

Gracias a mi amor Ángeles. Por tu apoyo, comprensión y amor que me permite sentir poder lograr lo que me proponga. Gracias por escucharme y por tus consejos (eso es algo que haces muy bien). Gracias por ser parte de mi vida; eres lo mejor que me ha pasado.

A mis hermanos Diana y Miguel por la compañía y el apoyo que me brindan. Sé que cuento con ellos siempre.

Juan Carlos Hernández Vargas

A mis padres, Jorge y Rosa por todo el cariño y amor con el que me educaron enseñándome el camino que finaliza con ésta meta prometida, gracias.

A mis hermanas, Alejandra y Claudia, porque gracias al apoyo, cariño y comprensión, seguimos juntos alcanzando las metas que nos proponemos en nuestras vidas. A mis sobrinos, Mauricio y Diego Axel por la energía que emanan.

A mi abuelita Carmen Segoviano[†], por el amor que me tuvo y las lecciones de vida que me enseñó y que aún las tengo muy presentes, gracias.

A mis tíos José A. y Verónica, que con su ejemplo, dedicación y cariño sembraron una semilla hace muchos años que hoy culmina con la realización de este sueño.

Al Ing. Fermín Morales[†], mi mejor amigo, por todas las anécdotas y experiencias que pasamos juntos; eres un ejemplo a seguir y dondequiera que te encuentres, sé que estarás orgulloso de que haya llegado al final del camino, gracias.

A Judith. Con amor, gracias.

César López García

Agradecimientos

A la Universidad Nacional y a mi Facultad de Ingeniería por permitirme recorrerla, aprendiendo una amplia gama de herramientas técnicas, humanas y culturales cultivando mi ser.

A César, gran Amigo y compañero de este trabajo de tesis. Sin su apoyo y dedicación este trabajo no hubiera sido posible. Gracias por los momentos tan divertidos fuera y dentro de la Facultad de Ingeniería.

A todos mis amigos pasados y presentes. Pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome en todo las circunstancias posibles (Omar, Miguel Ángel y Darío).

Juan Carlos Hernández Vargas

El locutor, con una voz que envidiaría cualquier adolescente de secundaria, gritaba su frase de ¡Buenos días!, señal que marcaba el momento de comenzar ésta nueva aventura. La mañana mostraba las señales de un otoño frío, premonición del crudo invierno que se avecinaría un par de meses después... Nuestro sistema de transporte me mostró que era imposible arribar en menos de una hora; el gusano naranja que come y escupe gente se detenía como reloj descompuesto cada dos estaciones. Gracias a los gritos del locutor iracundo y de no haber aplicado mi clásica desvelada del domingo, tuve la certeza de que llegaría a tiempo y así fue. Y ahí estaba, se veía enorme el edificio y sabía desde el primer momento en que cruce por sus pasillos que sería mi hogar por los próximos años donde aprendería no solo conocimientos de ingeniería, sino además las lecciones de vida que me han marcado por el resto de mis días... A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a mi Alma Mater, la Facultad de Ingeniería.

¡Esto no es posible!, repetía mientras contemplaba mi primer examen departamental. A veces piensas que eres invulnerable y cuando la vida te demuestra lo contrario, caes en una especie de depresión inercial. Los pensamientos negativos no se hicieron esperar (¿Por qué no conocí antes a la Dra. Estrella?); sin embargo pudo más la fuerza, la dedicación y la idea sembrada en mi mente de llegar al final de este camino lo que me obligó a superar los tropiezos, a aprender de los errores y a aceptar lo que no me agradaba, ya que así es la única forma de crecer. A mis profesores de la Facultad, en particular al Ing. Rafael Flores García, mi director de tesis y amigo.

Doce kilómetros, decía un viejo letrero de madera sobre un árbol. El camino se veía sinuoso pero el bosque alrededor lo hacía maravilloso. Emprendimos la caminata; ellos observaban las rocas y formaciones mientras yo sólo contemplaba el cielo y el frondoso laberinto del bosque. A paso firme llegamos a nuestra meta, un campamento rápido antes de que cayera la noche mientras unos trastos servían para preparar la comida; recorrer los lugares que casi nadie conoce y disfrutar de la compañía de los amigos era el mejor regalo al final de la jornada, porque ese espíritu aventurero y la amistad infranqueable han sido la mejor enseñanza de todos ellos. A los compañeros y amigos que han pasado por mi vida a lo largo de estos años, comenzando por los Geólogos: Mike, Darío, Giovanni, Héctor, Marcos, Benjamín y Jonathan; a la Bióloga Catalina; a mis dos grandes amigas que son parte de mi gran familia personal: Myriam y Yardenia. Con todos ellos he compartido muchas experiencias y siguen formando afortunadamente parte de mi mundo, gracias a todos.

Apenas comenzaba a salir y las risas ocupaban todo el espacio. –Ahí están-, pensé al momento de abandonar el edificio y dirigirme a ese lugar por el que grandes genios han circulado alguna vez. Es increíble que una banca de cemento, ese elemento tan simple se convirtiera en un oasis en el desierto; podíamos olvidar los malos ratos, las malas experiencias y simplemente dejarnos llevar, hacer y deshacer el mundo, reír y dejar pasar el tiempo, porque los amigos que haces en la universidad son para toda la vida. A los compañeros del área Eléctrica de Potencia: Oscar, Mario, Alfredo, Jesús Fonseca, Ricardo Maldonado, Enrique Meneses, Alex Lavín, Alejandro Dávila y los que me faltaron; en particular un agradecimiento a Carla y a Tonantzin, mis dos grandes amigas y a Juan Carlos que más que mi compañero de tesis considero un gran amigo.

Con una aguda voz de mando como un general retirado, el gordo trabajador de la compañía de luz nos ordenaba dividir al grupo de alumnos en dos partes: yo me fui con los de la derecha (no quería toparme esa voz a lo largo del recorrido) y ella junto con el gordo tomaron el camino contrario. El recorrido era impresionante: ver un generador, la caldera, el calor emanado del vapor a presión, las turbinas, el enfriamiento, la impresionante maravilla de la generación de energía eléctrica. Con una sonrisa enorme en el rostro, después del recorrido, nos volvimos a encontrar en la entrada; la voz del gordo ya no me importó ni los reclamos de los alumnos que bramaban por regresar a clases, lo mejor de ese momento es que ambos estábamos disfrutando el hecho de tener enfrente una termoeléctrica. A Esther por su amistad, su confianza y su compañerismo a lo largo de estos últimos años; tal vez la única persona capaz de compartir conmigo esa pasión por la Ingeniería Eléctrica de Potencia.

Cansado, contemplaba el horizonte. Desde ese punto del edificio, podía apreciar perfectamente el poniente de la ciudad con sus colores verde en el lejano cerro y gris en los edificios. Decidí permanecer un poco más de tiempo; un viento frío de finales del invierno aún calaba los huesos, así es que decidí seguir sentado... al girar hacia el sur la observé; ahí estaba, detenida, contemplando el horizonte; su cabello seguía por momentos la dirección del viento; su rostro reflejaba seriedad y alegría a la vez. Oculté mi mirada a la de ella; oculté mi deseo de conocerla y sólo la seguí tímidamente; ella jugaba, reía, se retiraba... quise hablarle; hoy no, tal vez mañana, tal vez después... sólo supe en ese momento que su mirada y su sonrisa eran y seguirán siendo simplemente hermosas... A Judith

Para todo aquel que merezca estar en estos agradecimientos

César López García

Agradecimientos especiales

Para los siguientes profesores:

Ing. Rafael Flores García
Ing. César Maximiliano López Portillo Alcérreca
M. en I. Rodolfo Lorenzo Bautista
Ing. Ricardo Mota Marzano
M. en I. Jesús Álvarez Castillo

Su valiosa ayuda ha hecho posible la realización de éste trabajo. Sus consejos, su motivación y sus comentarios dentro y fuera de las aulas, nos han impulsado para culminar esta meta. Gracias a ustedes y que sigan brindando sus conocimientos a futuras generaciones.

Juan Carlos Hernández Vargas
César López García

“El Aleph es el lugar donde están, sin confundirse,
todos los lugares del orbe, vistos desde todos los ángulos...”

... Si todos los lugares de la Tierra están en el Aleph,
ahí están todas las luminarias, todas las lámparas, todos los veneros de luz.”

El Aleph. Jorge Luis Borges

“...Aquel que tiene el intelecto por jinete
y la mente como riendas apropiadas
es capaz de alcanzar
el término del sendero...”

El Kathopanishad



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Ahorro de energía	3
1.3 Tecnologías actuales para el uso eficiente de energía para iluminación	7
1.4 Descripción y problemas actuales.....	16
2. MARCO TEÓRICO Y TECNOLÓGICO	19
2.1 Descripción teórica del funcionamiento de un Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica (SCAEE)	19
2.2 Herramientas teóricas utilizadas	27
2.3 Herramientas tecnológicas y computacionales	31
3. ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SCAEE	36
3.1 Sistema de comunicación	36
3.2 Diseño de la base de datos	41
3.3 Sistema de visualización electrónica	46
3.4 Implementación del sistema generador de reportes	54
4. DESARROLLO Y PRUEBAS	55
4.1 Simulación mediante el modelo de prueba	55
4.2 Comunicación, administración y almacenamiento	62
4.3 Generación de reportes	65
5. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	68
5.1 Evaluación del proyecto	68
5.2 Estudio económico de la implementación del sistema con luminarias actuales	71
5.3 Estudio económico de la implementación del sistema con luminarias de tecnología LED	79



5.4 Descripción del ahorro energético y económico	87
6. CONCLUSIONES	89
GLOSARIO DE TÉRMINOS	92
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	I
A.1 Parámetros eléctricos de las luminarias utilizadas en la actualidad.....	I
A.2 Especificaciones técnicas de los dispositivos utilizados	V
A.3 Planos del sistema actual y el sistema propuesto	XV



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Uno de los problemas actuales en nuestra sociedad es el uso incorrecto que se hace de los recursos energéticos. A partir de la década de los 70's, comenzó a haber un cambio en la manera de pensar y de concebir el hecho de utilizar la energía de una manera más racional. El consumo excesivo de combustibles fósiles llevó a las naciones desarrolladas, principalmente, a elaborar métodos y tecnologías encaminadas al ahorro de energía y al aprovechamiento adecuado de los recursos energéticos.

La generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones en nuestro país

El proceso de generación de energía eléctrica se realiza a través de la conversión de alguna otra fuente de energía, llamada *energía primaria*; ésta es transformada en alguna otra fuente de energía (energía mecánica generalmente) y de ahí en energía eléctrica. Las principales centrales de generación de energía eléctrica en el mundo son las denominadas termoeléctricas.

En el proceso termoeléctrico existe una clasificación de tipos de generación de acuerdo a la tecnología utilizada para hacer girar los generadores eléctricos, denominándoseles como sigue:

- **Vapor.** Con vapor se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.
- **Turbogas.** Con los gases de combustión se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.
- **Combustión interna.** Con un motor de combustión interna se produce el movimiento del generador eléctrico.
- **Ciclo combinado.** Este tipo de centrales utilizan una combinación de las tecnologías de turbogas y vapor para la generación de energía eléctrica.

De acuerdo al tipo de combustible que se emplea para la generación de energía eléctrica por medio de Centrales Termoeléctricas, tenemos:

- **Vapor** (combustóleo, gas y diesel)
- **Carboeléctrica** (carbón)
- **Dual** (combustóleo y carbón)
- **Geotermoeléctrica** (vapor extraído del subsuelo)
- **Nucleoeléctrica** (uranio enriquecido)



Introducción

Actualmente existe en nuestro país una dependencia de los combustibles fósiles utilizados en la generación de energía eléctrica. Según datos del Sistema de Información Energética, perteneciente al Gobierno Federal indican que, en cuanto a la generación de energía eléctrica, las Centrales Generadoras de nuestro país cuentan con una producción de 50,765.671 MW, sumando las centrales de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LyFC) y de productores independientes. Los porcentajes de utilización de las distintas fuentes existentes para generar energía eléctrica se ven en la siguiente tabla:

Tipo de Central	Enero 2008	Febrero 2008	Marzo 2008	Abril 2008	Mayo 2008
CFE y LyFC	39,270.85	39,270.78	39,270.78	39,274.77	39,308.77
Termoeléctrica	22,969.69	22,969.69	22,969.69	22,969.69	23,002.69
Vapor	12,865.10	12,865.10	12,865.10	12,865.10	12,865.10
Ciclo combinado	5,456.26	5,456.26	5,456.26	5,456.26	5,456.26
Turbogas	2,332.21	2,332.21	2,332.21	2,332.21	2,365.21
Combustión interna	216.115	216.12	216.12	216.115	216.115
Dual	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00
Carboeléctrica	2,600.00	2,600.00	2,600.00	2,600.00	2,600.00
Nucleoeléctrica	1,364.88	1,364.88	1,364.88	1,364.88	1,364.88
Geotérmica	959.5	959.5	959.5	963.5	964.5
Eólica	85.475	85.48	85.48	85.475	85.475
Hidroeléctrica	11,291.31	11,291.23	11,291.23	11,291.23	11,291.23
Productores externos	11,456.90	11,456.90	11,456.90	11,456.90	11,456.90
Total	50,727.75	50,727.68	50,727.68	50,731.67	50,765.67

Tabla 1.1 – Capacidad Efectiva de Generación de Energía del Sector Eléctrico Nacional por el tipo de fuente primaria¹

¹ Fuente: Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía con base en datos de LyFC y CFE. Julio de 2008

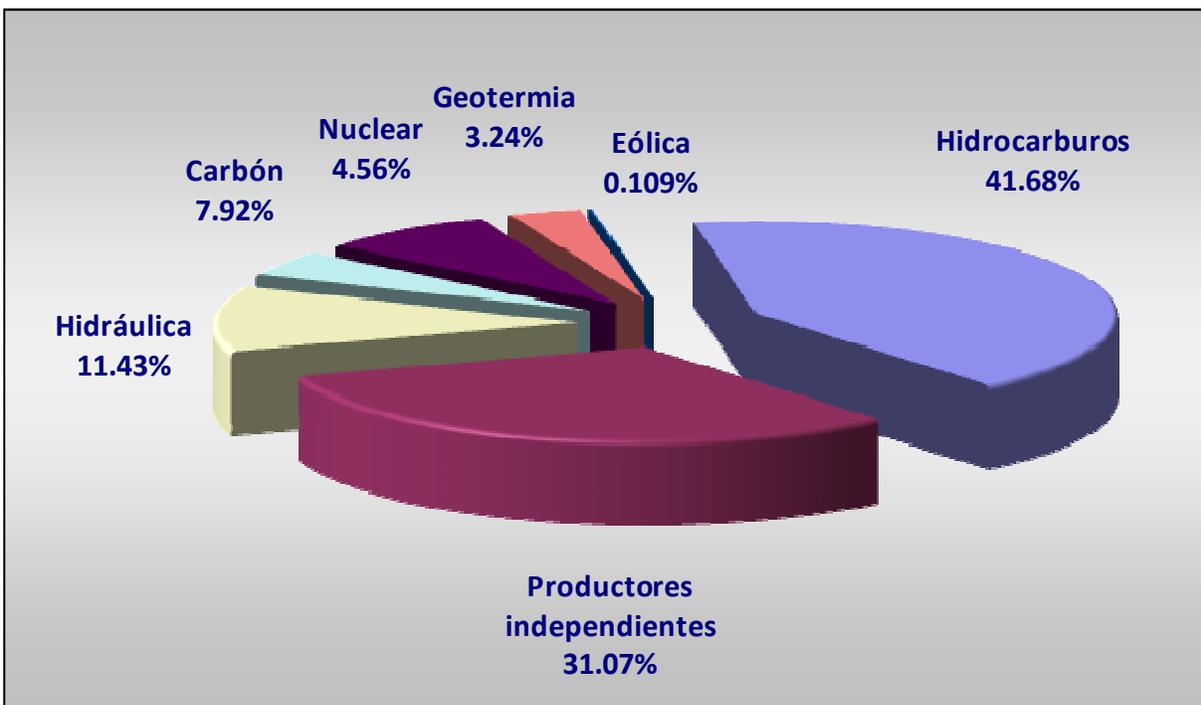


Gráfico 1. - Generación de energía eléctrica de acuerdo a la fuente de energía primaria²

Ante éste problema es imprescindible utilizar las herramientas tecnológicas actuales para propiciar el ahorro de energía y realizar un uso eficiente de la misma.

1.2 Ahorro de energía

Desde los inicios de la Revolución Industrial en el siglo XVIII se ha debatido mucho acerca del ahorro de la energía. El pensador William Stanley Jevons publicó en 1865 un libro titulado *The Coal Question* (La cuestión del carbón); en él enunció la Paradoja de Jevons: “aumentar la eficiencia disminuye el consumo instantáneo, pero incrementa el uso del modelo lo que provoca un incremento del consumo global”.

Una paradoja análoga es la *Paradoja del ahorro*, la cual explica que si en una recesión todos los habitantes tratan de ahorrar más, es decir dedicar al ahorro un porcentaje mayor de sus rentas, la demanda agregada caerá y el ahorro total de la población será más bajo. Esto se debe a que el ingreso total de la población es igual a la suma de los ingresos de sus individuos. Dado que el ingreso personal puede ser destinado al consumo o al ahorro, y que el consumo forma una parte esencial de la demanda agregada y del ingreso mundial, si aumenta el porcentaje de ahorro, lógicamente el

² Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Diciembre 2007



Introducción

consumo disminuirá, por lo que disminuirá también con él la demanda agregada y el ingreso mundial, lo cual hará que caiga el ingreso personal, y así sucesivamente.

El aprovechamiento de la energía está ligado, en efecto, al desarrollo humano. La unión de la humanidad con la energía empezó seguramente con el dominio del fuego. Hoy en día, sin embargo, existe una complejidad creciente en los temas energéticos. Se dispone de un número cada vez mayor de fuentes energéticas, redes energéticas más complejas, métodos de almacenamiento, etc. Para un conocimiento integral de todo el sistema, es útil poder tener un esquema global de todos los temas que conciernen a ese sistema.

Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden desear ahorrarla para reducir costos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica.

Medidas para el ahorro de energía:

- **Ahorro de energía en los consumidores domésticos.**

La operación diaria habitual que se hace en la vivienda puede conllevar a un ahorro considerable de energía si se cambian las actitudes y se es consciente del consumo real y del requerido. En la mayoría de los casos basta con la elección de un electrodoméstico de bajo consumo, o de una racionalización del consumo de la calefacción, del aire acondicionado y del agua caliente.

Los electrodomésticos tienen mucha importancia en el ahorro de energía doméstico. La mayoría de ellos tiene un etiquetado especial, denominado etiqueta energética, que indica su eficiencia en el consumo y lo respetuoso que es un aparato con el medio ambiente. No todos los electrodomésticos poseen la etiqueta, sólo aquellos que consumen mucho o que pasan encendidos gran parte de su vida útil, como son los refrigeradores y congeladores, lavadoras, lavavajillas, secadoras, lavadoras-secadoras, fuentes de luz domésticas, horno eléctrico, y aire acondicionado. Algunos ejemplos de cómo utilizar racionalmente los electrodomésticos y propiciar el ahorro de energía son los siguientes:

Climatización con aire acondicionado. El mantenimiento de una temperatura adecuada en la vivienda es uno de los factores que más consumo y derroche de electricidad supone si no se toman las medidas adecuadas, como por ejemplo tener bien aisladas del exterior las habitaciones con cristales de aislamiento térmico, toldos y persianas, tener una temperatura en la vivienda u oficina que no sea inferior a 25°C en verano o superior a 20°C en invierno. Desconectar el climatizador cuando no haya nadie en la zona climatizada. Ventilar la casa cuando la diferencia de temperatura con el exterior sea menor, es decir a primeras horas de la mañana en verano y al mediodía en invierno.

Iluminación. El empleo de lámparas de bajo consumo supone un ahorro de hasta un 80% respecto a las convencionales. Utilizar este tipo de tecnología de bajo consumo en aquellos lugares de la vivienda que tengan que permanecer mucho tiempo iluminadas. Siempre que sea posible, aprovechar la



Introducción

iluminación natural y utilizar la luz artificial sólo cuando se necesite. Los focos incandescentes consumen mucha más energía que otros tipos de lámparas y disipan más calor. Los tubos fluorescentes duran hasta 10 veces más que los focos tradicionales y son muy eficientes energéticamente; si se va a tener una lámpara fluorescente apagada menos de 20 minutos, es mejor dejarla encendida. Si se tiene iluminación exterior en un jardín, es preferible controlar su funcionamiento mediante un regulador.

Cocina. Usar siempre cacerolas y sartenes de diámetro algo mayor que la placa o zona de cocción y tapar las cacerolas para que la cocción sea más rápida. Utilizar recetas de cocina que no gasten mucha energía. Utilizar baterías de cocina con fondo difusor de calor. Utilizar ollas de presión siempre que sea posible ya que consumen menos energía y ahorran mucho tiempo. Aprovechar el calor residual.

Refrigerador y Congelador. El refrigerador es uno de los electrodomésticos de los hogares que consume más electricidad, por lo que haciendo un uso racional del mismo se consigue un buen ahorro. Regular la temperatura del aparato según las instrucciones del fabricante (un grado centígrado más de frío supone un aumento del 5% en el consumo de energía). Instalar estos electrodomésticos lo más lejos posible de los focos de calor (sol, horno, etc.). No introducir alimentos calientes en el frigorífico o en el congelador: dejándolos enfriar fuera, se ahorra energía. Mantener las puertas abiertas el menor tiempo posible y comprobar que cierran correctamente. Cuando se compre un refrigerador o un congelador nuevo elegir un modelo "*eficiente*" y ecológico ya que consumen menos energía que los convencionales.

Calefacción. Procurar que en la vivienda entre en invierno la mayor cantidad de sol posible; para ello es necesario subir las persianas los días soleados. El sol proporciona al hogar luz y calor gratis. Al anochecer cerrar las cortinas y bajar las persianas, porque reducirá la pérdida de calor. Si se cambian las ventanas durante una remodelación de la vivienda es aconsejable que las ventanas nuevas sean de doble acristalamiento. Instalando juntas en puertas y ventanas se podrán reducir las fugas de calefacción en un 10%, una vivienda bien aislada puede ahorrar hasta un 30% en gastos de calefacción (y hasta un 50% en viviendas unifamiliares). Para ventilar completamente una habitación 10 minutos son suficientes. Una temperatura de 20°C en invierno resulta muy confortable. Por cada grado que se suba este nivel, se gastará innecesariamente un 10% más de energía. Utilizando la calefacción eléctrica, se tendrá un control estricto de la temperatura de cada habitación. Utilizando equipos acumuladores de calor se puede ahorrar más del 50% en el costo de calefacción.

Agua Caliente. El calentador de agua debe instalarse en la vivienda tan cerca de los puntos de uso como sea posible (cocina, cuarto de baño). Si se utiliza la ducha en vez de la bañera se consume prácticamente la cuarta parte de agua y energía. Instalando una válvula mezcladora en la salida del calentador, se obtendrá el agua caliente a una temperatura constante, esto es, más comodidad y menos consumo. Si se regula el calentador por encima de los 60°C, reduce su duración y malgasta energía. Utilizando calentadores acumuladores de agua caliente, se puede ahorrar más del 50% en el costo de agua caliente. Respecto del agua caliente puede emplearse también como ayuda la energía solar térmica, mediante el uso de sistemas de almacenamiento de energía que retengan el calor para que el agua caliente esté disponible la mayor parte de tiempo posible.



Introducción

Horno. Procurar que la puerta de los hornos cierre bien durante su funcionamiento y no abrirlo innecesariamente porque cada vez que se abre se puede perder hasta un 20% del calor acumulado. Utiliza el reloj programador del tiempo de funcionamiento deseado porque es un modo muy efectivo de controlar el consumo de energía. Los hornos microondas consiguen un gran ahorro de tiempo y energía respecto a los hornos y placas convencionales y son más limpios. Los hornos microondas no deben usarse con recipientes metálicos.

Lavadora y secadora. Siempre que se pueda hay que usar programas de lavado a temperaturas lo más baja posibles, muchos detergentes son eficaces con lavados en frío. Una carga a 60°C en lugar de 90°C reduce el gasto energético a casi la mitad. Utilizar al máximo la capacidad de la lavadora (o secadora); con dicha práctica se reduce mucho el consumo de agua, detergente y energía, además se alarga de forma considerable la vida del electrodoméstico. Si se compra una lavadora nueva, elegirla con centrifugado de alta velocidad. La ropa saldrá escurrida y reducirás el tiempo de uso de la secadora. Un centrifugado de la lavadora a 1200 revoluciones, en vez de a 700, reduce el consumo de la secadora en un 20%.

Evitar el modo stand-by. Es conveniente apagar por completo los equipos eléctricos que no vayan a utilizarse ya que se calcula que el modo stand-by supone entre un 5 y 10% del consumo total, que podemos considerar del todo innecesario.

- **Ahorro de energía en los consumidores industriales.**

La industria es uno de los sectores de la sociedad más necesitados del ahorro de energía, ya que su logro supone una mayor competitividad. En el sector del transporte es muy importante el ahorro de combustible mediante el aumento de la eficiencia de consumo de los vehículos y una adecuada administración del combustible, además de utilizar rutas más cortas, adecuado mantenimiento de la flota, conducción eficiente, etc. La reducción de costos de combustible aumenta los beneficios.

Diseño racional de edificios. El diseño de edificios debe considerar los aspectos de ahorro de energía, por ejemplo poniendo ventanales amplios mirando al sur (en el hemisferio norte) para que los días de invierno el simple calor solar caliente los recintos al abrir las ventanas, aislamiento de superficies para que no existan fugas de calor, colocación de paneles solares que aumenten la independencia de la energía eléctrica. La idea es construir edificios bioclimáticos encargados de aprovechar la energía del entorno.

1.3 Tecnologías actuales para el uso eficiente de energía para iluminación

A partir de la invención del foco o bulbo incandescente a finales del siglo XIX, comenzó entonces la era de la iluminación artificial eléctrica. El avance en esta materia se ha dado de manera ligada con el desarrollo de nuevas tecnologías, sobre todo en materia de electrónica, lo que ha permitido que al día de hoy existan diferentes medios de iluminación artificial, de los cuales, los más importantes se dan



Introducción

por medio de luminarias. La siguiente es una clasificación y descripción de las diferentes luminarias utilizadas actualmente:

Iluminación por medio de fuentes luminosas artificiales³

Estas fuentes son aquellos objetos capaces de emitir radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda visibles para el ojo humano; en este sentido, las fuentes luminosas utilizadas en nuestros días pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Focos o bulbos incandescentes

2. Lámparas de descarga

- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de Vapor de mercurio (HID)
- Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP)
- Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión (VSBP)
- Lámparas de aditivos metálicos

3. Lámparas con tecnología de Led's

Focos o bulbos incandescentes.

Están compuestos de un filamento el cual es un hilo fino de tungsteno arrollado en forma de bobina que se encuentra en el interior de un bulbo de cristal con un gas inerte en su interior, regularmente de argón o xenón que sirve para evitar la desintegración por oxidación. El rendimiento de estos dispositivos es bajo, ya que del 100% de la potencia absorbida por el filamento, solamente entre el 10 y 12% son radiaciones visibles, siendo el resto radiaciones infrarrojas que se manifiestan en forma de calor.

Ventajas:

- Tamaño compacto
- Bajo costo inicial
- Flujo luminoso inalterable por la temperatura circundante
- No utiliza accesorios de arranque o reactores
- Su luz es cálida lo que provoca que resalten todos los colores, pero más los rojos, anaranjados y amarillos
- Flujo luminoso controlable en gran variedad de distribuciones luminosas
- Pueden operar en sistemas de corriente directa (DC) o de corriente alterna (AC)

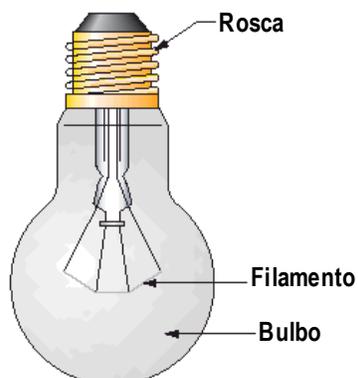
³ Los parámetros eléctricos de cada una de las fuentes luminosas artificiales se encuentran en el Anexo A.1

Introducción

Desventajas:

- Corta vida útil (entre 750 y 1,000 horas)
- Baja eficiencia (alrededor de 19 lúmenes por watt)
- Gran disipación de calor

Foco o bulbo incandescente



Lámparas fluorescentes

El alumbrado con lámparas fluorescentes ha llegado a ser de gran utilidad en la iluminación de grandes áreas a bajas alturas de montaje, como ocurre en escuelas, oficinas y edificios. En este tipo de lámparas debe ocurrir una descarga eléctrica en la cual la fluorescencia del fósforo es excitada por la energía de los rayos ultravioletas de dicha descarga de electrones con los átomos de mercurio vaporizado, lo que se traduce en una emisión de luz.

Están compuestas de un tubo de vidrio con un electrodo de tungsteno en cada extremo, además de que en su interior llevan una gota de mercurio acompañado de un gas inerte a baja presión o una mezcla de gases para el encendido; las paredes interiores del tubo están cubiertas de una capa de fósforo en polvo. Para su funcionamiento requieren de un balastro, el cuál es diseñado generalmente para funcionar con un par de lámparas a la vez. De acuerdo a su tecnología de arranque, los balastros se clasifican de la siguiente manera:

- **Arranque instantáneo.** También reciben el nombre de Slim Line; contienen un casquillo de un solo contacto o pin en cada extremo; no requieren un precalentamiento ni arrancador; sin embargo, utilizan una elevada tensión de arranque. Este balastro enciende la lámpara en serie.
- **Arranque rápido.** Este balastro provoca que las lámparas enciendan en forma suave y con un ligero retardo de hasta dos segundos; suministra una tensión de arranque menor que el de arranque instantáneo, pero los cátodos de las lámparas permanecen siempre a una



Introducción

temperatura elevada. Se identifican por tener dos pines o contactos en cada uno de los casquillos de sus extremos.

- **Arranque por precalentado.** Estas lámparas requieren, además de un balastro, un arrancador; para poder operar, las lámparas deben primero pasar por una corriente mayor que la de su operación normal, lo que provoca que se calienten sus cátodos.

Ventajas:

- Alta eficiencia luminosa (más de 64 lúmenes por watt)
- Mejor rendimiento de color
- Gran duración (12,000 horas, en comparación con las 1,000 horas de los focos incandescentes)

Desventajas:

- Su gran tamaño en relación con su potencia (una lámpara de 1.22 m consume 40 W)
- Ocupan un reactor o balastro que le proporcione una corriente y tensión adecuados y una reducción del flujo luminoso a bajas temperaturas ambientales

Lámparas fluorescentes compactas.

Éste tipo de lámparas han sido diseñadas para sustituir a los focos incandescentes debido a su tamaño compacto y a que poseen un balastro electrónico integrado. Están disponibles en valores de potencia de unos cuantos watts y tienen otra enorme ventaja, que es la de tener una vida útil de hasta 50,000 horas, en comparación con las 1,000 horas de un foco incandescentes. Su eficacia es de hasta 50 lm/W, más del triple de un foco incandescente (12 lm/W), por lo que presentan una eficiencia energética del 300%, comparada con los focos incandescentes.

Lámparas de Vapor de Mercurio

Se conocen como lámparas de alta intensidad de descarga (HID). La luz se produce al paso de la corriente eléctrica a través de un gas de mercurio a baja presión. Para su funcionamiento llevan un tubo de descarga gaseosa que va alojado en el interior de un bulbo protector, el cuál opera a presiones y densidades de corriente de gran magnitud lo que provoca la radiación visible cuando se aplica una tensión en sus electrodos, como resultado se genera un arco eléctrico que posteriormente ionizará el gas; así se vaporiza el mercurio calentando la lámpara rápidamente hasta alcanzar una condición estable. Además de contener mercurio puro, incluye también gas argón para facilitar la descarga eléctrica. La luz que emiten es de un color verde azulada blanquecina, debido a la ausencia de radiaciones rojas que provoca la combinación del mercurio y el argón. Dentro de sus características es la de presentar una gran luminosidad con una eficacia de alrededor de 80 lm/W, lo cual las hace aptas para el alumbrado en áreas interiores y exteriores a gran altura. Se utilizan en gimnasios, naves industriales y en alumbrado público.

Introducción

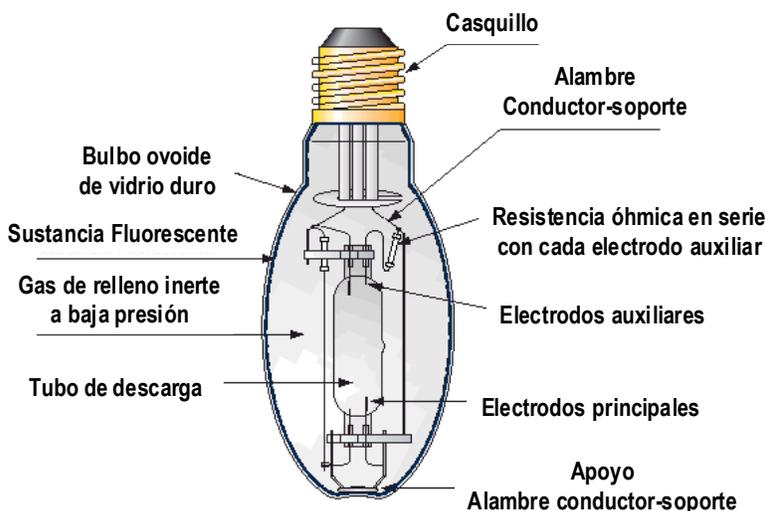
Ventajas:

- Larga vida y baja depreciación luminosa (más de 16,000 horas de duración)
- Flujo luminoso concentrado que facilita un control más preciso de los rayos luminosos
- Alta eficacia luminosa (80 lm/W)
- Flujo luminoso inalterable a los cambios de temperatura ambiental
- Construcción más fuerte que los focos incandescentes y que las lámparas fluorescentes, lo que lo hace poco vulnerable a las vibraciones y al trabajo rudo

Desventajas:

- Necesita un reactor o balastro
- Largo tiempo de encendido, ya que después de aplicar la tensión son necesarios varios minutos para obtener su máxima eficacia luminosa
- Al apagarlas, es necesario un enfriamiento de 3 a 5 minutos antes de tener nuevamente su total emisión, por lo que se utilizarían sólo en lugares donde se requiere un uso constante.

Lámpara de vapor de mercurio



Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP)

Funcionan utilizando un tubo de arco de material cerámico como la alumina policristalina. Presentan una eficiencia luminosa de 120 lm/W de luz blanca con un tono amarillo anaranjado y al igual que todas las lámparas de descarga, requiere de un reactor o balastro especial.

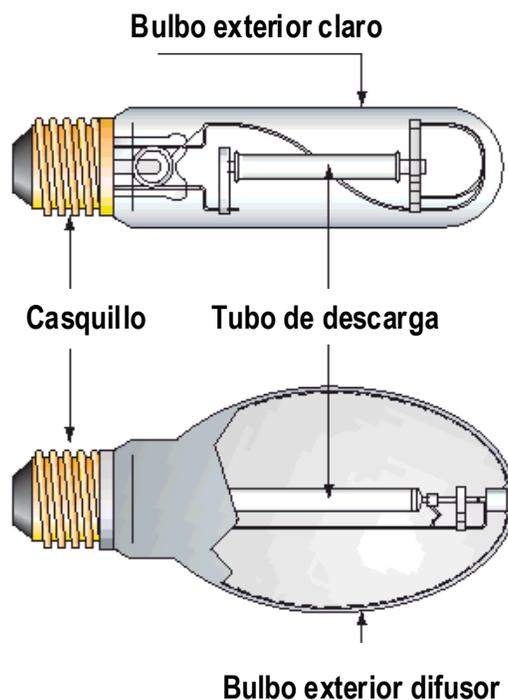
Introducción

Su principio de funcionamiento es similar al de las lámparas de vapor de mercurio, pero varían en sus componentes y en su geometría. Sus componentes son sodio, mercurio y un gas noble que puede ser argón o xenón; el principal productor de luz es el sodio que a diferencia de las lámparas de mercurio se encuentra a alta presión; el mercurio, en este caso, es un corrector de color y controlador de tensión mientras que el gas noble es empleado para iniciar la descarga eléctrica.

Poseen una alta eficacia luminosa pero con bajo rendimiento de color. Requieren un periodo de calentamiento de 3 a 5 minutos para lograr su completa brillantez y en caso de una interrupción momentánea, es necesario esperar un minuto para lograr el re-encendido. La función de arranque se efectúa por la intervención de un circuito electrónico llamado ignitor, que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro.

Éstas lámparas se han utilizado para alumbrado exterior a grandes alturas de montaje, como en campos deportivos, estadios y en el alumbrado público de calles y avenidas, ya que la luz producida por estas lámparas es similar a la luz solar.

Lámpara de vapor de sodio a alta presión



Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión (VSBP)

La luz producida por estas lámparas es monocromática de color amarillo; debido a esto, el rendimiento potencial en color no existe, lo que provoca que los colores iluminados con este tipo de luz aparezcan a los ojos como tonos diferentes de gris y café, excepto para los objetos amarillos.



Introducción

El tubo de la descarga de la lámpara VSBP es de vidrio; contiene sodio que se evapora a 98°C con una presión baja y una mezcla de gases inertes (neón y argón), para conseguir una tensión de encendido baja. Está situado en el interior de un bulbo de vidrio al vacío cubierto en su interior con óxido de indio; este revestimiento actúa como reflector infrarrojo y mantiene así la pared del tubo a la temperatura correcta de funcionamiento (270°C).

Ésta lámpara se caracteriza por su alta eficacia luminosa, que puede alcanzar los 200 lm/W y su larga vida de hasta 20,000 Hrs.; se utiliza cuando no es importante la reproducción correcta de los colores, pero si la percepción de contrastes, por ejemplo en autopistas, puertos y zonas de clasificación de ferrocarriles.

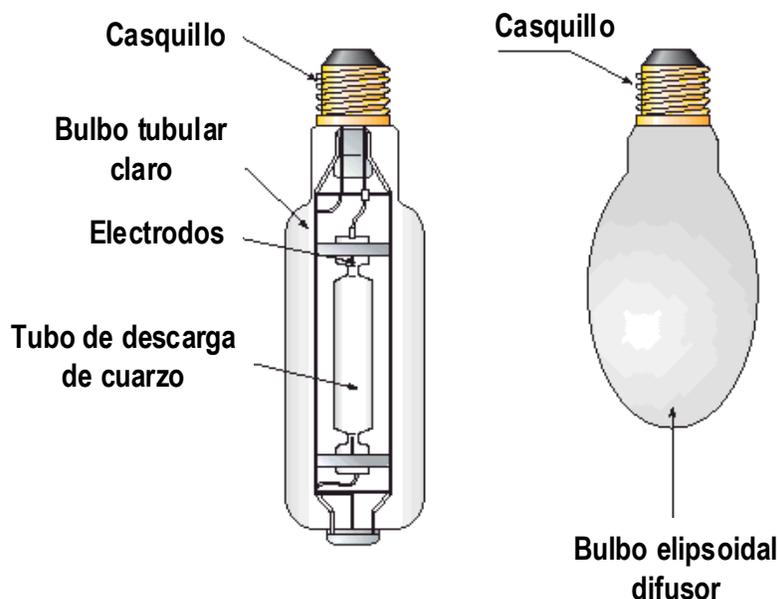
Lámparas de aditivos metálicos

Esta es otra lámpara de alta densidad de descarga que se caracteriza por su luz blanca y por tener el más alto rendimiento de color con una alta eficacia luminosa. Esta se utiliza cuando se requiere de iluminación de gran calidad en la reproducción de colores y en locales con altura superior a los 3 metros.

Sus aplicaciones son muy versátiles, se pueden emplear tanto en locales interiores como exteriores; son recomendables para clubs deportivos, centros comerciales, alumbrado decorativo y espectacular, naves industriales donde se realizan tareas de precisión y clasificación de colores.

Algunas de estas lámparas se les conocen como Lámparas de Halógenos metálicos o metalarc; en éstas la descarga eléctrica también se realiza dentro de un tubo de vidrio lleno de gas, cuya construcción es muy similar a las lámparas de vapor de mercurio. Además del mercurio, criptón, argón y neón, estas lámparas tienen en el interior del tubo de descarga sales de halogenuros metálicos, que normalmente son de yodo combinadas con el sodio, escandio, talio, indio y cesio, los cuales producen los colores que les faltan a las lámparas de mercurio como el amarillo, rojo y anaranjado.

Lámpara de halogenuros metálicos

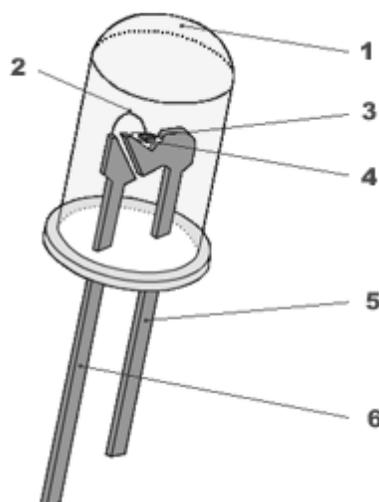


Lámparas con tecnología de Led's.

Los diodos emisores de luz (Led's) son una confiable fuente de iluminación comparados con las lámparas incandescentes. Éstos son dispositivos de estado sólido que requieren una mínima cantidad de potencia y, por consecuencia, generan muy poco calor ya que no están constituidos por un material o filamento que deba de encender para generar luz, por lo que se deterioran menos con el paso del tiempo.

Descripción del funcionamiento:

Los Led's están disponibles en todos los colores visibles al ojo humano y al infrarrojo, con una longitud de onda en el espectro electromagnético que va de 400 a 700 nm. El color del LED está determinado por el tipo de semiconductor con el cual se elaboró, siendo una de sus más comunes aplicaciones el encendido o apagado para controles de televisión y otros sensores, cuando trabaja a una longitud de onda infrarroja del orden de los 940 nm.



Las partes que componen a un LED son las siguientes:

1. Lente epóxico. Su función es la de mantener todo el paquete estructurado. Determina el haz de luz, protege al chip reflector y además de extraer el flujo luminoso.

2. Cable conductor. Es un cable muy delgado de oro, el cual conecta cada terminal a cada uno de los postes conductores.

3. Chip. Consiste en dos capas de material emisor semiconductor, mismos que operan cuando los átomos son excitados por un flujo de corriente lo que ocasiona un intercambio de electrones, creando la luz.

4. Reflector. Está por debajo del Chip reflejando y proyectando luz hacia fuera, sólo un 3% se queda atrapada.

5. Cátodo. Poste hecho de aleación de cobre y conduce carga negativa, el cátodo es más corto que el ánodo para facilitar un ensamble más rápido y preciso en el circuito.

6. Ánodo. Poste hecho en aleación de cobre y conduce carga positiva.

El uso que se le da a cada una de las luminarias mencionadas se muestra en la siguiente tabla, donde de manera resumida se puede constatar cuál es su aplicación actual:



Introducción

Tipo de lámpara		Costo relativo	Eficacia luminosa	Aspecto cromático	Reproducción de colores	Aplicaciones
Incandescentes		Bajo	Muy baja	Cálido	Excelente	- Aplicaciones de uso general en iluminación interior - Iluminación muy utilizada dado su bajo costo y su aspecto cromático
Fluorescentes	Blanca cálida	Medio-bajo	Baja	Cálido	Excelente	- Alumbrado interior decorativo - Alumbrado por proyección de zonas deportivas, aeropuertos, monumentos, etc.
	Blanca fría	Medio-elevado	Media Alta	Cálido	Buena-Media	- Alumbrado público - Restaurantes
	Luz de día	Medio-elevado	Media Alta	Intermedio	Buena-Media	- Naves industriales, almacenes, escuelas, oficinas - Las de lujo son indicadas para tiendas, comercios y oficinas que necesitan buen rendimiento de color
	Nueva generación (trifósforo)	Elevado	Media Alta	Frío	Buena-Media	- Aplicaciones que necesitan alto rendimiento luminoso y de color
Vapor de mercurio		Medio	Media	Frío	Media	- Las de bulbo claro en jardines - Las de color corregido se utilizan en la industria y para alumbrado público
Halogenuros metálicos		Elevado	Alta	Frío	Buena	- Alumbrado de grandes espacios y vestíbulos de gran altura por proyectores - Alumbrados deportivos
Vapor de sodio de alta presión (VSAP)		Elevado	Alta	Cálido	Media	- Alumbrado público - Alumbrado de naves industriales
Vapor de sodio de baja presión (VSBP)		Elevado	Muy alta	Cálido	Muy pobre	- Alumbrado público - Alumbrado de seguridad - Alumbrado arquitectónico

Tabla 1.2 – Comparativo de las diferentes tipos de Fuentes luminosas artificiales⁴

Alumbrado público con luminarias de Led's

Los sistemas de iluminación por Led's tienen el potencial de reducir el consumo de energía entre un 25 y un 50 por ciento, dependiendo de la aplicación. Ésta tecnología conquistó el sector de los displays de aparatos electrónicos a partir de los años setenta, pero ahora estamos al inicio de una nueva revolución con cada vez más aplicaciones como las que se usan en semáforos y en las luces de automóviles.

Mientras el vapor de sodio de alta presión de uso común en el alumbrado público, brinda una eficiencia de 85 lúmenes por watt, la tecnología LED va camino de superar los 150 lúmenes por watt, cifra que se ha ido incrementando a medida que se progresa en el desarrollo de semiconductores. Por

⁴ Fuente: Página electrónica <http://www.tuveras.com/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>

Introducción

otra parte, el mercurio utilizado en sistemas más antiguos de alumbrado implica peligros medioambientales.

Al mismo tiempo que se disminuye el consumo de energía y los costos generales de operación, otra de las ventajas de la iluminación por Led's en las calles es la de reducir la contaminación lumínica hasta el punto de que el resplandor que emana de las grandes ciudades propagándose hasta vastas distancias será cosa del pasado.

Gracias a su mayor longevidad, los Led's utilizados en luminarias y semáforos necesitarán ser reemplazados con menos frecuencia, lo que potencialmente disminuirá los problemas de tráfico y las facturas de las entidades públicas locales. La vida útil del módulo de Led's propuesto supera las 50,000 horas si se utiliza para el alumbrado público, aproximadamente 4 veces más que la iluminación pública convencional.





1.4 Descripción y problemas actuales

La generación de energía eléctrica en México proviene, como se mencionó anteriormente, principalmente de energía primaria a base de combustibles fósiles no renovables (aproximadamente el 64%), los cuales durante el proceso de conversión producen contaminación. Las fuentes de energía no convencionales y/o renovables (eólica, solar, nuclear, mareomotriz, hidrógeno, mini-hidráulica, etc.), aún no son aprovechadas completamente debido a la inmadurez de las tecnologías, los altos costos de inversión y falta de políticas energéticas al respecto.

El pronóstico para tener energía eléctrica en los siguientes años se ve comprometido por grandes retos tecnológicos y grandes inversiones a cargo del erario público. Por otro lado, poniendo como ejemplo el consumo de energía eléctrica en el hogar, la iluminación representa entre un 30 y 40%, por lo que con tan sólo calcular lo que hay que pagar por dicho rubro, tenemos un buen motivo para impulsar una cultura del ahorro.

Según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares de 2006 los hogares gastan 2.8% de su ingreso en energía eléctrica. Cada mes las familias destinan \$411.00 pesos en promedio para adquirir electricidad.

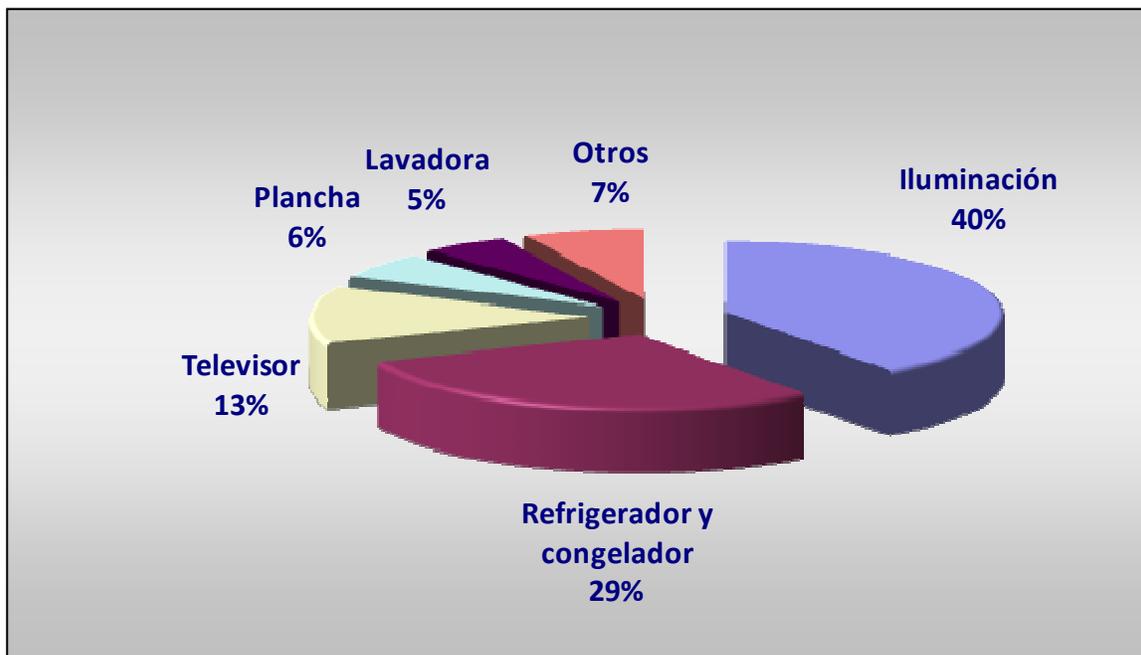


Gráfico 2. Porcentaje de consumo promedio de electricidad en el hogar⁵

En materia de ahorro de energía, hasta 2006, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), estima ahorros de energía eléctrica por la aplicación de Normas de Eficiencia Energética por alrededor

⁵ Fuente: Comisión Nacional de Ahorro de Energía. Marzo de 2008.



Introducción

de **16,065 GWh** y una demanda evitada de **2,926 MW**. Por otro lado, el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), reporta ahorros en forma acumulada a junio de 2007 de **12,989 GWh** en consumo y 1,628 MW en demanda; asimismo, reporta que con el Horario de Verano se obtuvieron ahorros de energía de **12,264 GWh** acumulados durante los diez años del programa y **931 MW** de demanda evitada promedio por año.

Debido a lo anterior, es imprescindible utilizar las nuevas tecnologías aplicadas de manera eficiente al ahorro de energía y a propiciar de manera directa una eficiencia energética.

El proyecto aquí propuesto se basa en la administración de la energía eléctrica, enfocado principalmente al alumbrado público. En esta materia, se presentan dos casos de aplicación específicos: el primero es la implementación de nuestro sistema de administración al ahorro de energía de acuerdo al sistema de alumbrado público que existe actualmente, mientras que el segundo implica además, la acción de cambiar el sistema de alumbrado público por el uso de tecnología LED.

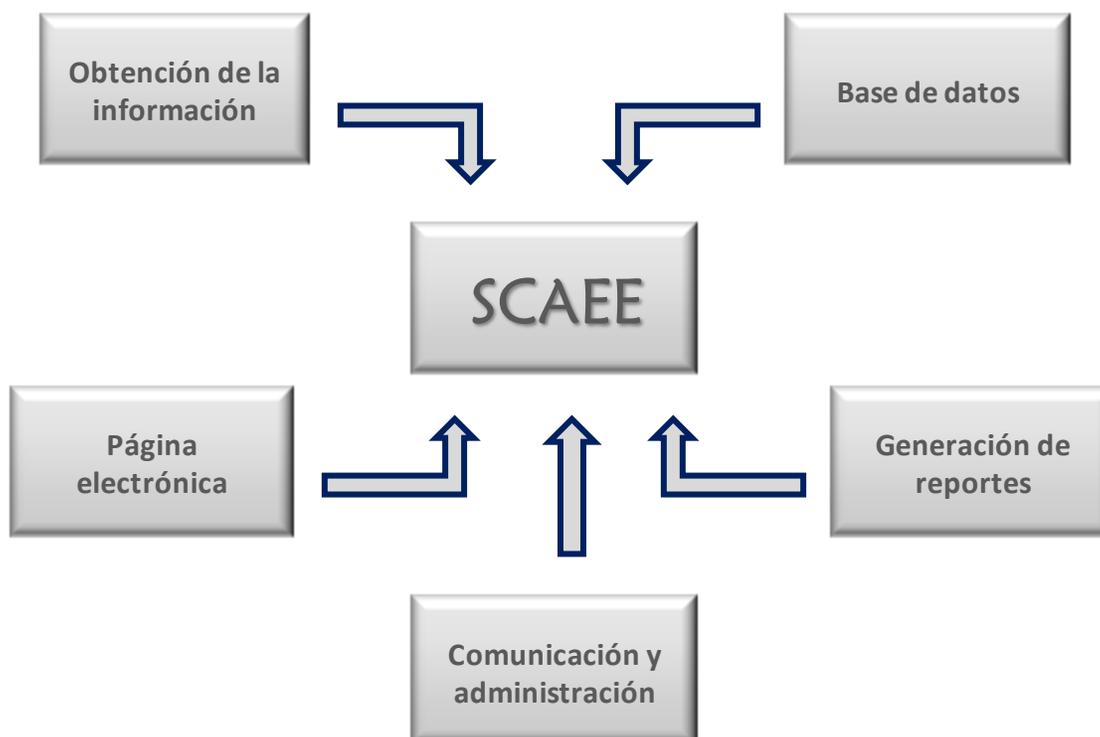
Evidentemente, el ahorro energético que persiste en la implementación práctica a ambos casos de estudio traerá consigo un ahorro económico, siendo el factor que influya en la decisión de utilizar alguno de ellos. El uso de tecnología LED implica una inversión económica superior; sin embargo, con el paso del tiempo, dará mayores beneficios en cuanto al ahorro energético y económico.



2. MARCO TEÓRICO Y TECNOLÓGICO

2.1 Descripción teórica del funcionamiento de un Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica (SCAEE)

El sistema planteado esta organizado de la siguiente manera:



De manera general, este esquema puede ser aplicado para la administración de cualquier instalación eléctrica con el fin de generar un ahorro tanto energético como económico.

La aplicación práctica del proyecto se basó en la iluminación exterior del estacionamiento del edificio principal de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en el campus de Ciudad Universitaria. Las dos partes en que se divide el proyecto son: primero, se presenta la implementación y aplicación del proyecto a las luminarias existentes, Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión, mientras que la segunda parte nos muestra la misma implementación sustituyendo las luminarias VSAP por las de tecnología LED.

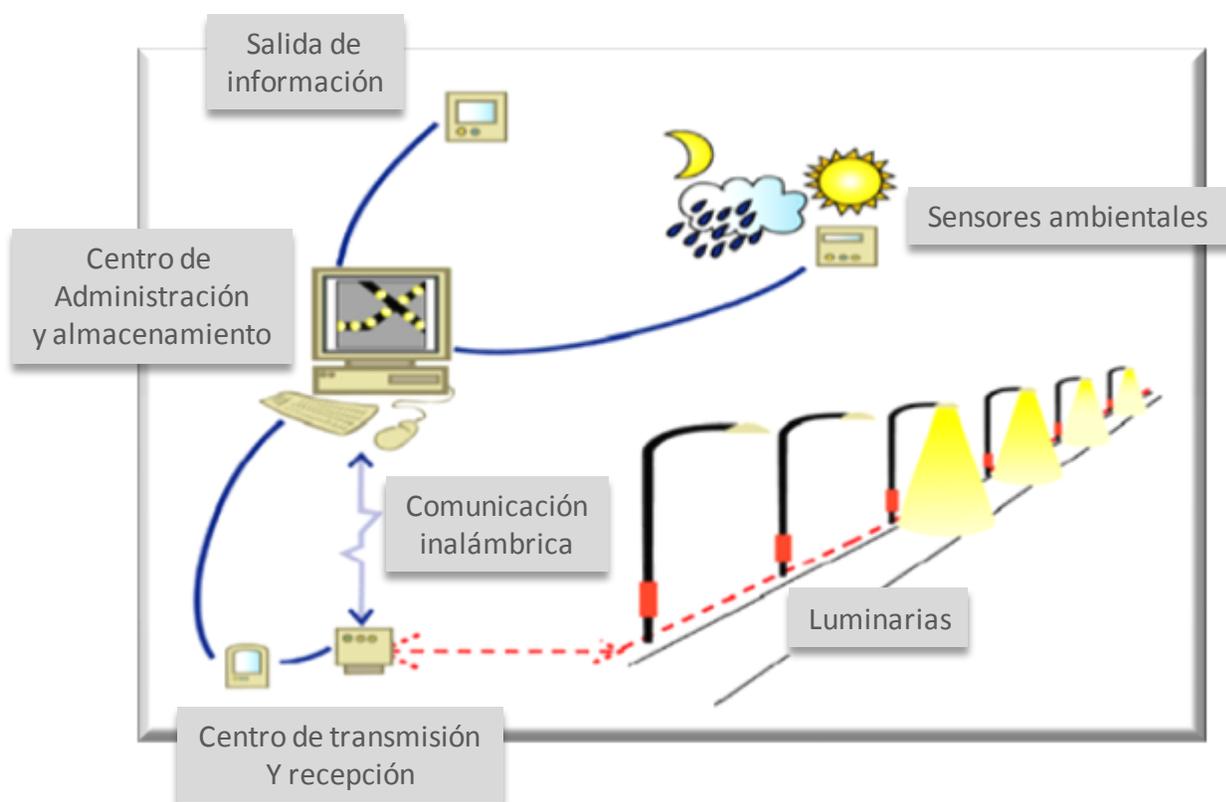


Figura 2.1 – Esquema general de la aplicación del sistema en alumbrado público

Obtención de información.

Con base en los planos elaborados por la Dirección General de Obras de la UNAM, se realizó una edición para obtener dos nuevos planos: en el primero se muestra la ubicación de las luminarias del sistema actual de iluminación y en el segundo la nueva ubicación que se podría implementar con luminarias de tecnología LED¹. De acuerdo a lo anterior, la descripción del sistema a implementar es la siguiente:

Datos técnicos de la instalación actual:

Luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión (6 a mitad del estacionamiento).

Características:

Tipo: Poste de doble brazo de alta densidad de descarga (VSAP)

Tensión Nominal: 220 V

¹ Los planos de disposición actual y sistema implementando tecnología LED se encuentran en la sección de anexos

Potencia Nominal por luminaria: 250 W
Flujo luminoso por luminaria: 26000 lm
Eficacia: 104 lm/W
Vida útil: 24,000 horas
Ubicación: Luminarias C140-1, C140-2, C140-3, C140-4, C140-5 y C140-6

Luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión (4 en el paso de alumnos).

Características:

Tipo: Poste vista de alta densidad de descarga (VSAP)
Tensión Nominal: 220 V
Potencia Nominal por luminaria: 150 W
Flujo luminoso por luminaria: 15000 lm
Eficacia: 100 lm/W
Vida útil: 24,000 horas.
Ubicación: Luminarias C143-1, C143-2, C143-3 y C143-4

Circuitos:

C140: Circuito a una tensión nominal de 220V (tensión entre fases), distribuido por ductos subterráneos con conductor calibre 6 AWG para alumbrado público.

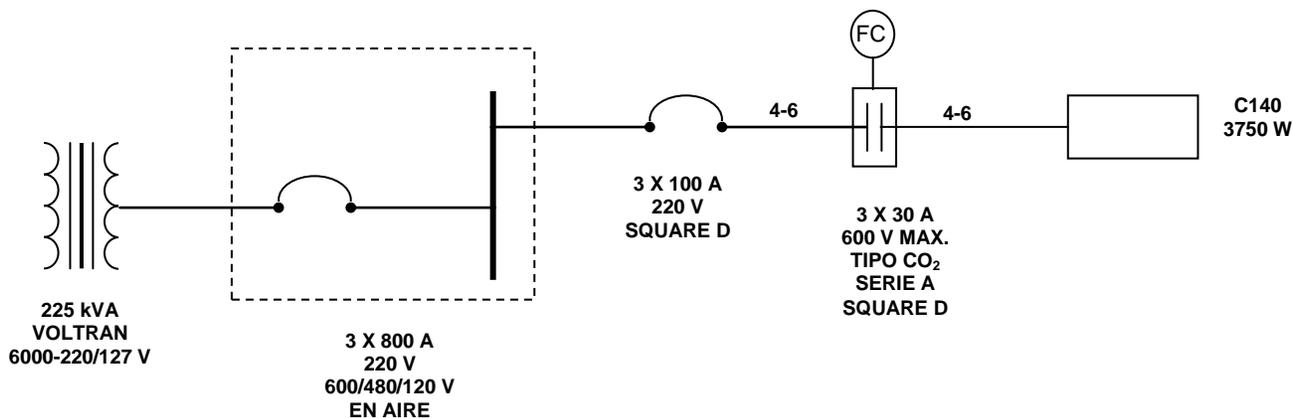


Figura 2.2 – Circuito eléctrico C140 de alumbrado público del estacionamiento de la Facultad

C143: Circuito a una tensión nominal de 220V (tensión entre fases), distribuido por ductos subterráneos con conductor calibre 6 AWG para alumbrado público

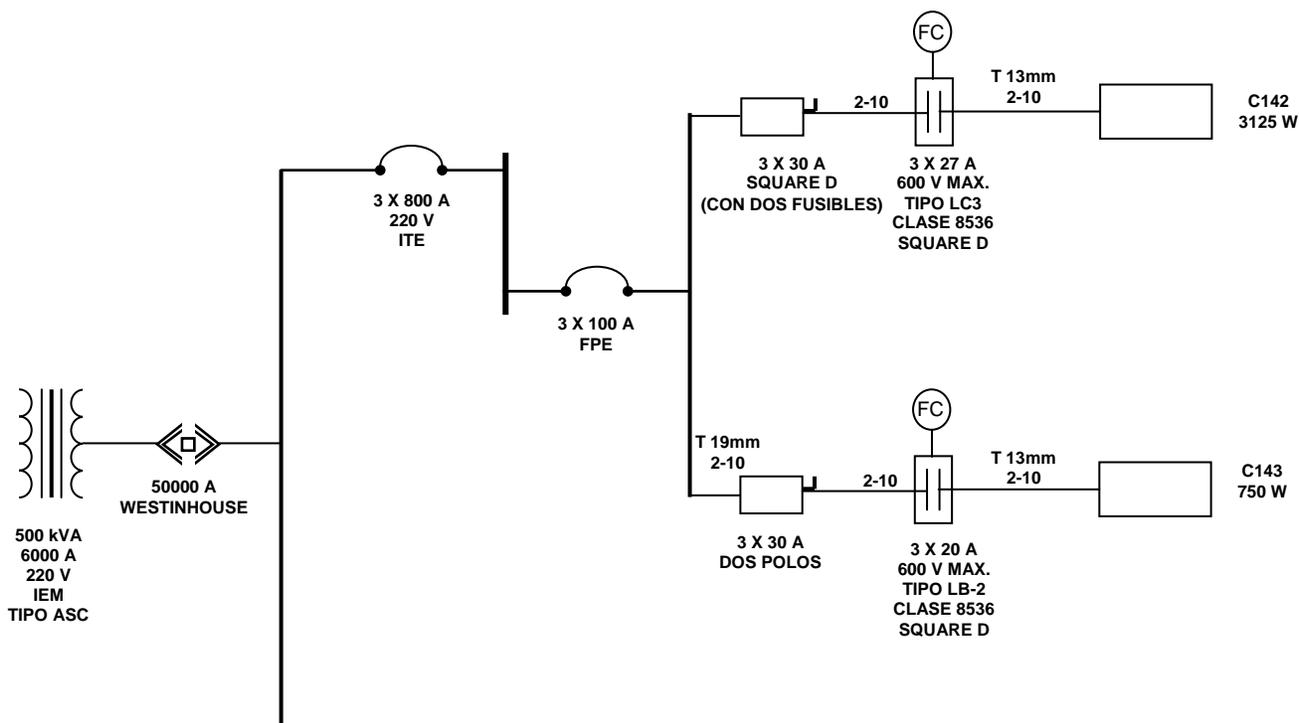


Figura 2.3 – Circuito eléctrico C142 de alumbrado público del estacionamiento de la Facultad

Datos técnicos del sistema a implementar:

Luminarias con tecnología LED (4 en el paso de alumnos y 24 en el estacionamiento)

Características:

- Cantidad de Led's:** 36
- Potencia nominal:** 45.5 W
- Tensión de operación:** 90-264 V_{AC}
- Corriente nominal a 220 V_{AC}:** 0.2 A
- Factor de potencia:** 0.95 (-)
- Iluminancia promedio:** 14 luxes a 7 m de altura
- Distancia máxima entre postes:** 16 m
- Vida útil estimada:** 50000 horas

Una vez que se tiene la descripción de las características eléctricas del equipo, a partir de los planos eléctricos, se pasa al segundo punto de nuestro sistema.



Elaboración, implementación y llenado de la Base de Datos.

A partir de la información eléctrica ya presentada, se inicia con la elaboración de la base de datos. En primer lugar se hace la captura de la información eléctrica de cada luminaria mediante un archivo plano de una hoja de cálculo; posteriormente se le asigna una etiqueta de identificación que se utilizará durante todo el proyecto. Cada luminaria presenta sus características eléctricas de fabricación, al momento de la elaboración de la base y se comenzarán a registrar estas mismas variables para el llenado de la misma a partir de los datos que se registren en tiempo real. Los datos a registrar son:

Potencia eléctrica [W]

Intensidad de corriente eléctrica [A]

Tensión de operación [V]

Flujo luminoso [lm]

Otro aspecto importante que se debe tomar en consideración en la base de datos es el *status* de la luminaria (encendido, mantenimiento y apagado). Para ello, se utilizará un semáforo indicador de donde el color verde indicará que la luminaria se encuentra encendida, el amarillo que se encuentra apagada pero en mantenimiento y el rojo simplemente que se encuentra apagada.

Se requiere además que la base de datos tenga la robustez necesaria para almacenar la información de cada luminaria en tiempo real. Esta información nos servirá para manipularla en nuestro sistema generador de reportes. Dicha robustez implica que se hará un almacenamiento de los datos eléctricos de cada luminaria con el fin de generar las gráficas de comportamiento de las mismas haciendo reportes diarios, semanales y mensuales; a continuación se realizará un respaldo mensual para reiniciar el muestreo de datos y el llenado de la base.

Memoria de cálculo

Se realizó una memoria de cálculo con el fin de obtener los valores fundamentales y secundarios que se mostrarán posteriormente en los reportes. Éstos provienen de la manipulación de los datos medidos y almacenados en la base de datos. La memoria de cálculo es la siguiente:

1. Obtención de valores fundamentales. Los valores reales que inicialmente nos entrega el sistema de adquisición de datos son:

- a) Tensión (V_R) en [V]
- b) Potencia real (P_R) en [W]
- c) Intensidad de corriente real (I_R) en [A]
- d) Flujo luminoso (FL_R) en [lm]

Los valores nominales de placa obtenidos de acuerdo a las especificaciones del fabricante son los siguientes:



- a) Tensión nominal (V_N) en [V]
- b) Intensidad de corriente nominal (I_N) en [A]
- c) Potencia nominal (P_N) en [W]
- d) Flujo Luminoso nominal (FL_N) en [lm] ó Iluminancia en [luxes]

Para la elaboración de la memoria de cálculo ocuparemos los datos reales que recaba el centro de adquisición de datos y los valores nominales con el fin de generar los reportes requeridos.

2. Obtención de valores secundarios. Los valores secundarios son aquellas cantidades eléctricas que nos ayudarán a conocer el comportamiento exacto de nuestro sistema. Dichas cantidades se obtienen a partir de las fundamentales por medio de cálculo eléctricos dependiendo del tipo de luminaria que se va a analizar. Las cantidades secundarias son:

- a. Potencia activa (S_R) en [VA]
- b. Carga de la Luminaria diaria (CL_D) [kWh]
- c. Carga de la Luminaria mensual (CL_M) [kWh]
- d. Carga de la Luminaria anual (CL_A) [kWh]
- e. Carga del Circuito diaria (CC_D) [kWh]
- f. Carga del Circuito mensual (CC_M) [kWh]
- g. Carga del Circuito anual (CC_A) [kWh]
- h. Carga por zona diaria (CZ_D) [kWh]
- i. Carga por zona mensual (CZ_M) [kWh]
- j. Carga por zona anual (CZ_A) [kWh]
- k. Carga Total diaria (CT_D) [kWh]
- l. Carga Total mensual (CT_M) [kWh]
- m. Carga Total anual (CT_A) [kWh]

3. Cálculos eléctricos:

- a. Intensidad de corriente (I_R)

$$I_R = \frac{P_R}{(V_R)fp} [A]$$

- b. Potencia activa (S_R)

$$S_R = (P_R)fp [VA]$$

- c. Carga de la Luminaria diaria (CL_D)

$$CL_D = (P_R)\Delta t$$
$$\Delta t = t_a - t_e$$



Marco teórico y tecnológico

Donde

t_e = Tiempo de encendido o tiempo inicial

t_a = Tiempo de apagado o tiempo final

Δt [Horas]

d. Carga de la Luminaria mensual (CL_M)

$$CL_M = (CL_D)(30)$$

NOTA: Dependiendo el número de días que tenga el mes puede variar a 28, 29, 30 ó 31

e. Carga de la Luminaria anual (CL_A)

$$CL_A = (CL_M)(12) = (CL_D)(365)$$

f. Carga del circuito diario (CC_D)

$$CC_D = (CL_D)(N_{LC})$$

Donde

N_{LC} = Número de luminarias por circuito

g. Carga del circuito mensual (CC_M)

$$CC_M = (CC_D)(30)$$

NOTA: Dependiendo el número de días que tenga el mes puede variar a 28, 29, 30 ó 31

h. Carga del circuito anual (CC_A)

$$CC_A = (CC_M)(12) = (CC_D)(365)$$

i. Carga por zona diario (CZ_D)

$$CZ_D = (CL_D)(N_{LZ})$$

Donde

N_{LZ} = Número de luminarias por zona



Marco teórico y tecnológico

j. Carga por zona mensual (CZ_M)

$$CZ_M = (CZ_D)(30)$$

NOTA: Dependiendo el número de días que tenga el mes puede variar a 28, 29, 30 ó 31

k. Carga por zona anual (CZ_A)

$$CZ_A = (CZ_M)(12) = (CZ_D)(365)$$

l. Carga total diaria (CT_D)

$$CT_D = (CZ_D)(4)$$

m. Carga total mensual (CT_M)

$$CT_M = (CZ_M)(4)$$

n. Carga total anual (CT_A)

$$CT_A = (CZ_A)(4)$$

Sistema de comunicación y administración

Este sistema nos permite generar la comunicación desde cada una de las luminarias con el centro de administración a través de un servidor. Se coloca en cada luminaria una antena que sirve de receptora y de transmisora. Los datos a transmitir son capturados a través de dispositivos de; este paquete de información se envía a través de señales de Radio Frecuencia (RF) a nuestro servidor, ubicado en un lugar específico y, a la par, la misma antena sirve como receptora de señales de administración que le indicarán el encendido o apagado de la luminaria. Dicha comunicación se debe hacer en tiempo real, ya que los datos medidos se almacenan directamente en la base de datos.

Diseño e implementación de la página electrónica de información.

Para la presentación de la información de manera amigable, tenemos una página electrónica de información. En dicha página se podrá ingresar por medio de contraseñas de acceso a los estados actuales del sistema en si, además de que nos permite generar los reportes correspondientes. La navegación y manipulación de la página electrónica es el medio que nos permite tener a distintos tipos de usuarios, con los privilegios establecidos, para determinar si se trata de solo un usuario externo, de un operador y de un administrador. El usuario solo tendrá acceso a la información de



manera visual sin poder hacer manipulación alguna; el administrador tendrá la capacidad de generar los reportes administrativos y gerenciales para su presentación, mientras que el operador puede manipular la base de datos de manera que se le puedan hacer las adecuaciones pertinentes, además de generar los reportes técnicos que sirven para realizar el mantenimiento correctivo, preventivo o cambio de alguna luminaria si así lo requiriese.

Organización y generación de reportes.

De acuerdo a la información contenida en la base de datos, se generarán los reportes correspondientes para su utilización. Dichos reportes se dividen en tres partes: un reporte técnico, el cual será ocupado por el operador del sistema para dar la información a la gente de mantenimiento de la red de luminarias y saber en tiempo real el estado actual de cada una de ellas, de acuerdo a las etiquetas de ubicación que se le asignaron desde un principio; un reporte administrativo estadístico, el cual nos muestra el consumo de energía de cierta parte de la red con el fin de implementar el uso eficiente de luminarias para el ahorro de energía y un reporte gerencial, el cual nos servirá para que pueda ser consultado vía página electrónica por cualquier persona interesada en ver el estado de la red y el consumo de energía.

2.2 Herramientas teóricas utilizadas

Antes de realizar la implementación de cualquier sistema eléctrico, ya sea de iluminación o de cualquier instalación eléctrica en general, es necesario describir las herramientas teóricas que se emplean para dicho propósito. Esto implica revisar la normatividad nacional actualizada y los conceptos básicos existentes para su aplicación. En nuestro caso particular, se utilizarán estos conceptos para la implementación dentro del nuevo esquema de iluminación exterior.

En el aspecto normativo, para sistema eléctrico existen diferentes tipos de normas. Las normas oficiales mexicanas que se aplican en nuestro proyecto son las siguientes:

NOM-001-SEDE-2005. Instalaciones Eléctricas (utilización)

NOM-013-ENER-1996. Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios.

NOM-007-ENER-1995. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-008-SCFI-1993. Sistema general de unidades de medida.

Estas normas nos dan el marco legal y técnico de aplicación para los sistemas de iluminación en exteriores y en nuestro caso en particular, para la instalación eléctrica y de iluminación en estacionamientos o instalaciones exteriores en general. La Norma **NOM-001-SEDE-2005**, en su **artículo 930** referente a alumbrado público, nos marca las siguientes disposiciones:



El objetivo de este Artículo es establecer las disposiciones para proporcionar una visión rápida, precisa y confortable durante las horas de la noche en vialidades y zonas públicas. Estas cualidades de visión pueden salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes, facilitando y fomentando el tráfico vehicular y peatonal.

Definiciones:

Alumbrado Público. Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.

Coefficiente de Utilización: es la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) la(s) lámpara(s) solas de la luminaria.

Coefficiente de Utilización: Un coeficiente de utilización es derivado de la curva de utilización y es el porcentaje del lúmenes emitidos por la lámpara que inciden en uno o dos áreas de longitud infinita, una que se extiende al frente de la luminaria (lado calle) y la otra atrás de la luminaria (lado casa) cuando la luminaria está nivelado y orientado sobre la vialidad en una manera equivalente en la cual fue probado. Ya que el ancho de la vialidad está expresado en términos de una relación de altura de montaje de la luminaria al ancho de la calle, este término no tiene unidades (unidimensional).

Confort visual. Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

Deslumbramiento. Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Iluminancia ($E=d\Phi/dA$). Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).

Luminancia (L). La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Clasificación del alumbrado público. El nivel de iluminancia o la luminancia requeridas en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada:

g) Los estacionamientos se clasifican:

1) Por su construcción:

- a. Abiertos.
- b. Cerrados.

2) Por su actividad. Estos niveles reflejan la actividad vehicular y peatonal, normalmente identificados por los siguientes ejemplos:

- a. Alta



Marco teórico y tecnológico

Eventos deportivos de importancia.
Eventos cívicos y culturales de relevancia.
Centros comerciales regionales.
Restaurantes.

b. Media

Centros comerciales locales.
Eventos cívicos, culturales o recreacionales.
Áreas de oficinas.
Áreas de hospitales.
Áreas de terminales aéreas, terrestres y de trasbordo.
Complejos residenciales

c. Baja

Centros comerciales pequeños.
Áreas industriales.
Áreas escolares.
Iglesias.
Otras actividades.

Los valores que debemos observar para la implementación del sistema en un estacionamiento abierto se refleja en la siguiente tabla:

Nivel de actividad	Área general de estacionamiento y peatonal	
	Mínimo sobre el pavimento L_x	Uniformidad E_{prom}/E_{min}
Alta	10,0	4 a 1
Media	6,0	4 a 1
Baja	2,0	4 a 1

TABLA 2.1 - Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida para estacionamientos abiertos²

La relación mínima de iluminancia en todos los casos es 4 a 1 (E_{prom}/E_{min}).

Otras de las disposiciones de normatividad que hay que seguir, a partir de los objetivos y del campo de aplicación de la norma **NOM-013-ENER-1996** es el siguiente:

² Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005



Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de densidad de potencia eléctrica de alumbrado (**DPEA**), según se especifique, con los que deben cumplir las nuevas instalaciones de alumbrado público o alumbrado exterior en las diferentes aplicaciones que se indican en la presente Norma, con el propósito de que se diseñen o construyan bajo un criterio de uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la aplicación de equipos y tecnologías que incrementen la eficacia sin menoscabo de los requerimientos visuales.

Campo de aplicación

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende todos los sistemas nuevos de iluminación para vialidades, estacionamientos públicos abiertos y áreas exteriores, así como las ampliaciones de instalaciones ya existentes que se construyan en el territorio nacional, independientemente de su tamaño y carga conectada. Las aplicaciones de instalaciones cubiertas bajo esta Norma incluyen:

Vialidades

Estacionamientos públicos abiertos

Áreas exteriores

La siguiente tabla muestra los valores del DPEA para estacionamientos de acuerdo esta misma norma:

Valores máximos de DPEA para estacionamientos	
Área a iluminar (m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)
<300	1.80
300-500	0.90
500-1000	0.70
1000-1500	0.58
1500-2000	0.54
>2000	0.52

Tabla 2.2 - DPEA³

La determinación de la DPEA será calculada a partir de la carga total conectada de alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo a la metodología indicada en la siguiente expresión genérica:

³ Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005



Marco teórico y tecnológico

$$DPEA = \frac{CTC}{ATI}$$

Donde:

DPEA: Expresada en [W/m²]

CTC: Carga Total Conectada en [W]

ATI: Área Total Iluminada en [m²]

La determinación de la eficacia en el caso de alumbrado para exteriores es calculada a partir del flujo luminoso de la fuente luminosa entre la suma de la potencia nominal de la misma fuente luminosa más las pérdidas del dispositivo auxiliar para el arranque y correcto funcionamiento de dicha fuente.

De acuerdo a la Norma **NOM-007-ENER-1995** se tiene que, para alumbrado exterior:

Se identificarán las áreas abiertas del edificio, como son: zonas de jardines, andadores, zonas de carga y descarga, zonas de circulación peatonal y vehicular, fachadas, estacionamientos exteriores, etc. Para cada una de estas zonas se determinará su área expresada en m² y se totalizará. Asimismo, se cuantificará la carga conectada para iluminación en ellas como la suma de las potencias nominales de todos los equipos de alumbrado considerados en el proyecto expresadas en Watt's.

La carga total instalada en áreas abiertas y la superficie total de las mismas, serán consideradas para la determinación de la DPEA de alumbrado exterior.

Cabe señalar que estas dos últimas normas presentadas han sido aprobadas a mediados de la década de los 90's, lo cual implica que se requeriría una actualización de los mismas para la aplicación de tecnologías nuevas, como la tecnología LED. Esto debido a que en los últimos años se está presentando equipo que consume una carga menor de potencia manteniendo los niveles de iluminación adecuados según la aplicación específica.

2.3 Herramientas tecnológicas y computacionales

En la actualidad existe una gran disponibilidad de herramientas tecnológicas y computacionales al alcance de casi cualquier persona; esto nos ha permitido hacer una elección de herramientas de hardware y software las cuales consideramos como las más adecuadas para llevar a cabo la tarea de almacenar, manipular y controlar la información que del SCAEE se desprende.

A continuación se describen los componentes propuestos y las características principales:

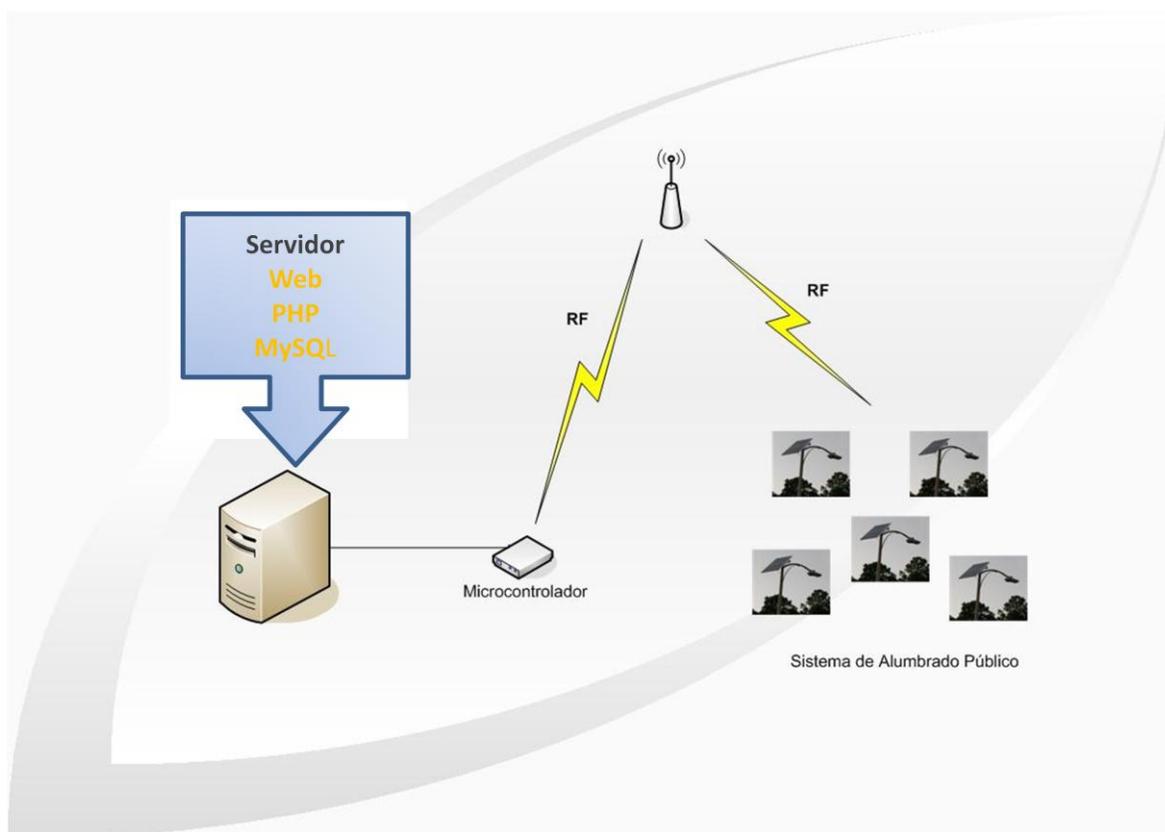


Figura 2.4. – Descripción del sistema de comunicación

Servidor (Master Server)

Equipo (Hardware)

Requisitos mínimos

Procesador: Intel® Xeon® cuádruple; E5405, 2x6MB Cache, 2.0GHz, 1333MHz

Memoria: 2GB, 667MHz

Disco Duro: 250 GB, SATA, con velocidad de 7,200 RPM

Programas (Software)

Microsoft Windows 2003 Server.



Este sistema operativo nos proporciona varias bondades que se mencionan a continuación:

- Sistema de archivos NTFS
- Cifrado y compresión de archivos y carpetas.
- Permite la gestión de almacenamiento, respaldos, incluyendo una organización jerárquica de almacenamiento utilizando un algoritmo en caché para transferir los datos menos usados de los discos duros a medios ópticos similares más lentos y volverlos a leer a disco duro cuando son necesarios.
- Implementación relativamente sencilla para las necesidades específicas del SCAEE.
- Políticas de seguridad

Apache 2.2 Como Servidor HTTP



El servidor Apache se desarrolla dentro del proyecto HTTP Server (httpd) de la **Apache Software Foundation**. Entre las ventajas más importantes que podemos mencionar acerca de este servidor HTTP son:

- Software libre de código abierto (licencia)
- Presenta mensajes de error altamente configurables
- Bases de datos de autenticación y negociación de contenido
- Modulo SSL (Security Socket Layer).
- La mayoría de las vulnerabilidades de la seguridad descubiertas y resueltas tan sólo pueden ser aprovechadas por usuarios locales y no remotamente



MySQL



®

Sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario. Sun Microsystems desarrolla MySQL como software libre. Se ofrece con licencia GNU GPL o si es requerido para un producto privado se puede adquirir una licencia para permitir el uso de este software. Entre otras características importantes de MySQL podemos mencionar:

- Agrupación de transacciones, reuniendo varias conexiones para incrementar el número de operaciones por segundo.
- Diferentes opciones de almacenamiento según la aplicación deseada, ya sea velocidad en las operaciones o el mayor número disponibles.
- Conectividad Segura
- Replicación
- APIS que permiten a aplicaciones escritas en diversos lenguajes de programación acceder a las bases de datos, incluyendo C, C++, Perl, PHP, Python, etc.

PHP como lenguaje de programación



®

PHP es un acrónimo recursivo que significa **PHP Hypertext Pre-processor**. Fue diseñado para la creación de páginas web dinámicas. Sus características son:

- Es un lenguaje multiplataforma.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los manejadores de base de datos que se utilizan en la actualidad. Destaca su conectividad con MySQL.
- Capacidad de expandir su potencial utilizando la enorme cantidad de módulos (llamados ext's o extensiones).



Marco teórico y tecnológico

- Posee una amplia documentación en su página oficial, entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.
- No requiere definición de tipos de variables.
- Tiene manejo de excepciones (desde php5).

3. ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SCAEE

3.1 Sistema de Comunicación

Uso de la tecnología inalámbrica

La mayor motivación para el uso de tecnología inalámbrica en este proyecto es la reducción en los gastos de instalación y mantenimiento en comparación con el uso de cableado. Las redes inalámbricas implican un gran intercambio de información con un mínimo de esfuerzo de instalación y bajo consumo de energía.

La comunicación vía Radio Frecuencia (RF) del servidor (master server) hacia el sistema de iluminación desde las luminarias se lleva a cabo mediante el modem XBee® 802.15.4 mostrado en la siguiente figura:



Figura 3.1 – Modem XBee® 802.15.4

Después de realizado un estudio comparativo, encontramos que las ventajas que ofrece este sistema con respecto a otros similares son las siguientes:

- Bajo costo
- Proporcionan confiabilidad en el intercambio de datos entre dispositivos
- Opera en la frecuencia ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2.4 GHz, la cual es una de las bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. El uso de estas bandas de frecuencia está abierto a todo el mundo sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida.
- Al implementar varios dispositivos de comunicación en una misma red, no es necesario la implementación de elementos extra (antenas, repetidores, etc.) para lograr la comunicación con todos los dispositivos; ya que en una red la comunicación puede ser configurada para que cada elemento sirva como un repetidor de las señales (red mesh).



Análisis, diseño e implementación de un SCAEE

- Cumple con la norma IEEE 802.15.4, la cual hace referencia a la flexibilidad de red, bajo consumo de energía y utilizado para aplicaciones que requieren una baja transmisión de datos.
- Número estimado de módems utilizados en la implementación: 29

Las características de este dispositivo se encuentran en la siguiente tabla mientras que los datos técnicos del mismo los encontramos en el *Anexo A.2* de este trabajo.

	Alcance en ambientes interiores/zonas urbanas	hasta 100' (30 m)
	Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes exteriores	hasta 300' (100 m)
Rendimiento	Potencia de Salida en Transmisión	1 mW (0 dBm)
	Régimen RF de datos	250,000 bps
	Sensibilidad del Receptor	-92 dBm (1% PER)
	Suministro de Tensión	2.8 – 3.4 V
Requerimientos de Potencia	Corriente de Transmisión (típico)	45 mA @ 3.3 V
	Corriente de Recepción (típico)	50 mA @ 3.3 V
	Corriente Power-Down	< 10 μ A
Información General	Dimensiones	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)
	Temperatura de Operación	-40 to 85° C (industrial)
	Opciones de Antena	Conector U.FL, Antena Chip,
	Topologías permitidas en la red	Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh
Trabajo en Red y Seguridad	Número de Canales	16 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable)
	Capas de Filtración de la Red	PAN ID & Direcciones 64-bit

Tabla 3.1 - Características generales del modem XBee® 802.15.4

Definición de Zona Fresnel

Es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración en un enlace RF punto a punto, además de la visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas, respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Ésta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

Línea de Vista - LOS

RF LOS (Radio Frequency Line Of Sight) = LOS + Zona Fresnel

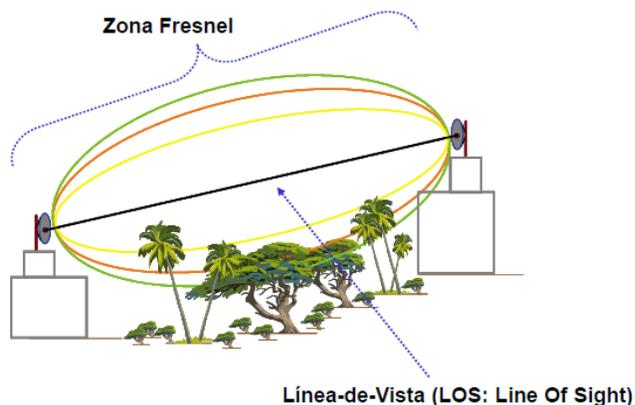


Figura 3.2 – Zona Fresnel

Se procedió a estimar la Zona Fresnel entre cada una de las luminarias mediante la fórmula siguiente:

$$r_{(m)} = 17.32 \times \sqrt{\frac{d \text{ (en km)}}{4f \text{ (en Ghz)}}$$

Estimación Zona Fresnel

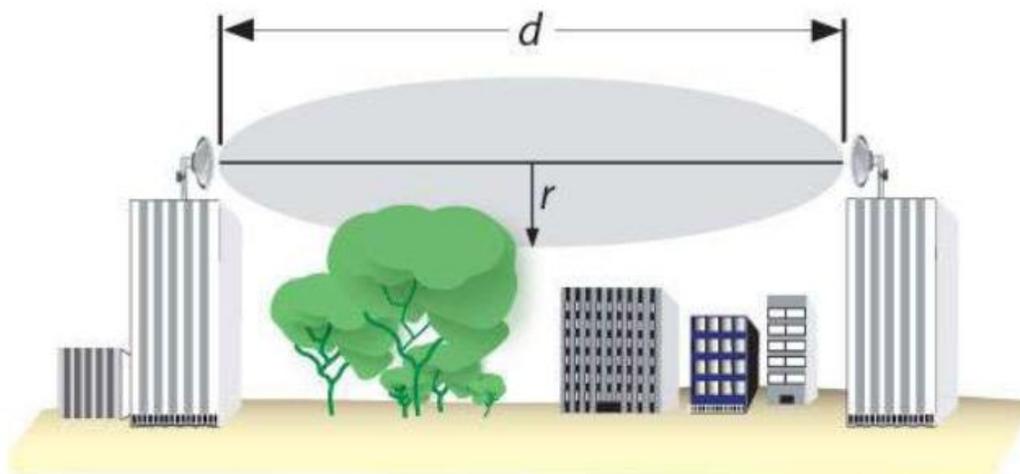


Figura 3.3 – Imagen que resume los parámetros tomados en cuenta para estimar la Zona Fresnel

Para esta estimación desde el modem principal hacia el resto de los dispositivos del sistema, se tomó en cuenta que el centro de comunicación y administración se ubica dentro del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería.

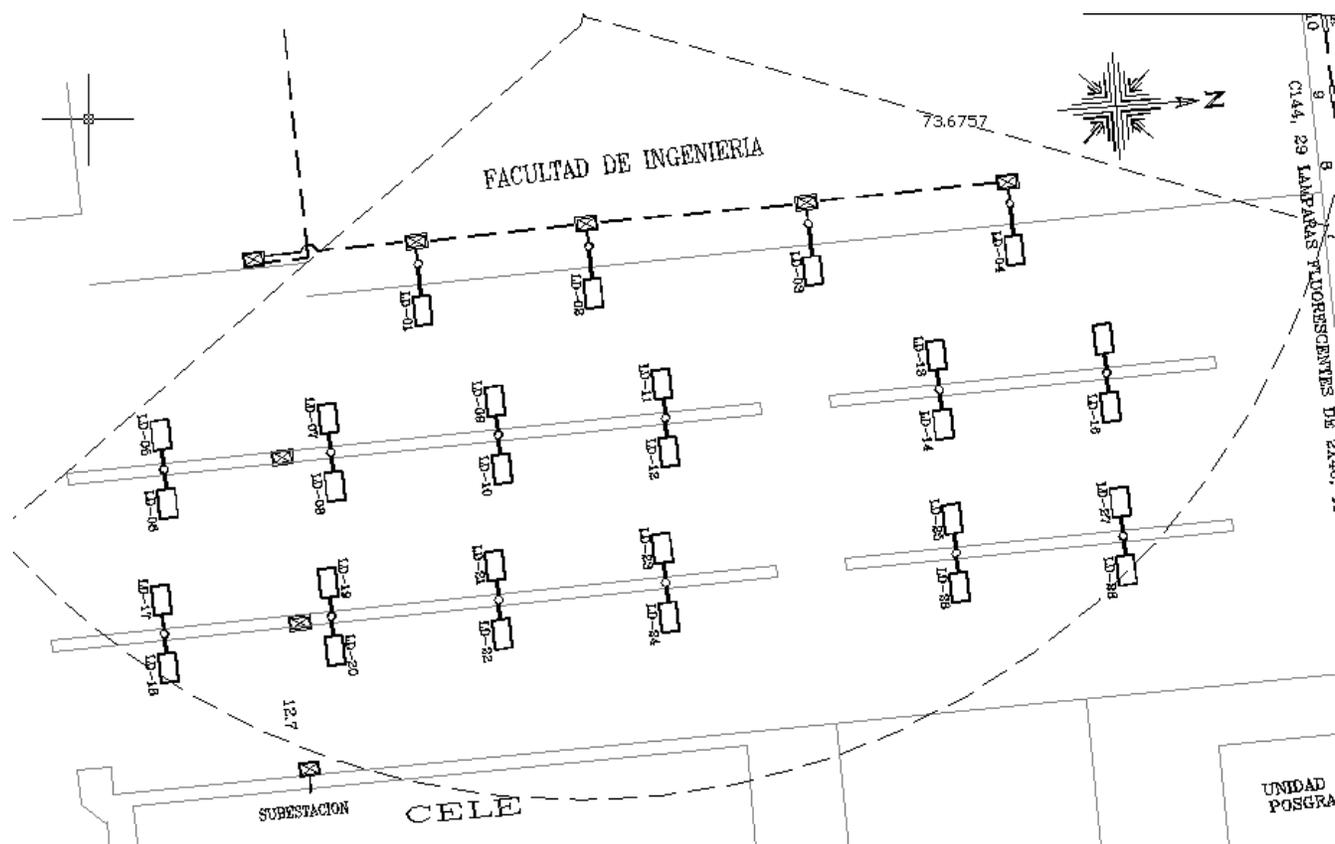


Figura 3.4 – Ubicación (de acuerdo al plano) de las luminarias de Led’s

Para cubrir perfectamente la Zona de comunicación, se propuso un radio de 73.67 m, con lo cual se obtuvo lo siguiente:

Control Luminaria	Control Luminaria	Línea de vista (m)	Línea de vista (km)	Zona Fresnel (m)
Modem principal	Modem Luminaria	73.67	0.07367	1.517

Por lo que el modem de comunicación principal debe ser localizado a una distancia mínima de 1.51 m con respecto al terreno.

Tomando en consideración una topología tipo malla (mostrada en la figura 3.4), se obtuvieron los resultados de la Zona Fresnel como se presenta en la tabla 3.2

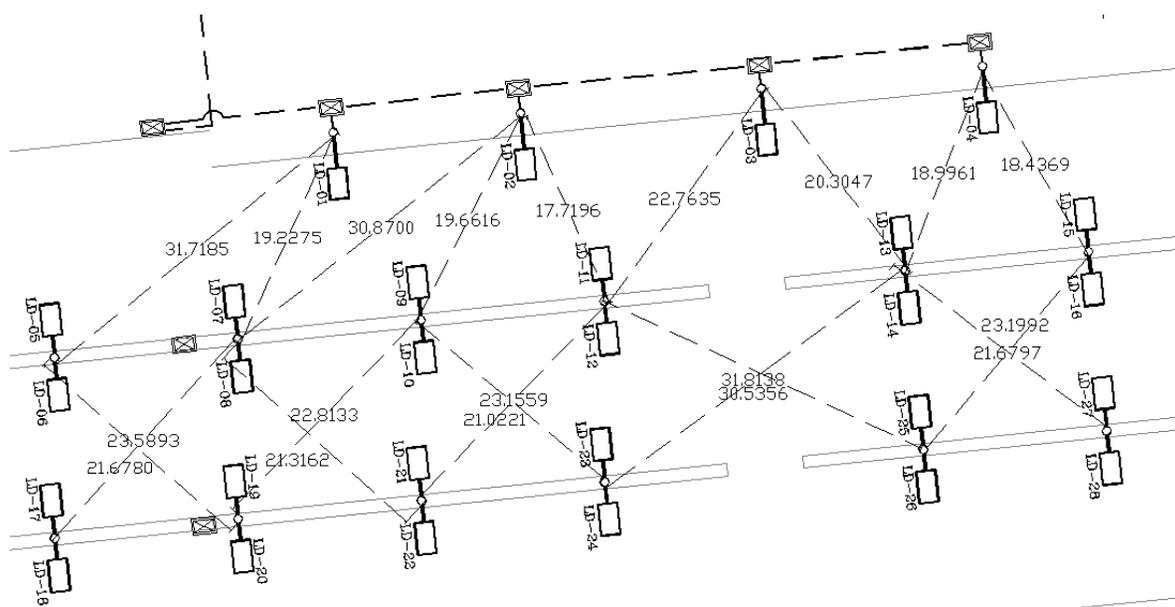


Figura 3.5 – Topología tipo malla

Control luminaria	Control Luminaria	Línea de vista (m)	Línea de vista (km)	Zona Fresnel (m)
LD-01	LD-05, LD-06	31.71	0.03171	0.988
LD-01	LD-07, LD-08	19.22	0.01922	0.775
LD-02	LD-07, LD-08	30.87	0.03087	0.982
LD-02	LD-09, LD-10	19.66	0.01966	0.784
LD-02	LD-11, LD-12	17.71	0.01771	0.744
LD-03	LD-11, LD-12	22.76	0.02276	0.843
LD-03	LD-13, LD-14	20.30	0.02030	0.796
LD-04	LD-13, LD-14	18.99	0.01899	0.770
LD-04	LD-15, LD-16	18.43	0.01843	0.759
LD-05, LD-06	LD-19, LD-20	21.67	0.02167	0.823
LD-07, LD-08	LD-17, LD-18	23.58	0.02358	0.858
LD-07, LD-08	LD-21, LD-22	21.31	0.02131	0.816
LD-09, LD-10	LD-19, LD-20	22.81	0.02281	0.844
LD-09, LD-10	LD-23, LD-24	21.02	0.02102	0.810
LD-11, LD-12	LD-21, LD-22	23.15	0.02315	0.851
LD-11, LD-12	LD-25, LD-26	30.53	0.03053	0.977
LD-13, LD-14	LD-23, LD-24	31.81	0.03181	0.997
LD-13, LD-14	LD-27, LD-28	23.19	0.02319	0.851
LD-15, LD-16	LD-25, LD-26	21.67	0.02167	0.823

Tabla 3.2 – Distancias entre las luminarias y el centro de comunicación y administración



Tomando en cuenta los resultados anteriores de la Zona Fresnel, fue necesario instalar los dispositivos de envío y recepción de datos a una altura mínima de 1 metro con respecto al nivel del terreno del estacionamiento o bien con respecto a algún objeto que pudiera interferir con la señal como los árboles, los postes, etc.

3.2 Diseño de la base de datos

A continuación se muestra el diagrama entidad-relación que fue diseñado a partir de los datos y funciones a realizar por la base de datos.

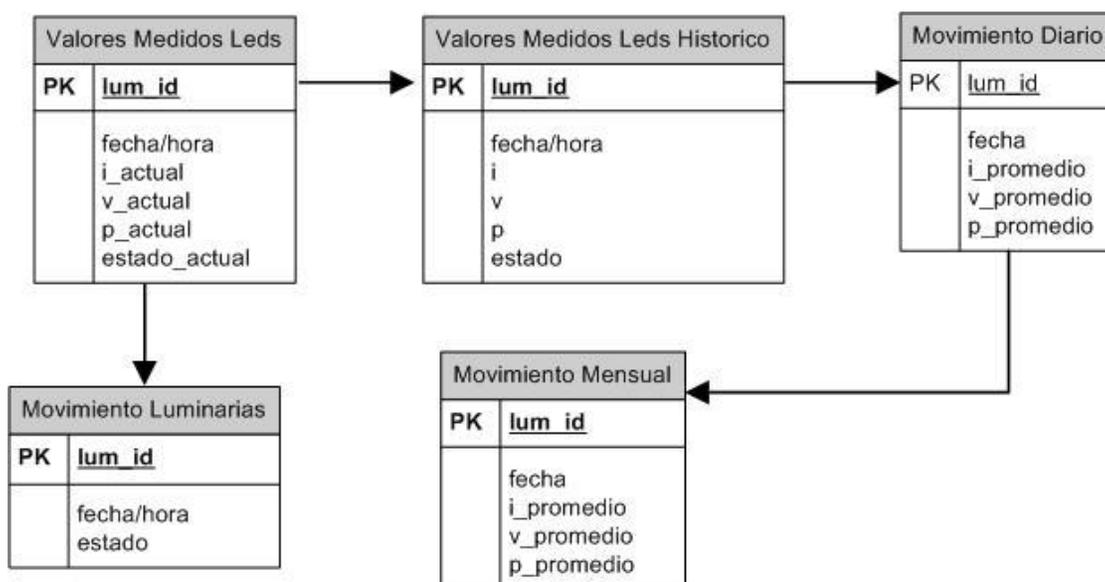


Figura 3.6 – Conexiones de la base de datos

La función realizada para cada tabla es la siguiente:

- La tabla **valores medidos led's** acumula información sobre fecha, tensión en [V], corriente en [A], potencia en [W] y estado actual de cada una de las luminarias. Los registros en el *lum_id* de esta tabla son fijos. Se actualizan 28 registros, uno por cada luminaria del sistema. Ésta nos es de gran utilidad ya que proporciona una conexión directa con el Sistema de Monitoreo (tabla 3.3).



Valores medidos Led's							
lum_id	val_med_id	fecha	i_actual [A]	v_actual [V]	p_actual [W]	hora	estado actual
LD-01	1	03/05/2009	2.0	218	45.0	18:54:54	ON
LD-02	2	23/05/2009	2.0	218	45.0	21:57:15	ON
LD-03	3	03/05/2009	2.0	218	45.0	20:09:14	ON
LD-04	4	03/05/2009	0.0	0	0.0	20:07:27	OFF
LD-05	5	01/05/2009	2.0	218	45.0	23:22:01	ON
LD-06	6	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-07	7	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-08	8	01/05/2009	0.0	0	0.0	23:22:13	MTTO
LD-09	9	03/05/2009	2.0	218	45.0	19:38:33	ON
LD-10	10	03/05/2009	2.0	218	45.0	20:12:46	ON
LD-11	11	10/05/2009	0.0	0	0.0	15:41:41	MTTO
LD-12	12	03/05/2009	2.0	218	45.0	19:11:30	ON
LD-13	13	03/05/2009	0.0	0	0.0	14:32:46	OFF
LD-14	14	03/05/2009	0.0	0	0.0	19:24:01	MTTO
LD-15	15	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-16	16	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-17	17	03/05/2009	0.0	0	0.0	14:50:44	MTTO
LD-18	18	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-19	19	03/05/2009	2.0	218	45.0	14:50:28	ON
LD-20	20	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-21	21	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-22	22	03/05/2009	0.0	0	0.0	14:50:27	MTTO
LD-23	23	03/05/2009	0.0	0	0.0	19:21:19	MTTO
LD-24	24	03/05/2009	2.0	218	45.0	19:12:40	ON
LD-25	25	11/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-26	26	03/05/2009	0.0	0	0.0	14:59:56	MTTO
LD-27	27	26/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF
LD-28	28	26/04/2009	1.9	218	45.1	00:00:33	OFF

Tabla 3.3

- La tabla **Valores medidos led's histórico** se actualiza cada hora haciendo consultas a los dispositivos correspondientes, o bien cuando existe un cambio de estado en alguna luminaria.



Análisis, diseño e implementación de un SCAEE

- Esta tabla de históricos es borrada cada día después de obtener un promedio de cada valor medido por cada una de las luminarias.
- Los resultados de estos promedios para cada registro de luminaria es enviado a la tabla de **Movimiento diario** (tabla 3.4)

Movimiento diario				
lum_id	fecha	i_prom [A]	v_prom [V]	p_prom [W]
LD-01	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-02	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-03	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-04	03/05/2009	1.90	220.0	45.00
LD-05	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-06	03/05/2009	1.90	218.0	45.00
LD-07	03/05/2009	1.90	218.0	45.00
LD-08	03/05/2009	2.00	219.9	45.00
LD-09	03/05/2009	2.00	219.0	45.00
LD-10	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-11	03/05/2009	2.00	219.3	45.00
LD-12	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-13	03/05/2009	1.89	220.0	44.97
LD-14	03/05/2009	2.00	219.9	45.00
LD-15	03/05/2009	1.90	218.0	44.80
LD-16	03/05/2009	1.90	218.0	44.89
LD-17	03/05/2009	1.98	220.0	45.00
LD-18	03/05/2009	1.90	218.0	45.10
LD-19	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-20	03/05/2009	1.90	218.0	45.10
LD-21	03/05/2009	1.90	218.0	45.10
LD-22	03/05/2009	1.99	220.0	44.98
LD-23	03/05/2009	2.00	220.0	44.96
LD-24	03/05/2009	2.00	218.0	45.00
LD-25	03/05/2009	1.90	218.0	45.10
LD-26	03/05/2009	2.00	220.0	44.97
LD-27	03/05/2009	1.90	218.0	45.10
LD-28	03/05/2009	1.90	218.0	45.10

Tabla 3.4



- La tabla **Movimiento Diario** realiza un corte mensual, el cuál es enviado como nuevo registro a la tabla correspondiente **Movimiento Mensual**; obteniendo el promedio de cada luminaria en forma mensual. La tabla 3.5 representa un ejemplo del mes de mayo. Los registros son respaldados anualmente y borrados para albergar nuevos datos.

Movimiento mensual				
lum_id	fecha	i_prom [A]	v_prom [V]	p_prom [W]
LD-01	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-02	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-03	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-04	01/06/2009	1.90	220.0	45.00
LD-05	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-06	01/06/2009	1.90	218.0	45.00
LD-07	01/06/2009	1.90	218.0	45.00
LD-08	01/06/2009	2.00	219.9	45.00
LD-09	01/06/2009	2.00	219.0	45.00
LD-10	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-11	01/06/2009	2.00	219.3	45.00
LD-12	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-13	01/06/2009	1.89	220.0	44.97
LD-14	01/06/2009	2.00	219.9	45.00
LD-15	01/06/2009	1.90	218.0	44.80
LD-16	01/06/2009	1.90	218.0	44.89
LD-17	01/06/2009	1.98	220.0	45.00
LD-18	01/06/2009	1.90	218.0	45.10
LD-19	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-20	01/06/2009	1.90	218.0	45.10
LD-21	01/06/2009	1.90	218.0	45.10
LD-22	01/06/2009	1.99	220.0	44.98
LD-23	01/06/2009	2.00	220.0	44.96
LD-24	01/06/2009	2.00	218.0	45.00
LD-25	01/06/2009	1.90	218.0	45.10
LD-26	01/06/2009	2.00	220.0	44.97
LD-27	01/06/2009	1.90	218.0	45.10
LD-28	01/06/2009	1.90	218.0	45.10

Tabla 3.5



- Los registros de movimiento del encendido, apagado y envío a mantenimiento de cada una de las luminarias es registrado en la tabla **Movimiento Luminarias** como se muestra en la tabla 3.6

Movimiento Luminarias						
lum_id	fecha	hora	i [A]	v [V]	p [W]	estado
LD-01	01/06/2009	18:54:54	2.0	218	45.0	ON
LD-02	01/06/2009	21:57:15	2.0	218	45.0	ON
LD-03	01/06/2009	20:09:14	2.0	218	45.0	ON
LD-04	03/05/2009	20:07:27	0.0	0	0.0	OFF
LD-05	01/05/2009	23:22:01	2.0	218	45.0	ON
LD-06	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-07	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-08	01/05/2009	23:22:13	0.0	0	0.0	MTTO
LD-09	03/05/2009	19:38:33	2.0	218	45.0	ON
LD-10	03/05/2009	20:12:46	2.0	218	45.0	ON
LD-11	10/05/2009	15:41:41	0.0	0	0.0	MTTO
LD-12	03/05/2009	19:11:30	2.0	218	45.0	ON
LD-13	03/05/2009	14:32:46	0.0	0	0.0	OFF
LD-14	03/05/2009	19:24:01	0.0	0	0.0	MTTO
LD-15	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-16	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-17	03/05/2009	14:50:44	0.0	0	0.0	MTTO
LD-18	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-19	01/05/2009	14:50:28	2.0	218	45.0	ON
LD-20	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-21	11/04/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-22	01/05/2009	14:50:27	0.0	0	0.0	MTTO
LD-23	03/05/2009	19:21:19	0.0	0	0.0	MTTO
LD-24	03/05/2009	19:12:40	2.0	218	45.0	ON
LD-25	10/05/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-26	03/05/2009	14:59:56	0.0	0	0.0	MTTO
LD-27	03/05/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF
LD-28	03/05/2009	00:00:33	1.9	218	45.1	OFF

Tabla 3.6



3.3 Sistema de visualización electrónica

El Sistema de visualización electrónica nos permite tener la administración, monitoreo y generación de reportes administrativos y técnicos directamente desde una página electrónica. Los componentes de este portal web son:

1. **Autenticación al portal.** Debido a las capacidades del sistema, se permite sólo el acceso a personal autorizado. La autenticación se realiza mediante una conexión a una base de datos de usuarios.

SCAEE
Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica

Login

Usuario:

Contraseña:

Ingresar

2. Inicio de la aplicación web

11/ABR/2009 20:29:16

SCAEE
Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica

Nosotros Contacto

SERVICIOS

Inicio

Monitoreo

Administración

Reporte Técnico

Reporte Administrativo

Reporte Gerencial

Ayuda

Teléfonos:
5710-9853 / 5760-7324

Ahorro de energía eléctrica,
iluminación más eficiente

INGENIERIA LUZ Y FUERZA DEL CENTRO FIDE CFE LUZ Y FUERZA



3. **Nosotros.** Información acerca de quiénes somos y cuáles son los diferentes tipos de proyectos que podemos desarrollar a partir de un SCAEE.

11/ABR/2009 20:35:33

SCAEE
Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica

Nosotros **Contacto**

SERVICIOS

Inicio
Monitoreo
Administración
Reporte Técnico
Reporte Administrativo
Reporte Gerencial
Ayuda

Teléfonos:
5710-9853 / 5760-7324

Proyectos de Ingeniería Eléctrica

Nuestro objetivo es el desarrollo de proyectos de administración de energía eléctrica a partir del uso de tecnologías más eficientes y económicas en las área de:

- Instalaciones Eléctricas
- Iluminación
- Servicios de mantenimiento
- Evaluación económica

Juan Carlos Hernández Vargas
Desarrollo de Redes de Comunicación
juancarlos@scaee.net

César López García
Desarrollo de Sistemas Eléctricos de Potencia
cesar@scaee.net

Nosotros

Copyright © UNAM, FI

4. **Contacto.** Visualiza información acerca de la dirección, teléfono y correo electrónico para información de cualquier índole relacionado al sistema.

20/JUN/2009 17:55:14

SCAEE
Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica

Nosotros **Contacto**

SERVICIOS

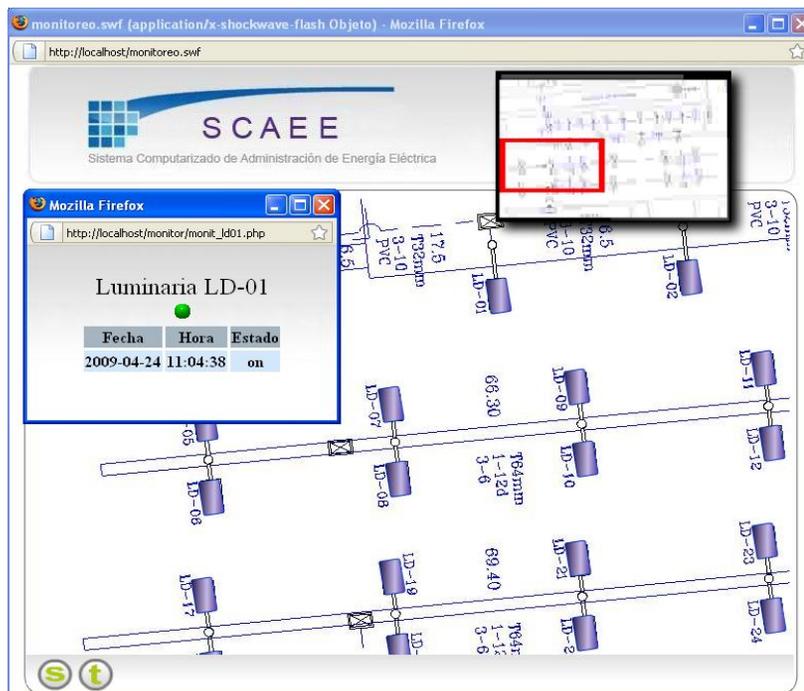
Inicio
Monitoreo
Administración
Reporte Técnico
Reporte Administrativo
Reporte Gerencial
Ayuda

Teléfonos:
5710-9853 / 5760-7324

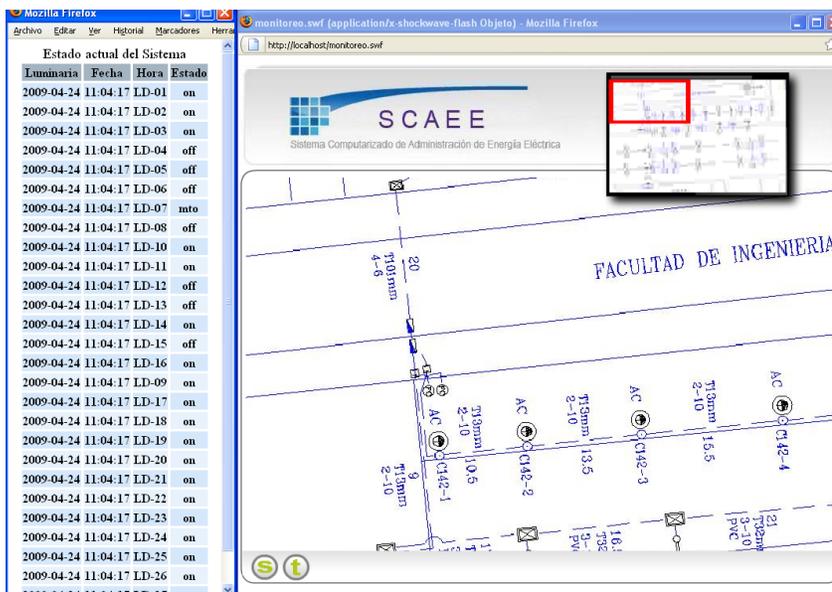
Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria,
Coyoacán,
México D. F. CP 04510
scaee@scaee.webhop.org
Teléfonos:
5510-1750 / 5535-6086-4024

FIDE **CFE** **Luz y Fuerza del Centro** **FIDE**

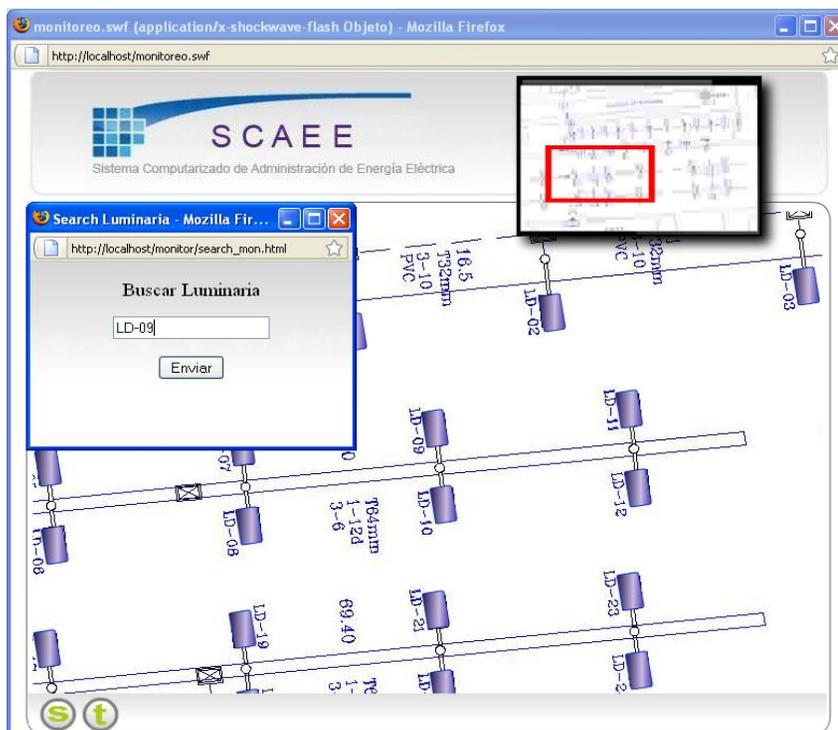
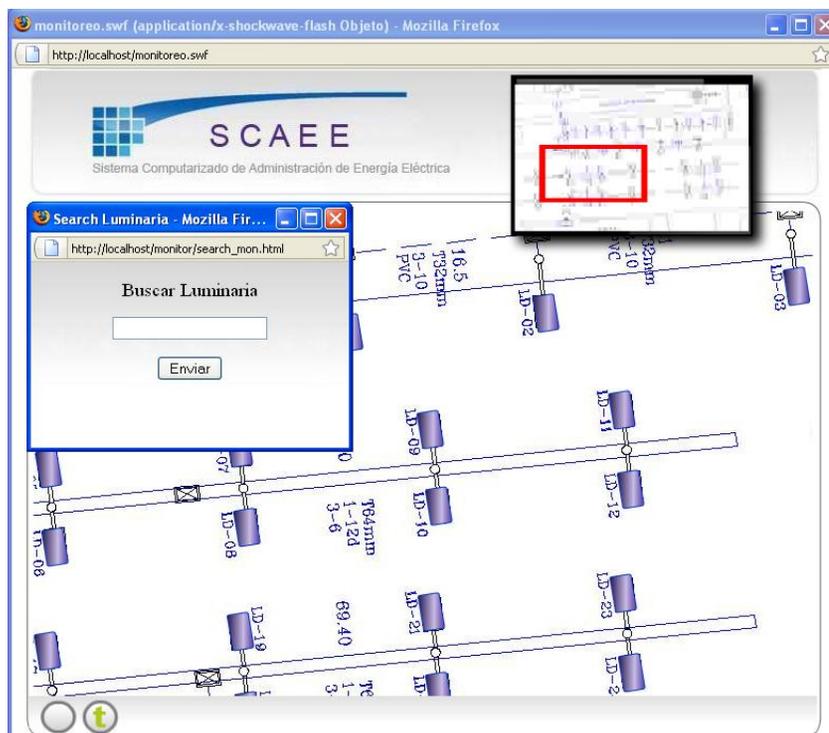
- Monitoreo.** Muestra información en tiempo real acerca del estado de cada una de las luminarias del sistema por medio de un semáforo indicador que nos muestra si están encendidas, apagadas, a media intensidad o en mantenimiento. Con ayuda de un mapa, nos permite visualizar de una forma más clara la ubicación de acuerdo a las etiquetas que le proporcionamos en la base de datos. Para obtener la información relacionada a alguna luminaria específica, sólo hay que dar clic en alguna de ellas de acuerdo a la ubicación en el mapa.

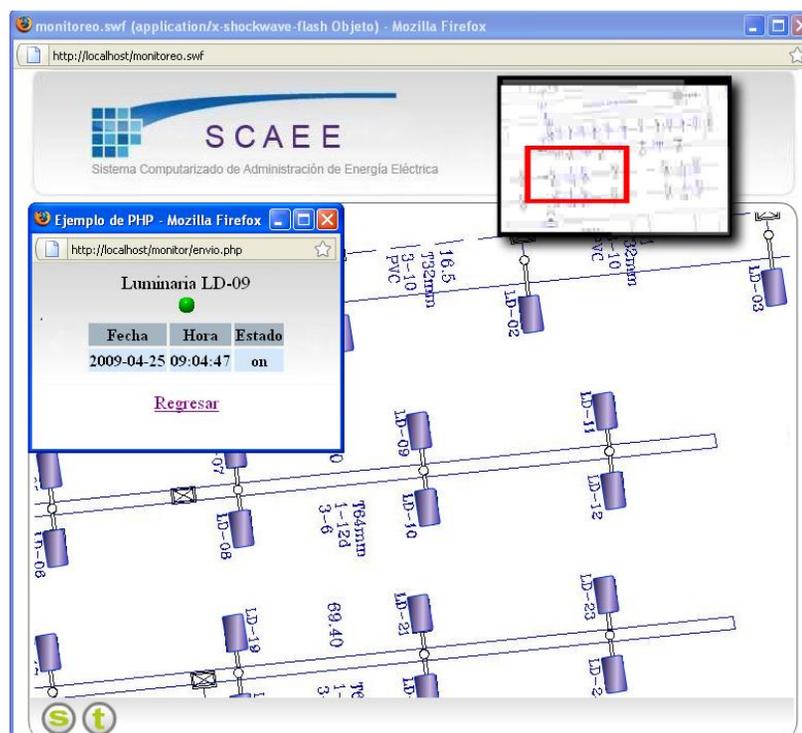


Para realizar una consulta de todas las luminarias de nuestro sistema. Presionamos el botón **t**

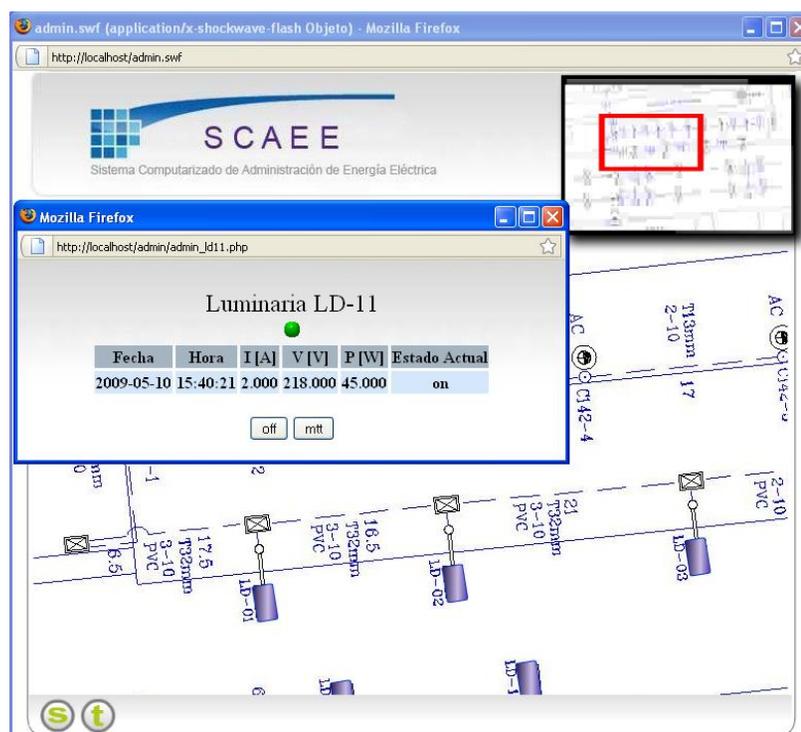


Con el botón **s** realizamos una búsqueda específica dentro de la base de datos y obtenemos la información de la luminaria de interés para conocer su estado actual.

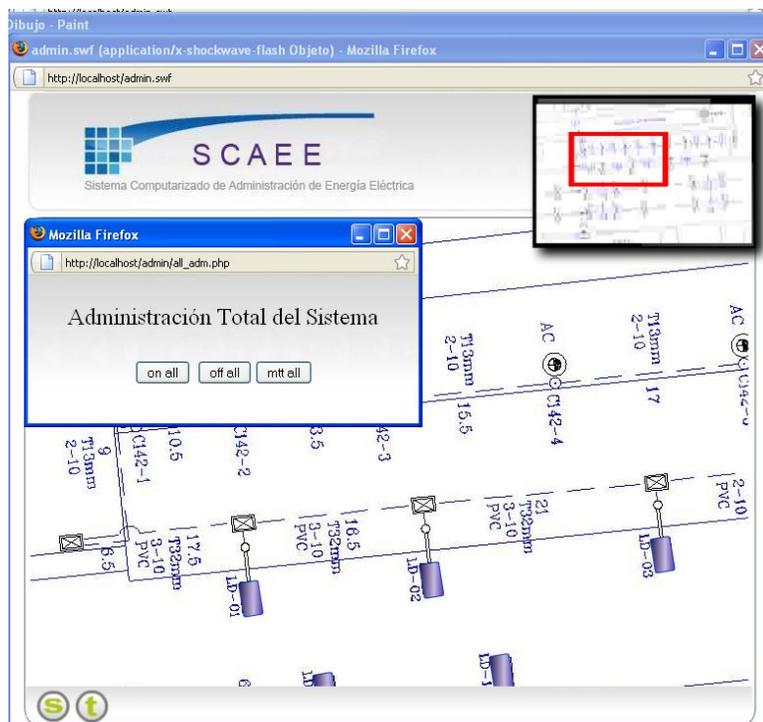




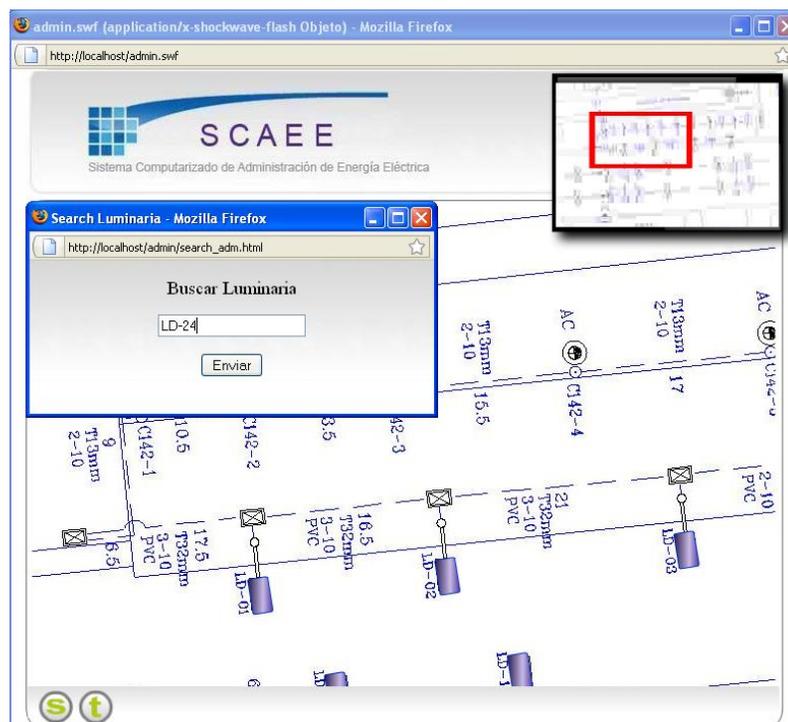
6. **Administración.** Nos permite realizar el encendido, apagado y enviar a mantenimiento cada una de las luminarias del sistema. Mediante el mapa podemos ver de una forma más clara la ubicación de cada una de ellas para tomar una acción sobre ésta, siendo cada una de los iconos o figuras representativas, ligas para mostrarnos la información relacionada a esa luminaria.



Dentro de la administración, podemos utilizar el botón **t** para realizar la acción de encendido, apagado y envío a mantenimiento de todas las luminarias de nuestro sistema.

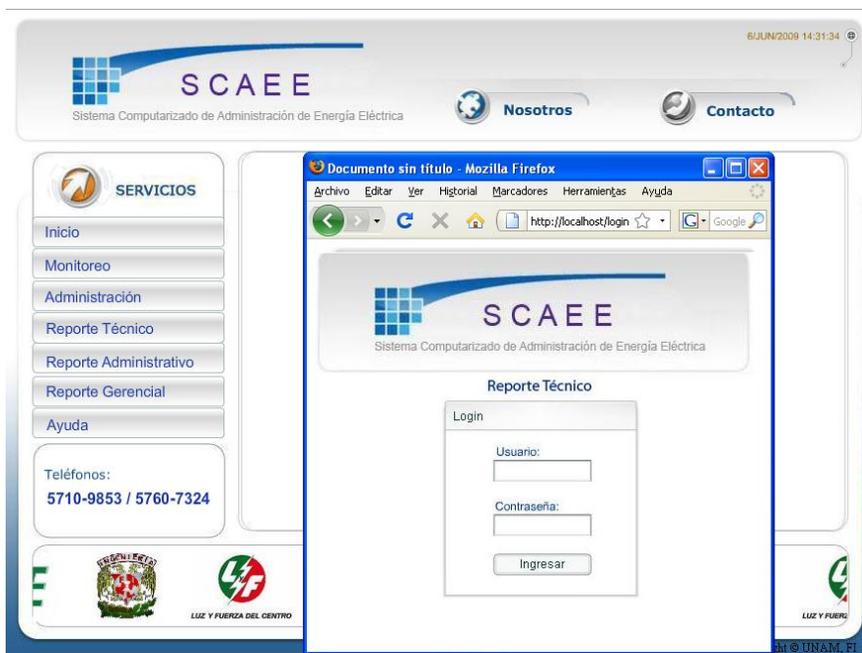


En esta misma sección, también podemos ocupar el botón **s** para realizar una consulta de la luminaria mostrada en el mapa de navegación.

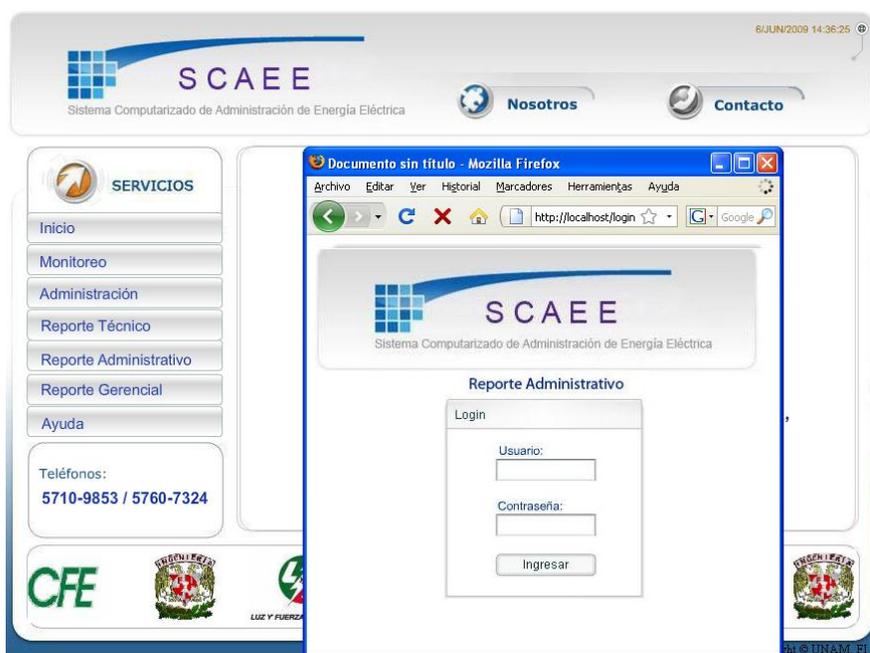




7. **Reporte técnico.** Despliega un pop-up de autenticación para el acceso a la generación de reportes de tipo Técnico.

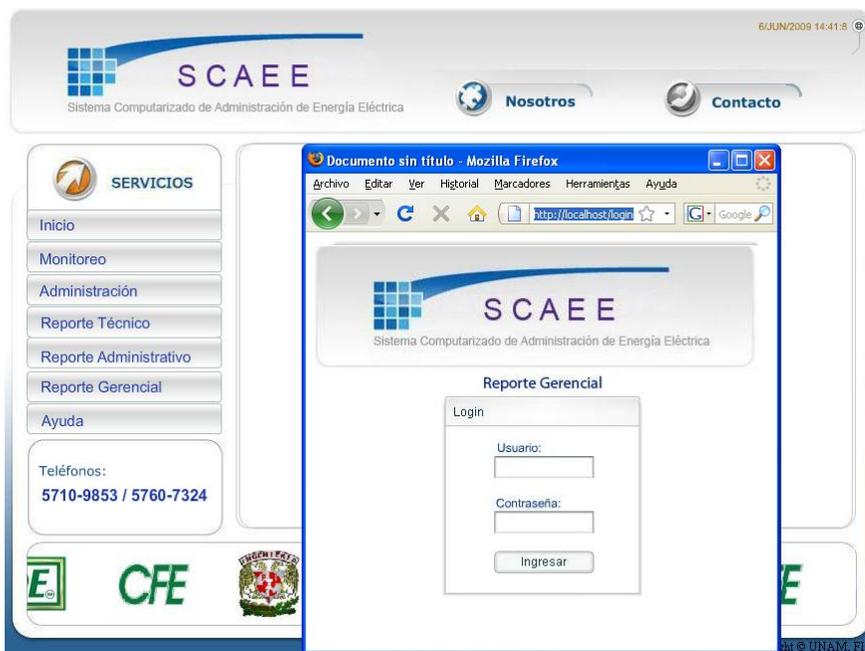


8. **Reporte administrativo.** Despliega un pop-up de autenticación para el acceso a la generación de reportes de tipo Técnico.

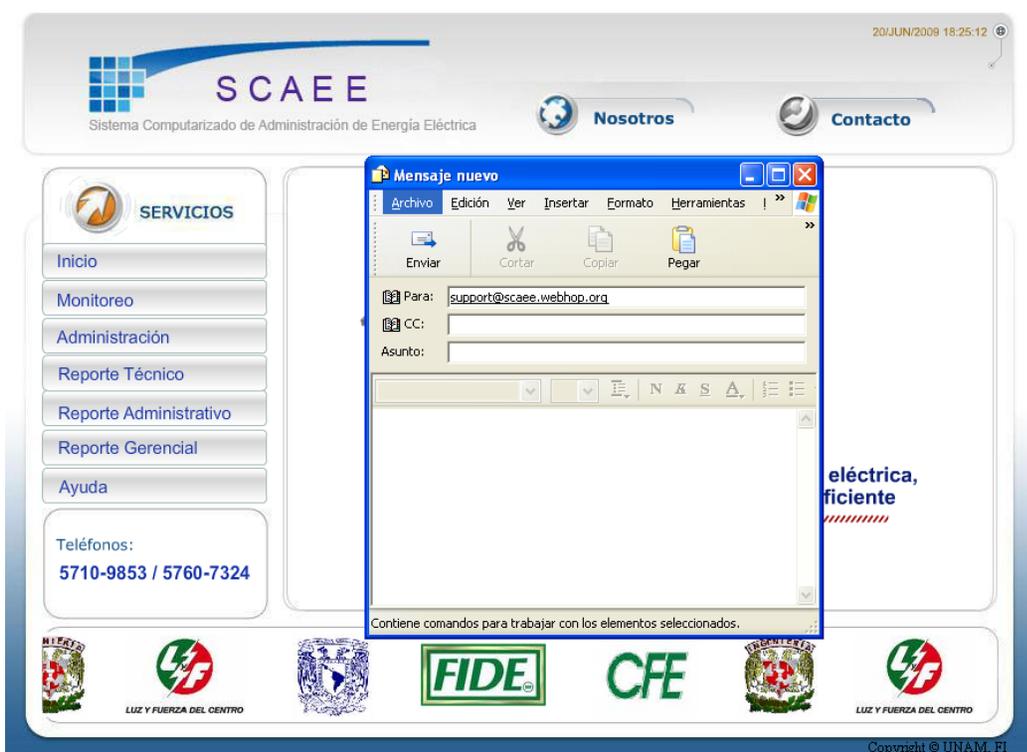




9. **Reporte Gerencial.** Despliega un pop-up de autenticación para el acceso a la generación de reportes de tipo Técnico.



10. **Ayuda.** Soporte de primer nivel del funcionamiento del SCAEE. Abre la aplicación Outlook para el envío de un correo electrónico al personal técnico del SCAEE.





3.4 Implementación del sistema generador de reportes

El Sistema generador de reportes nos permite la interacción directa entre la base de datos y una aplicación Web para obtener Reportes de tipo técnico, administrativo y gerencial.

Las posibilidades de obtener reportes se pueden elegir de acuerdo a:

- Especificación de fecha de inicio y fin de reporte.
- Mes, semana, día posterior inmediato a la fecha de generación del reporte
- Elección de la luminaria de la cual se requiera el reporte de nuestro interés.
- Tipo de reporte requerido: HTML, PDF, XLS y CSV

A continuación se muestra la ventana que nos permite, de manera general, mandar a imprimir los diferentes tipos de formatos para los tres tipos de reportes.

SCAEE
Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica

Reporte Técnico

<< Octubre 2002 >> << Octubre 2002 >>

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Desde: Hasta:

Último Mes Semana Día

Luminaria:

Exportar reporte como:

html
 xls
 csv
 pdf

Llamada general para los tres tipos de reportes en los diferentes formatos

4. DESARROLLO Y PRUEBAS

4.1 Simulación mediante el modelo de prueba

Para la simulación de nuestro sistema, se construyó una maqueta que servirá como modelo de prueba a escala 1:200. Sobre ella se montaron led's que representan a las luminarias reales de acuerdo a su ubicación el plano generado. Cada uno de ellos es colocado sobre un circuito electrónico de prueba, el cual es manipulado mediante cinco bits de entrada que provienen del modem; éste último, recopila datos de acuerdo a la administración del sistema por medio de la página electrónica para después integrar los reportes necesarios. El siguiente esquema nos muestra el diagrama completo de simulación que se ha llevado a cabo:

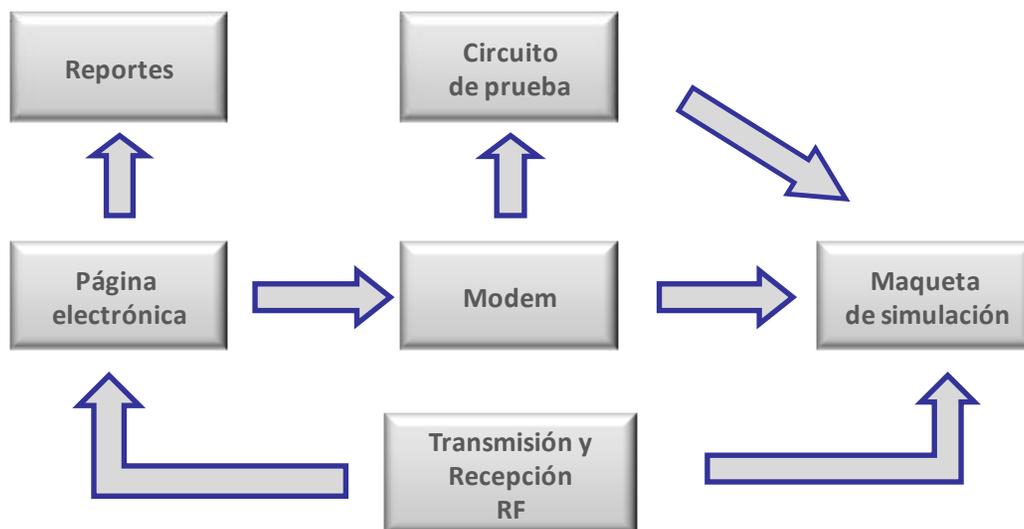


Figura 4.1 – Esquema del modelo de simulación

Circuito electrónico de prueba

Éste circuito está conformado por los siguientes elementos interconectados: un decodificador que posee dos entradas y cuatro salidas (circuito integrado 74LS139); dos decodificadores que pueden acceder a cuatro entradas y proporcionarnos dieciséis salidas (circuito integrado 74HC154) y cuatro latch's S-R que contienen cuatro entradas 'S' negadas y cuatro 'R' negadas entregándonos cuatro salidas por cada uno de los paquetes (circuito integrado 74LS279).

La señal de entrada de este circuito es generada por la página electrónica, la cual se comunica por medio de radiofrecuencia RF a través del modem indicando cual luminaria (representada por los led's de la maqueta) debe ser encendida, apagada o mantenerse en el estado de mantenimiento. El modem actúa directamente sobre el circuito de prueba generando ese tren de bits de entrada para su

manipulación siendo un nivel lógico alto a $5 V_{DC}$ (1 lógico) y un nivel lógico bajo a $0 V_{DC}$ (0 lógico). Dicha señal está conformada por cinco bits (I_0, I_1, I_2, I_3 e I_4), los cuales, a través de los distintos procesos de los circuitos integrados nos entregarán una salida de treinta y dos bits: dieciséis para la condición de encendido y dieciséis para el apagado de los Led's.

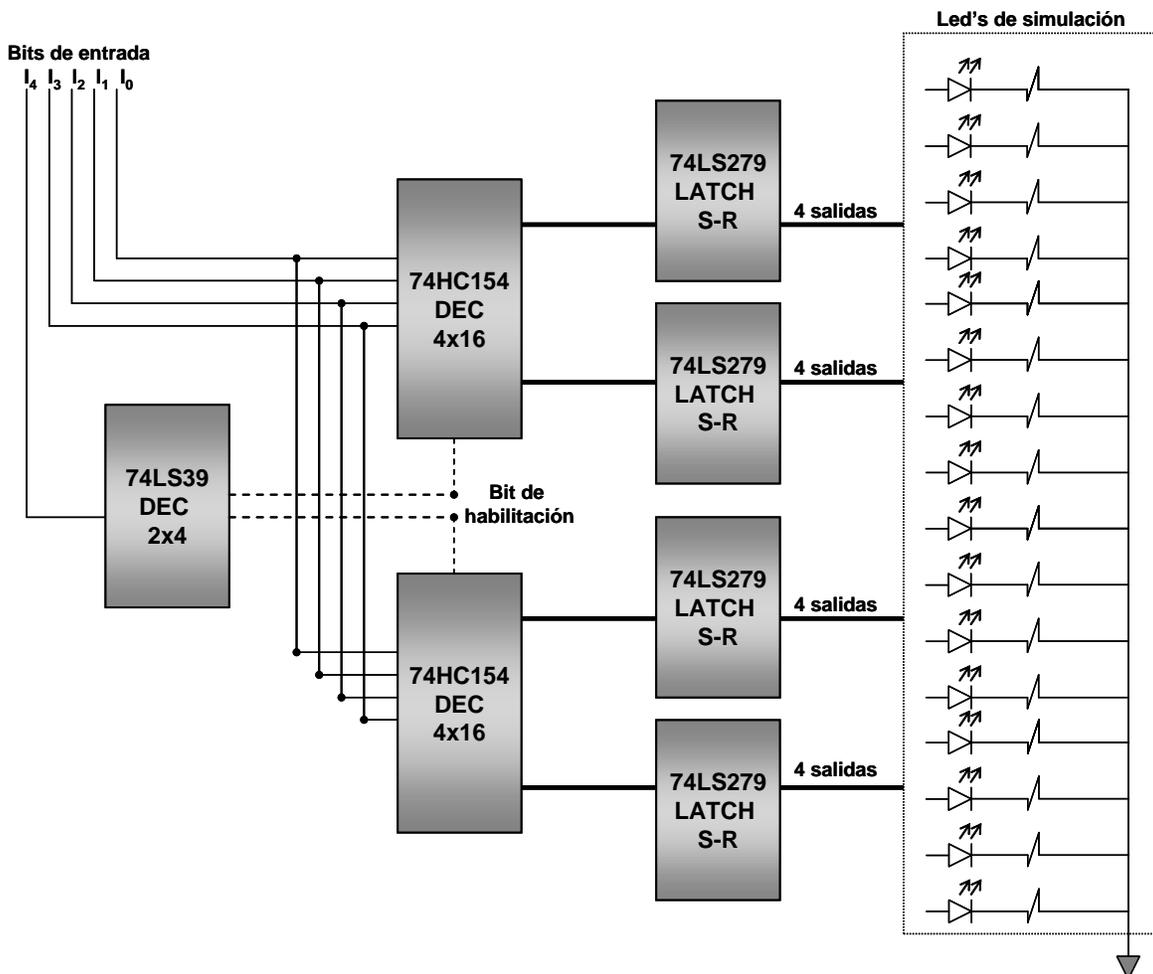
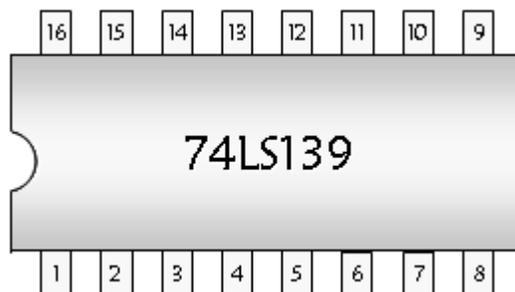


Figura 4.2 – Configuración del circuito de prueba

La función de cada uno de los circuitos integrados es la siguiente:

74LS139 (Dual 1-4 Decoder). El paquete del circuito integrado está conformado por dos decodificadores con una entrada de habilitación, dos entradas y cuatro salidas cada uno; para nuestro caso en particular solo haremos funcionar uno de ellos. Este circuito integrado recibe el bit más significativo (MSB: most significant bit, I_4) de nuestro tren de bits en una de las dos entradas del dispositivo (A_{0a}) y la segunda entrada (A_{1a}) junto con la entrada de habilitación (E_a : enable) se envía directamente a un nivel lógico bajo, ya que éste último debe ser polarizado de esa manera para habilitar alguna de las cuatro salidas.



Al polarizar el dispositivo y darle esas señales de entrada, logramos habilitar únicamente una de de salida en nivel lógico bajo, mientras que las demás permanecerán en nivel lógico alto; para nuestro caso, esto nos ayuda a que el circuito integrado actúe como un switch. De acuerdo a su tabla de verdad las salidas se habilitan en un nivel lógico bajo (O_{0a} y O_{1a}) y se conectan directamente al siguiente circuito integrado.

Tabla de verdad						
Estradas			Salidas			
\bar{E}	A_0	A_1	\bar{O}_0	\bar{O}_1	\bar{O}_2	\bar{O}_3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H: Nivel lógico alto
 L: Nivel lógico bajo
 X: No importa

Con ello, el MSB de nuestro tren de bits de entrada se convierte en el determinante para encender los Led's de la maqueta si se encuentra en un nivel lógico alto y, a su vez, apagarlos si se encuentra en un nivel lógico bajo.

Estas salidas se conectan por separado a cada uno de los decodificadores 74HC154, las cuales nos sirven para habilitar uno y solamente uno de ellos.

74HC154 (4-16 line Decoder). Este dispositivo tiene una función similar al anterior. A partir de sus cuatro entradas nos habilita dieciséis salidas pero solo una a la vez. El paquete está integrado por dos entradas de habilitación (E_0 y E_1) y cuatro entradas (A_0 , A_1 , A_2 y A_3), generando dieciséis salidas (de Y_0 a Y_{15}).

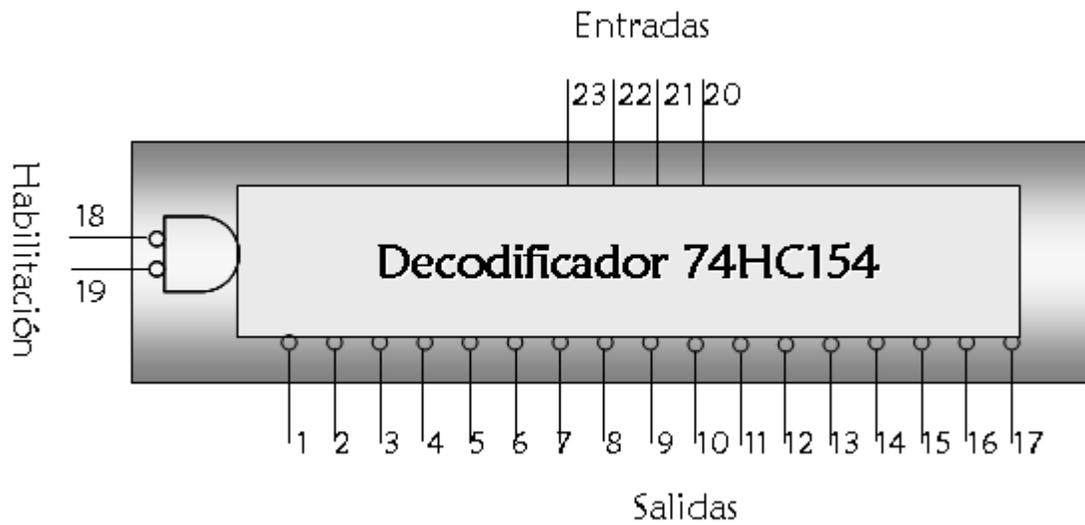


Tabla de verdad

Hab.		Entradas				Salidas																	
\bar{E}_0	\bar{E}_1	A_0	A_1	A_2	A_3	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H

H: Nivel lógico alto
 L: Nivel lógico bajo
 X: No importa

Cada una de las salidas del primer decodificador se conecta directamente a las entradas de habilitación (E_0) de cada uno de los segundos decodificadores; ya que siempre tendremos una única salida en nivel lógico bajo del primer decodificador, esto implica que se habilitara solamente uno de los segundos decodificadores a la vez, proporcionándonos el switch ya mencionado. De acuerdo a la tabla de verdad del segundo decodificador, la segunda entrada de habilitación (E_1) de dicho dispositivo se conecta directamente a tierra o nivel lógico bajo, para proporcionarnos la habilitación del dispositivo. La combinación de los cuatro bits restantes de nuestro tren de bits de entrada nos sirve para determinar cuál de las salidas será habilitada. Así, tendremos los dieciséis bits que corresponden al encendido y dieciséis de apagado.

74LS279 (Cuadruple S-R Latch). Este dispositivo contiene cuatro circuitos individuales de Ajuste-Reinicio (Set-Reset) activados por un nivel lógico bajo y una salida única (Q). Con ellos podemos colocar dos de las salidas de los decodificadores anteriores, una de encendido y otra de apagado, en dichas entradas S o R, con lo que logramos una única salida Q para cada uno de los Led's.

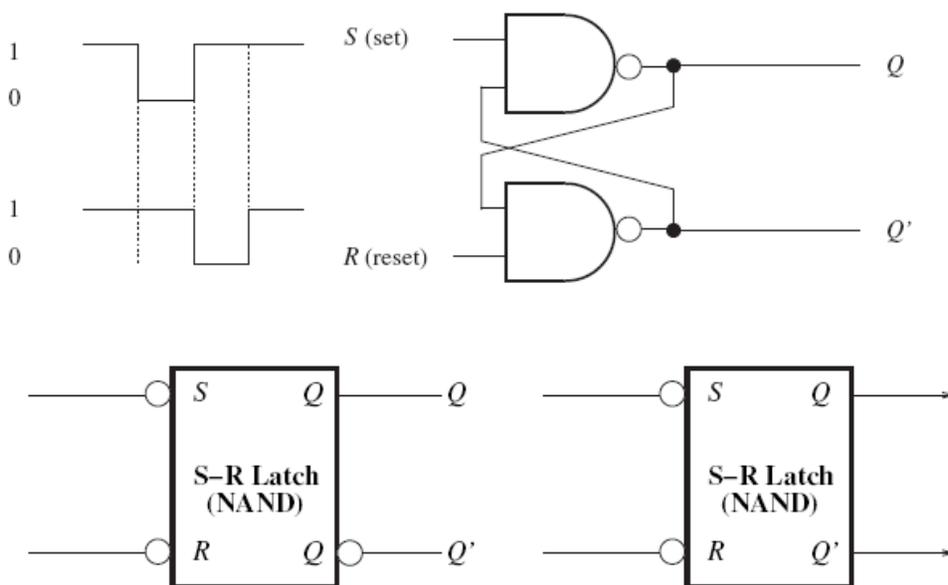


Tabla de verdad		
Entradas		Sal.
S	R	Q
L	L	H
L	H	H
H	L	L
H	H	Q_0

H: Nivel lógico alto

L: Nivel lógico bajo

Q_0 : Nivel de salida anterior



Desarrollo y pruebas

Los decodificadores nos entregan una única salida en nivel lógico bajo, manteniendo las demás en un nivel lógico alto. A partir de la tabla de verdad de los Latch's, observamos que habrá cambio en el estado de la salida sólo si alguna de las entradas (S o R) cambia a un nivel lógico bajo; es decir, si encendemos un Led, al encender o apagar el siguiente, se mantendrá el nivel lógico de salida del primero. La tabla de verdad de todo el circuito de prueba descrito es la siguiente:

Entradas					Salida	
I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	O	Función
0	0	0	0	0	0	Apaga LD-01
0	0	0	0	1	0	Apaga LD-02
0	0	0	1	0	0	Apaga LD-03
0	0	0	1	1	0	Apaga LD-04
0	0	1	0	0	0	Apaga LD-05
0	0	1	0	1	0	Apaga LD-06
0	0	1	1	0	0	Apaga LD-07
0	0	1	1	1	0	Apaga LD-08
0	1	0	0	0	0	Apaga LD-09
0	1	0	0	1	0	Apaga LD-10
0	1	0	1	0	0	Apaga LD-11
0	1	0	1	1	0	Apaga LD-12
0	1	1	0	0	0	Apaga LD-13
0	1	1	0	1	0	Apaga LD-14
0	1	1	1	0	0	Apaga LD-15
0	1	1	1	1	0	Apaga LD-16
1	0	0	0	0	1	Enciende LD-01
1	0	0	0	1	1	Enciende LD-02
1	0	0	1	0	1	Enciende LD-03
1	0	0	1	1	1	Enciende LD-04
1	0	1	0	0	1	Enciende LD-05
1	0	1	0	1	1	Enciende LD-06
1	0	1	1	0	1	Enciende LD-07
1	0	1	1	1	1	Enciende LD-08
1	1	0	0	0	1	Enciende LD-09
1	1	0	0	1	1	Enciende LD-10
1	1	0	1	0	1	Enciende LD-11
1	1	0	1	1	1	Enciende LD-12
1	1	1	0	0	1	Enciende LD-13
1	1	1	0	1	1	Enciende LD-14
1	1	1	1	0	1	Enciende LD-15
1	1	1	1	1	1	Enciende LD-16

Tabla 4.1 – Tabla de verdad del circuito completo

Maqueta de simulación

Una vez implementado el circuito electrónico, se procedió a hacer la conexión con la maqueta de simulación que, como ya se menciona es un modelo a escala 1:200 que representa las luminarias del sistema propuesto de iluminación por medio de tecnología LED, situadas en el estacionamiento del edificio principal de la Facultad de Ingeniería y el CELE, como se muestra en la siguiente imagen:

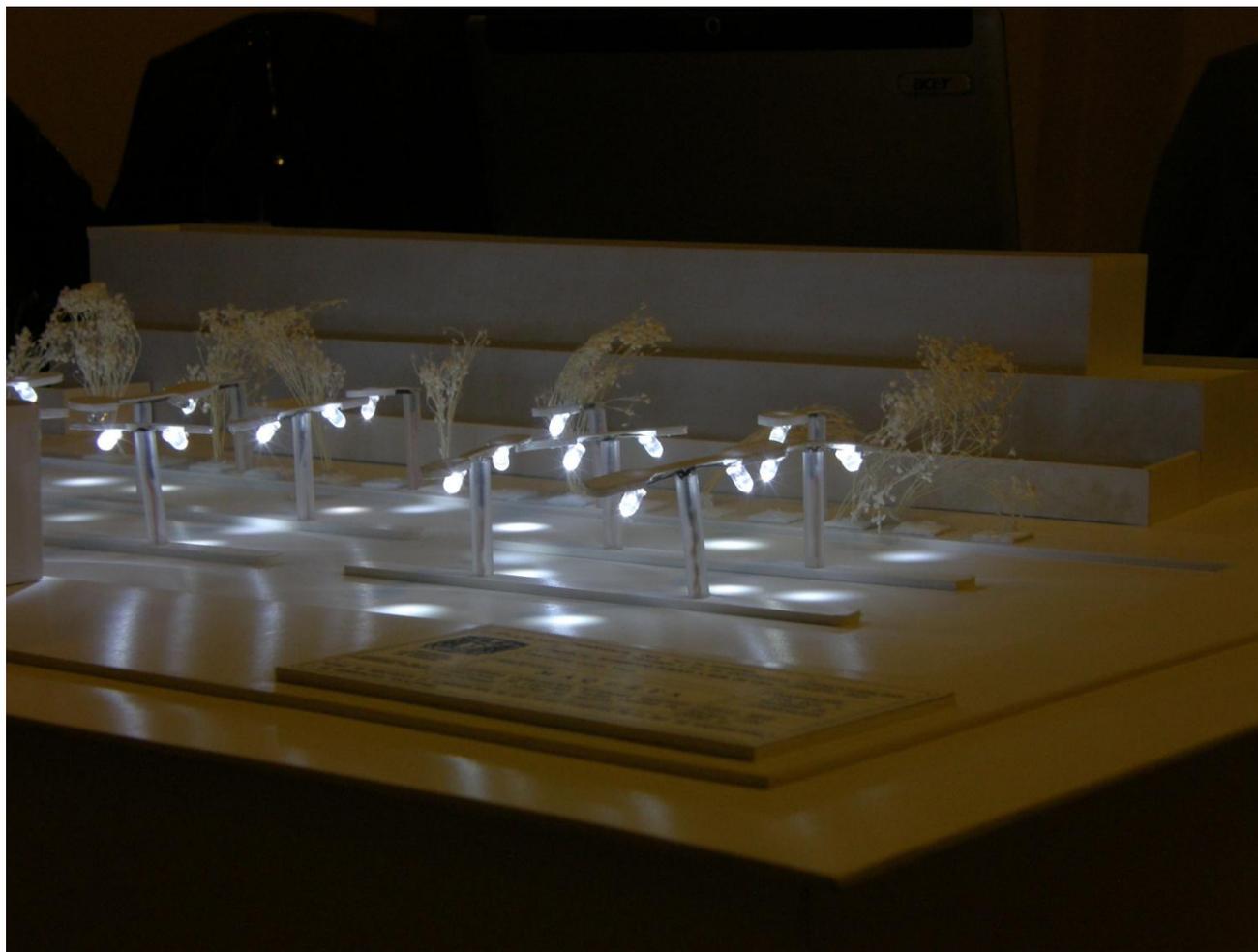
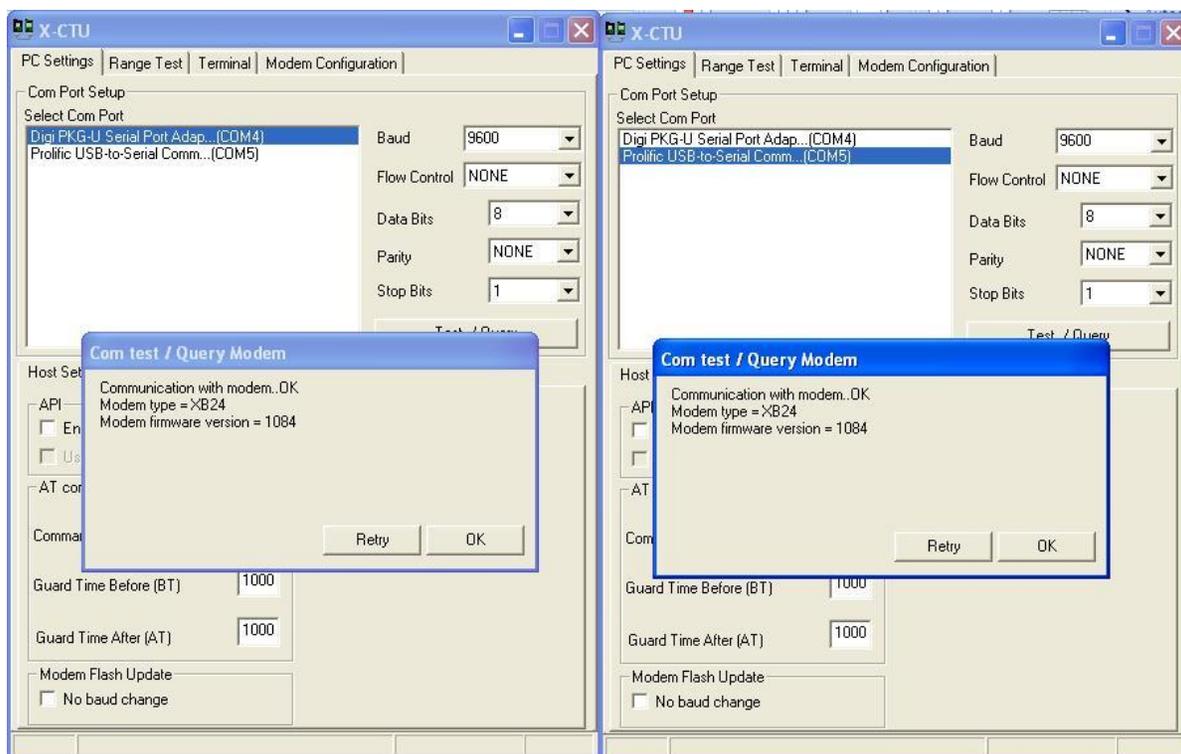


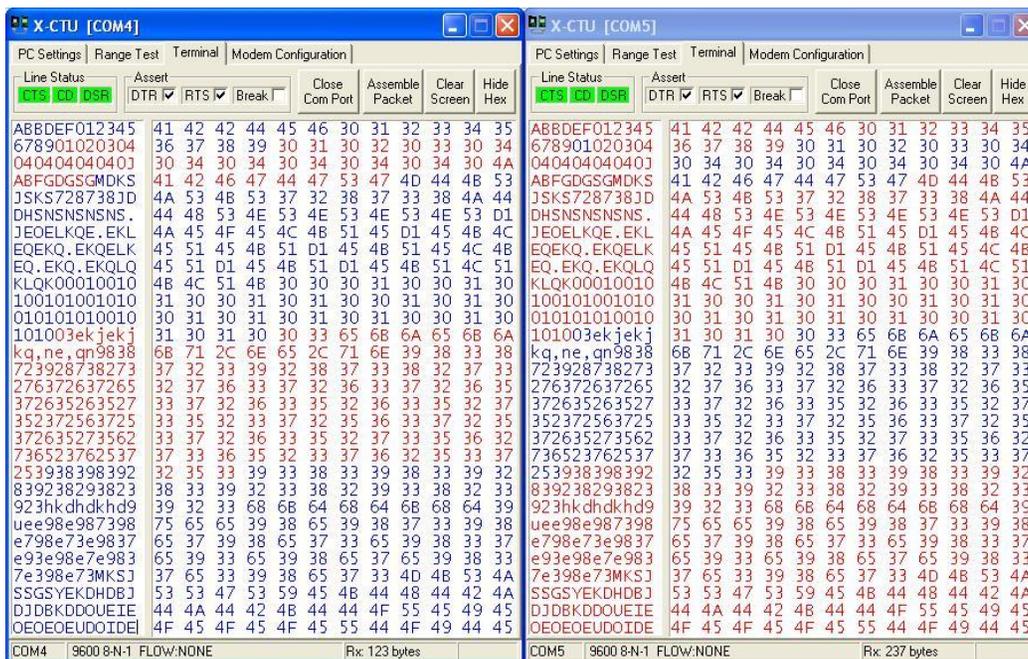
Figura 4.3 – Vista lateral de la maqueta de simulación con las luminarias encendidas

4.2 Comunicación, administración y almacenamiento

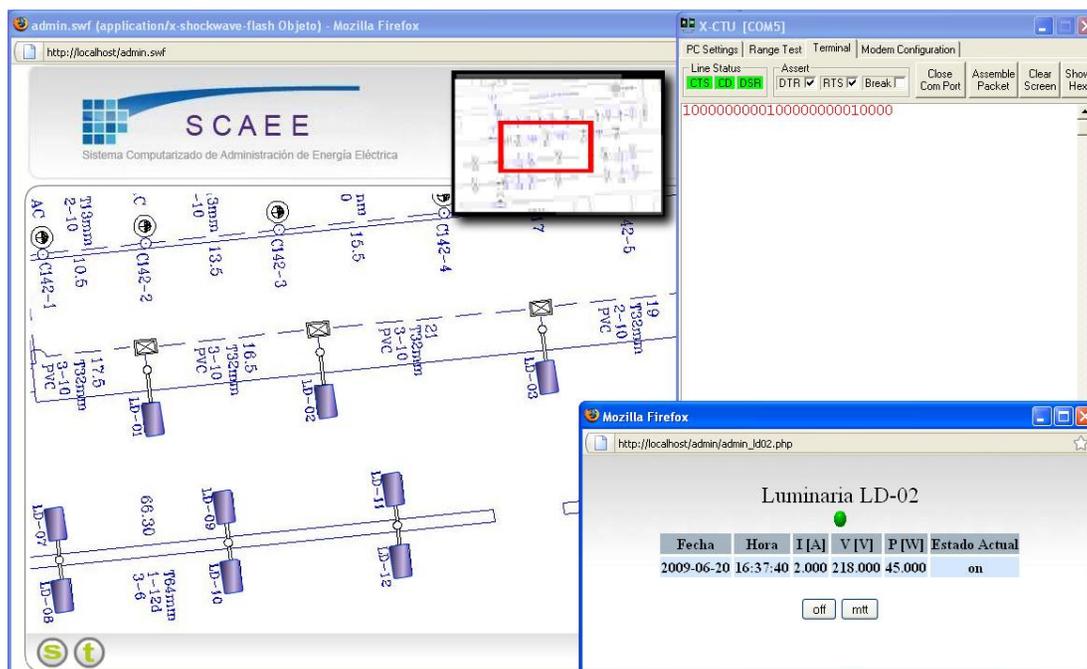
Para el sistema de comunicación se realizaron tres pruebas:

1. Envío y recepción de datos entre emisor y receptor. Se realizó una prueba de comunicación entre los modems conectados desde una sola computadora a través de los puertos de la misma (COM4 y COM5); en este sentido se ha enviado una prueba de conexión para obtener una correcta comunicación desde la tarjeta transmisora a la tarjeta receptora, misma que se comprobó desde la pantalla de la computadora a través del software de simulación de las tarjetas. Los resultados de esta prueba nos indican que existe comunicación de manera inalámbrica y bidireccional entre el master Server y ambos modems. El color azul de los caracteres enviados nos muestra el envío de la información, mientras que los datos en rojo nos muestran la recepción de los mismos.





2. Envío y recepción de datos entre emisor y receptor a partir de la página electrónica. Se hace en envío y recepción inalámbrica de envío de datos desde el modem transmisor hacia el modem receptor a partir de la página electrónica:



En esta prueba de comunicación se enviaron los datos correspondientes al encendido, apagado y puesta en mantenimiento de la luminaria LD-02. Estos datos son actualizados e ingresados en la base de datos correspondiente.

3. Envío y recepción de datos entre emisor-receptor y maqueta de prueba. La tercera prueba se realiza conectando todo el circuito y haciendo la administración simulada desde la página electrónica hacia el circuito de prueba que enciende los Led's de la maqueta. En esta ocasión el sistema permite hacer la administración con fines de demostración sólo encendiendo, apagando o mandando las luminarias a mantenimiento; en un sistema real se tendrías las aplicaciones completas.



Figura 4.4 – Vista de planta de la maqueta simulando un ambiente nocturno



4.3 Generación de reportes

De acuerdo a lo mostrado en el capítulo 3, el sistema generador de reportes nos da la pauta para definir el tipo de reporte que se necesite, de acuerdo al tipo de usuario que se trate y, a la vez, nos permite definir diferentes formatos de los reportes con el fin de que las personas que los revisen tengan la información necesaria. Así, un técnico, un administrador o una persona totalmente ajena al manejo de información técnica, tendrá las opciones necesarias para la interpretación de dicha información.

Reporte Técnico. Es el principal de nuestros reportes ya que será analizado por un técnico especializado en cuestiones de mantenimiento de equipo. A continuación se muestra un ejemplo de reporte sobre el comportamiento de una luminaria en un día de operación.



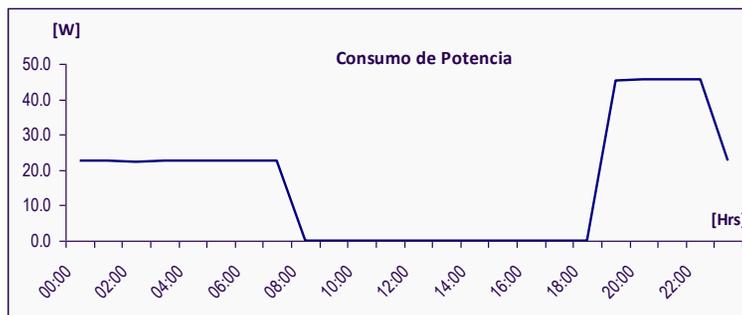
Reporte Técnico

Datos nominales

Potencia: 45.5 [W]
Corriente: 0.200 [A]
Tensión: 220 [V]

Datos de identificación

Fecha: Marzo 9, 2009
Hora: 02:57 Hrs
Luminarias: LD-01
Tipo: LED
Estado actual: ON





Hora	Potencia [W]	Corriente consumida [A]	Tensión de operación [V]
00:00	22.7	0.098	219
01:00	22.6	0.101	218
02:00	22.4	0.099	220
03:00	22.5	0.100	221
04:00	22.7	0.097	219
05:00	22.6	0.098	220
06:00	22.6	0.097	220
07:00	22.5	0.096	221
08:00	0.0	0.000	222
09:00	0.0	0.000	223
10:00	0.0	0.000	221
11:00	0.0	0.000	221
12:00	0.0	0.000	219
13:00	0.0	0.000	218
14:00	0.0	0.000	219
15:00	0.0	0.000	219
16:00	0.0	0.000	221
17:00	0.0	0.000	220
18:00	0.0	0.000	220
19:00	45.4	0.198	222
20:00	45.6	0.199	221
21:00	45.5	0.200	221
22:00	45.6	0.201	220
23:00	22.5	0.096	220

Porcentaje de variación medida

Potencia: 0.220% 20:00 hrs
Corriente: 1.000% 19:00 hrs
Tensión: 0.909% 01:00 hrs

Funcionamiento: Correcto



Reporte administrativo. Nos muestra solo los datos necesarios para identificar el funcionamiento de una luminaria en particular. La información mostrada es muy sencilla con el fin de que cualquier persona que cuente con un privilegio especial tenga acceso al mismo.



Reporte administrativo

Fecha: **Marzo 9, 2009**
Hora: **2:57 hrs**
Luminaria: **LD-01**
Tipo: **LED 45.5 W**

Potencia de Operación: **45.4 W**
Corriente de Operación: **0.198 A**
Tensión de Operación: **205.3 V**
Estado Actual: **ON**

Hora	Consumo [W]
00:00	22.7
01:00	22.6
02:00	22.5
03:00	22.7
04:00	22.6
05:00	22.6
06:00	22.5
07:00	0
08:00	0
09:00	0
10:00	0
11:00	0

Hora	Consumo [W]
12:00	0
13:00	0
14:00	0
15:00	0
16:00	0
17:00	0
18:00	45.4
19:00	45.3
20:00	45.5
21:00	45.6
22:00	45.4
23:00	22.9





5. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

5.1 Evaluación del proyecto

Para la implementación del proyecto es necesario realizar una evaluación económica con el fin de apreciar los beneficios en cuanto al ahorro energético y económico. Así, se han realizado los estudios correspondientes con el fin de encontrar las tres variables económicas que nos proporcionarán la información de cuando el sistema comenzaría a generarse dicho ahorro; estas variables son los costos fijos, los costos variables y el punto de equilibrio.

Estudio económico.

Costos fijos. Para comenzar el estudio, es necesario definir cuáles son los costos fijos que tendrá nuestro sistema. Los elementos que conforman dichos costos son:

Materias primas. Son los materiales que forman parte del producto terminado. En nuestro caso, las materias primas serán:

- **Equipo de cómputo.** Está conformado por el servidor (Master Server), los programas de cómputo necesarios¹, además del uso de una impresora y el equipo de almacenamiento.
- **Equipo de comunicación.** Lo conforman las antenas receptoras y transmisoras, el modem de comunicación².
- **Luminarias.** Para la aplicación del sistema propuesto con luminarias ahorradoras de energía de tecnología LED, es necesario incluirlas como materias primas; además se deberán incluir los materiales que se necesitan para colocar dichas luminarias como son los postes y el cableado.

Mano de obra. Es la que se utiliza para transformar la materia prima en producto terminado. En nuestro caso se requiere de programadores para la manipulación del equipo de cómputo, técnicos para la colocación de las antenas en los sistemas de comunicación y la colocación de las luminarias en los respectivos postes.

Materiales indirectos. Forman parte de la presentación del producto terminado, sin embargo, no es necesaria su compra para la implementación del sistema. En este sentido tenemos los sensores de intensidad de luz (luxómetros), medidores de tensión, corriente y potencia (multímetros).

¹ Las características técnicas se describen en el capítulo 2 subcapítulo 2.3

² El equipo de comunicación está descrito en el capítulo 3, subcapítulo 3.1



Costos de implementación del sistema

Costos variables. Dentro de los costos variables que afectan tanto al sistema actual como al propuesto, tenemos los siguientes:

Costos de la compañía suministradora de energía. Las empresas suministradoras de energía en nuestro país son dos: Luz y Fuerza del Centro (LyFC) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Dichas empresas tabulan sus tarifas de energía eléctrica de acuerdo al uso que se destine, lo cual implica que se tenga una gran variedad de las mismas dependiendo del nivel de tensión de utilización y de la ubicación del lugar de consumo. De acuerdo a esto, las tarifas destinadas al servicio de alumbrado público en la ciudad de México se rigen bajo las siguientes reglas:

1.- **Aplicación.** *Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio a semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos. En las zonas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara, definiéndose éstas como las señaladas en la Segunda Resolución de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que reforma y adiciona a la que establece reglas generales y otras disposiciones de carácter fiscal para el año de 1989, en su regla 81-A, y en la Cuarta Resolución que reforma, adiciona y deroga algunas disposiciones de la que establece reglas generales y otras disposiciones de carácter fiscal para el año de 1989, publicadas en el Diario Oficial de la Federación, los días 2 de mayo y 26 de junio de 1989, respectivamente.*

2.- **Horario.** *Del anochecer al amanecer del día siguiente, excepto el servicio a semáforos; o el que se establezca en los convenios que en cada caso suscriban las partes contratantes.*

3.- **Cuotas aplicables entre los meses de Diciembre de 2007 y Diciembre de 2008.**

*Cargo por la energía consumida en los servicios suministrados en **media tensión**
\$ 1.934 por cada kilowatt-hora.*

*Cargo por la energía consumida en los servicios suministrados en **baja tensión**
\$ 2.302 por cada kilowatt-hora.*

4.- **Mínimo mensual.** *La cantidad que resulte de aplicar las cuotas correspondientes al consumo equivalente a 4 horas diarias del servicio de la demanda contratada.*

5.- **Consumo de energía.** *Normalmente se medirán los consumos de energía, aunque en los contratos respectivos se establecerán el o los procedimientos para determinar el consumo de energía, de acuerdo con las características en que se efectúe el suministro de servicio y de conformidad con las normas aplicables.*

6.- **Demanda por contratar.** *La demanda por contratar corresponderá al 100% de la carga conectada. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.*

7.- **Reposición de lámparas.** *El prestador del servicio deberá reponer las lámparas, los aparatos y materiales accesorios que requiera la operación de las mismas.*



Costos de implementación del sistema

Tratándose de alumbrado público, cuando el suministrador esté de acuerdo en tomar a su cargo la reposición de las lámparas y dispositivos necesarios, se fijará en los contratos la forma para el cobro de los gastos que origine este servicio adicional al del suministro de energía.

8.- Depósito de garantía. *Será 4 veces el mínimo mensual aplicable.*

Nota:

Se continuará con la aplicación de un factor de ajuste mensual acumulativo de 1.00483 establecido en el ARTÍCULO SEGUNDO del acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de enero del 2003. En todos los casos los ajustes mensuales serán aplicados a partir del día primero de cada mes.

De acuerdo a la lectura anterior, el costo para nuestro sistema implementado, tanto el actual como el propuesto, es de:

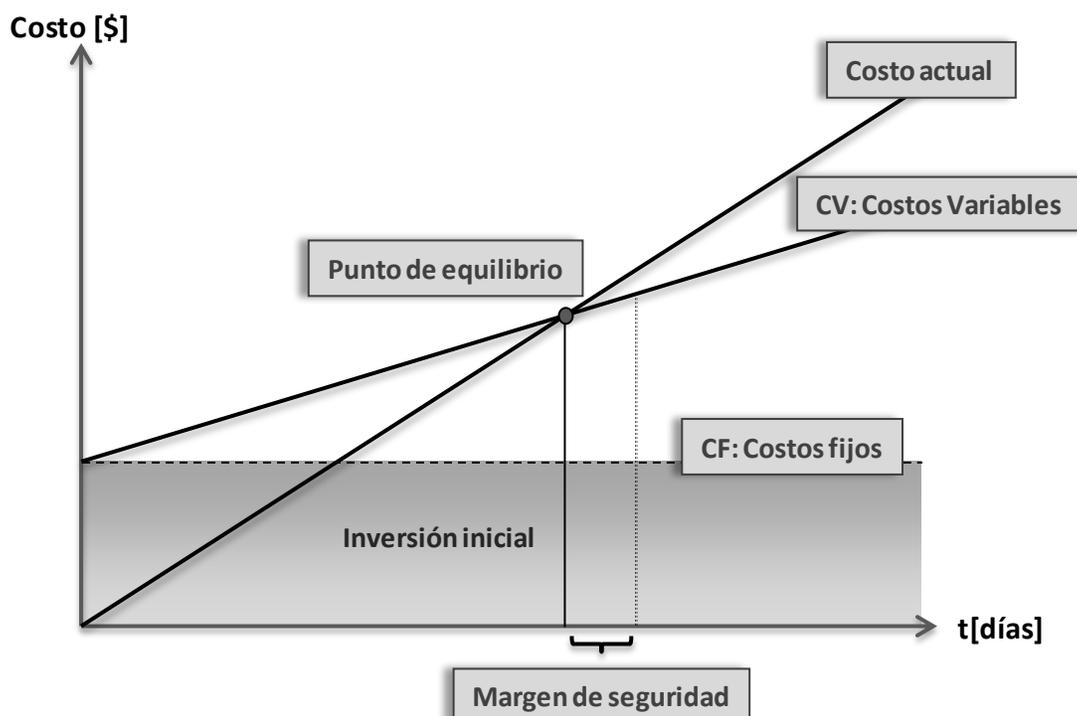
\$ 2.302 por cada kilo watt-hora.

Punto de equilibrio

El estudio del punto de equilibrio nos ayuda a definir las relaciones entre los costos fijos (Inversión inicial), los costos variables y los beneficios logrados después de la implementación del sistema. En este sentido, al aplicar el sistema tanto a las luminarias actuales como la implementación de un nuevo sistema de iluminación, se obtendrán las gráficas que nos indican en qué momento del tiempo la inversión inicial es amortizada y se comenzarán a ver los beneficios económicos.

Para el cálculo del punto de equilibrio se consideran los costos fijos (CF) y los costos variables (CV), siendo ese punto el lugar donde se igualan las líneas que representan el costo total del proyecto y el costo actual. Aquí el Costo Total (CT), incluye la suma de los costos fijos, los costos variables y el costo de la energía eléctrica para la primera línea, mientras que la segunda será la comparación del pago actual por concepto de energía eléctrica.

A estos cálculos agregamos un margen de seguridad, debido a que los costos variables pueden sufrir modificaciones, por ejemplo, con respecto al tipo de cambio del dólar ya que el equipo que se va a comprar esta determinado de acuerdo a esa moneda.



Gráfica 5.1 – Descripción de los factores para obtener el punto de equilibrio

5.2 Estudio económico de la implementación del sistema con luminarias actuales

En este punto realizamos un comparativo real entre el consumo de energía eléctrica del sistema actual y cuál sería el ahorro energético y económico que nos representaría la implementación del SCAEE utilizando las luminarias de vapor de sodio de alta presión que existen actualmente.

Análisis comparativo del sistema actual y la aplicación de un SCAEE

1. Determinación de los costos fijos.

Para la determinación de este parámetro realizamos un estudio comparativo con el objetivo de determinar los materiales necesarios para dicha implementación y obtener así la inversión inicial del proyecto. Para ello, de acuerdo a las especificaciones técnicas de los requerimientos mostrados en el capítulo dos de este trabajo, se concluyó lo siguiente:



Inversión inicial	
Concepto	Costo Total (\$)
Servidor	\$ 22,000.00
Antenas y modem (28)	\$ 32,000.00
Mano de obra	\$ 50,000.00
Otros	\$ 20,000.00
Circuito de sensores lumínicos (28)	\$ 500.00
Sensores de medición de corriente (28)	\$ 5,600.00
Total:	\$ 130,100.00

Tabla 5.1 - Inversión inicial

Nota 1. Los costos de mano de obra han quedado determinados de acuerdo a los costos que se pagaría a un programador por el sistema; en el rubro de otros se muestran las variaciones que pudiera haber por el tipo de cambio del dólar; Los datos técnicos de los sensores que medirán las variables eléctricas se encuentran en la sección de anexos.

Nota 2. Todos los costos están basados a los precios del mes de Mayo de 2009.

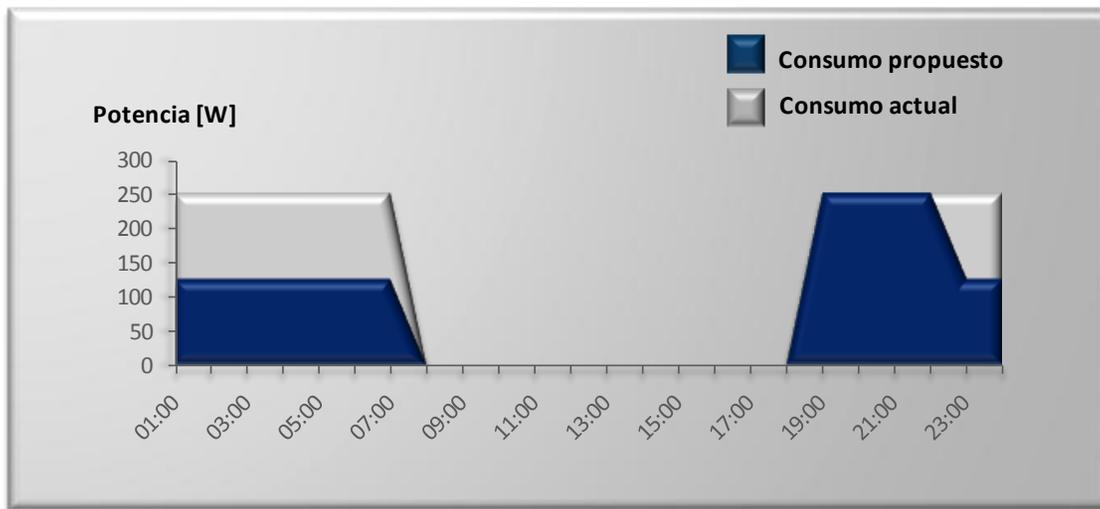
2. Determinación de los costos variables

Tomamos el consumo diario de una luminaria actual y lo comparamos con el consumo propuesto al implementar el sistema, obteniendo los siguientes resultados:



Luminaria C140-2		
Hora	Consumo actual [W]	Consumo propuesto [W]
01:00	250	125
02:00	250	125
03:00	250	125
04:00	250	125
05:00	250	125
06:00	250	125
07:00	250	125
08:00	0	0
09:00	0	0
10:00	0	0
11:00	0	0
12:00	0	0
13:00	0	0
14:00	0	0
15:00	0	0
16:00	0	0
17:00	0	0
18:00	0	0
19:00	250	250
20:00	250	250
21:00	250	250
22:00	250	250
23:00	250	125
00:00	250	125
TOTAL:	3250	2125

Tabla 5.2 - Consumo de la Luminaria C140-2 a partir de la aplicación del sistema propuesto



Gráfica 5.2 – Consumo diario de la luminaria C140-2

Las consideraciones del sistema aplicado son las siguientes:

- El sistema actual presenta 10 luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP), 6 de doble brazo ubicados en el estacionamiento de alumnos y 4 de poste punta ubicados en el paso de estudiantes entre el edificio principal de la Facultad de Ingeniería y el estacionamiento de alumnos
- El encendido de las luminarias actual se realiza de manera automática a las 19:00 horas del día y se apagan a las 7:00 horas del día siguiente.
- El SCAEE implementado administra el encendido de las luminarias a cualquier hora del día, por lo cual se podrían colocar sensores ambientales en cada uno de las luminarias que enviarán la información referente a las condiciones de luminosidad ambiental, lo cual genera que en condiciones de mayor luz del día (época de verano), las luminarias permanezcan encendidas menor tiempo.
- De acuerdo a las especificaciones de las normas mencionadas en el capítulo 2, podemos variar la iluminancia promedio que existe en nuestro estacionamiento de acuerdo a las condiciones de tráfico vehicular y movimiento de personas. Las luminarias de VSAP solo permiten el estado de encendido o apagado; esto implica que nuestro sistema apaga una de las dos luminarias del doble brazo durante un día normal de operación, apagando la otra al siguiente día únicamente siendo las horas de menor tráfico vehicular del estacionamiento entre las 23:00 y las 7:00 horas del día; esto implica disminuir a la mitad el consumo de energía de dichas luminarias en ese horario y por ende una disminución del pago por este servicio.

El consumo total diario del sistema actual y del sistema aplicado sería el siguiente:

Carga total:

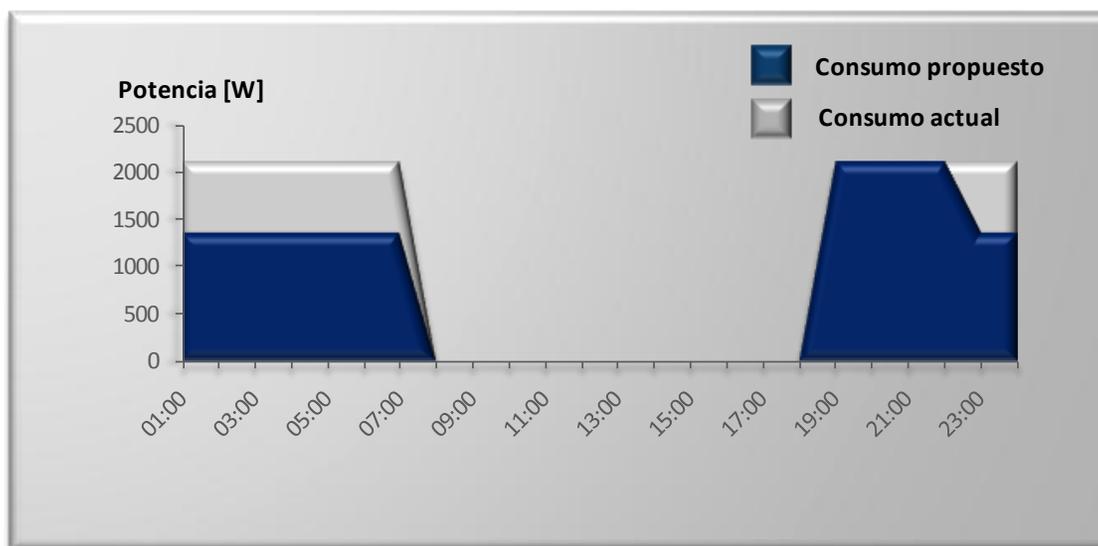
Luminarias VSAP doble brazo: 1500 [W]

Luminarias VSAP tipo poste punta: 600 [W]



Carga total diaria			
Hora	Consumo actual [W]	Consumo propuesto [W]	Ahorro [W]
01:00	2100	1350	750
02:00	2100	1350	750
03:00	2100	1350	750
04:00	2100	1350	750
05:00	2100	1350	750
06:00	2100	1350	750
07:00	2100	1350	750
08:00	0	0	0
09:00	0	0	0
10:00	0	0	0
11:00	0	0	0
12:00	0	0	0
13:00	0	0	0
14:00	0	0	0
15:00	0	0	0
16:00	0	0	0
17:00	0	0	0
18:00	0	0	0
19:00	2100	2100	0
20:00	2100	2100	0
21:00	2100	2100	0
22:00	2100	2100	0
23:00	2100	1350	750
00:00	2100	1350	750
TOTAL:	27300	20550	6750

Tabla 5.3 - Comparación la carga total diaria actual y con la aplicación del sistema propuesto



Gráfica 5.3 – Carga total de consumo diario

De acuerdo a la tabla y gráfica mostradas, el estudio comparativo del consumo de energía del sistema actual y el propuesto son los siguientes:

Consumo Total diario:

Sistema actual: 655.2 kWh

SCAEE implementado: 493.2 kWh

Memoria de cálculo aplicada:

CD: Consumo Diario

Ct: Carga total del grupo de luminarias

CCD: Costo por consumo diario

CM: Consumo mensual

CCM: Costo por consumo mensual

CA: Consumo Anual

CCA: Costo por Consumo Anual

$$CD = (Ct)(24)$$

$$CCD = (2.302)(CD)$$

$$CM = (30)(CD)$$

$$CCM = (2.301)(CM)$$



Costos de implementación del sistema

$$CA = (365)(CD)$$

$$CCA = (2.301)(CA)$$

	Consumo Diario [kWh]	Costo por consumo diario [\$]	Consumo Mensual [kWh]	Costo por consumo Mensual [\$]	Consumo Anual [kWh]	Costo por consumo Anual [\$]
Sistema actual	655.20	\$1,508.27	19,656.00	\$45,248.11	239,148.00	\$550,518.70
SCAEE	493.20	\$1,135.35	14,796.00	\$34,060.39	180,018.00	\$414,401.44
Ahorro	162.00	\$372.92	4,860.00	\$11,187.72	59,130.00	\$136,117.26

Tabla 5.4 - Comparación del consumo total y el costo total diario, mensual y anual a partir de la aplicación del sistema propuesto

3. Determinación del punto de equilibrio:

Con los datos obtenidos, realizamos las gráficas de las líneas de consumo-costo actual y sugerido con el fin de localizar nuestro punto de equilibrio. De aquí se desprende lo siguiente:

Memoria de cálculo

Los cálculos hechos para determinar el punto de equilibrio se tomaron de los datos del consumo total de energía eléctrica a lo largo de un año (consumo anual) y los costos generados en el mismo periodo de tiempo. Así, tenemos lo siguiente:

Ecuación de la recta de las luminarias actuales

$$y = mx + b, \text{ siendo } b = 0$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{550518.70}{365} = 1508.2704, \text{ por lo que la ecuación de la recta es:}$$

$$y = 1508.2704x$$

Ecuación de la recta de las luminarias actuales más el sistema SCAEE

$$y = mx + b, \text{ siendo } b = 130100$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{(557511.44) - (130100)}{365} = 1170.4903$$



Costos de implementación del sistema

Por lo que la ecuación de la recta es:

$$y = 1170.4903x + 130100$$

Al igualar ambas ecuaciones obtenemos el punto de equilibrio, el cual será:

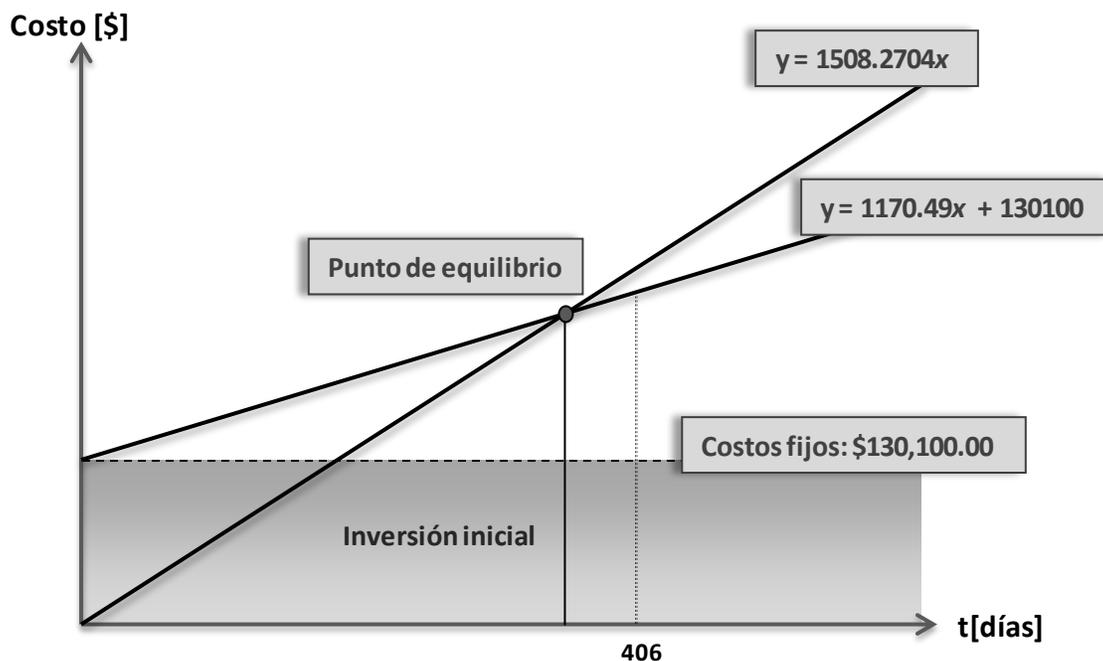
$$1508.2704x = 1170.4903x + 130100$$

$$x = \frac{130100}{1508.2704 - 1170.4903} = 385.73$$

Aplicando el margen de seguridad del 5% tenemos:

$$x = (1.05)(385.73) = 405.016$$

Concluimos entonces que la inversión inicial del sistema aplicado a las luminarias actuales será amortizada una vez que pasen 406 días y que, a partir de este punto, el ahorro energético y económico será de 24% en relación con el pago actual que se hace por dicho rubro.



Gráfica 5.4 – Punto de equilibrio



5.3 Estudio económico de la implementación del sistema con luminarias de tecnología LED

Análisis comparativo del sistema actual y la aplicación de un SCAEE con luminarias de tecnología LED

1. Determinación de los costos fijos. Se realizó un estudio comparativo con el objetivo de determinar los costos fijos y obtener así la inversión inicial del proyecto. Para ello, de acuerdo a las especificaciones técnicas de los requerimientos mostrados en el capítulo dos de este trabajo, se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla:

Inversión inicial	
Concepto	Costo Total (\$)
Servidor	\$ 22,000.00
Antenas y modem (28)	\$ 32,000.00
Mano de obra	\$ 50,000.00
Otros	\$ 20,000.00
Luminarios	\$ 94,080.00
Circuito de sensores lumínicos (28)	\$ 500.00
Sensores de medición de corriente (28)	\$ 5,600.00
Total:	\$ 224,180.00

Tabla 5.5 – Inversión inicial con el uso de tecnología LED

Costos por el uso de tecnología LED. De acuerdo a dicho estudio se buscaron las luminarias que se adaptaran a las necesidades del sistema, de acuerdo a sus características mostradas a continuación:

Características Eléctricas y mecánicas:

Peso: 3.250 kg

Resistencia al viento: 150 km/h

Temperatura de operación: desde -25°C hasta +55°C

Humedad de operación: de 0 a 100 %

Cantidad de Led's: 36



Costos de implementación del sistema

Potencia nominal: 45.5 W

Tensión de operación: 90-264 V_{AC}

Corriente nominal a 220 V_{AC}: 0.2 A

Factor de potencia: 0.95 (-)

Vida útil estimada: 50,000 horas

Características Fotométricas:

Iluminancia promedio: 14 luxes a 7 m de altura

Distancia máxima entre postes: 16 m



Fuente: Grupo ECOS lighting

El costo promedio de cada uno de los equipos para este sistema de alumbrado público es de 240 dls. Si manejamos un tipo de cambio promedio de \$14.00 pesos por cada dólar (tomando el tipo de cambio promedio del año), el costo de cada una de las luminarias será:

\$ 3,360.00 pesos por cada equipo.

Si en este sistema de alumbrado se espera cambiar los existentes y colocar 28 unidades a lo largo del estacionamiento, entonces el costo de inversión de este tipo de tecnología para nuestro proyecto en particular será:

\$ 94,080.00 pesos

Costos de mantenimiento

El costo de mantenimiento queda determinado a partir de los costos totales de inversión, en este caso se toma el 10% de dicho costo, por lo que el total será:

\$22,418.00 pesos

2. Determinación de los costos variables

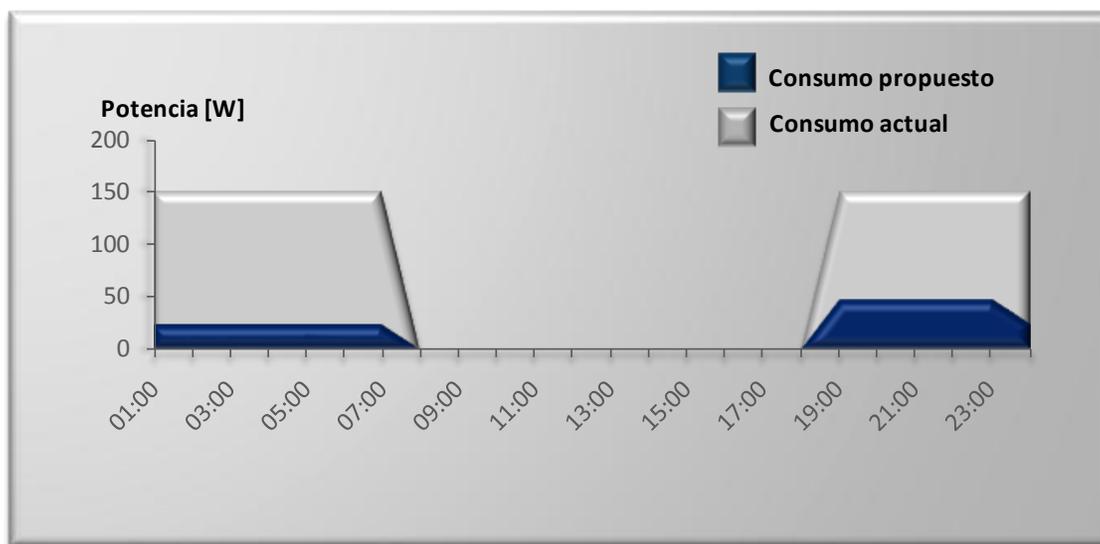


Costos de implementación del sistema

Al implementar el uso de la tecnología LED en alumbrado público, es necesario incrementar en número de luminarias para cumplir las especificaciones de la normatividad existente; sin embargo, esto nos permite dos ventajas importantes: la primera es que la carga total se reduce de manera significativa y la segunda es que esta tecnología actual nos permite reducir la iluminancia promedio de cada uno de acuerdo a las condiciones de tráfico vehicular y de personas de acuerdo a la hora del día que se presenten. Así, el consumo ejemplo de estas luminarias se muestra en las siguientes tablas y gráficos:

Hora	Luminaria LD-01		Luminaria LD-05	
	Consumo actual [W]	Consumo SCAEE [W]	Consumo actual [W]	Consumo propuesto [W]
01:00	150	22.75	250	22.75
02:00	150	22.75	250	22.75
03:00	150	22.75	250	22.75
04:00	150	22.75	250	22.75
05:00	150	22.75	250	22.75
06:00	150	22.75	250	22.75
07:00	150	22.75	250	22.75
08:00	0	0	0	0
09:00	0	0	0	0
10:00	0	0	0	0
11:00	0	0	0	0
12:00	0	0	0	0
13:00	0	0	0	0
14:00	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0
19:00	150	45.5	250	45.5
20:00	150	45.5	250	45.5
21:00	150	45.5	250	45.5
22:00	150	45.5	250	45.5
23:00	150	45.5	250	45.5
00:00	150	22.75	250	22.74
TOTAL:	1950	409.5	3250	409.49

Tabla 5.6 - Comparación del consumo de las Luminarias LD-01 y LD-05 a partir de la aplicación del sistema propuesto



Gráfica 5.5 – Consumo diario de la luminaria LD-01

Las consideraciones del sistema aplicado son las siguientes:

- Se colocan 4 luminarias de tecnología LED con un consumo de 45.5 [W] en la región del paso de personas, entre el edificio principal y el estacionamiento de estudiantes y 24 luminarias de tecnología LED de 45.5 [W] en el estacionamiento de estudiantes, los cuales complementan los niveles de iluminación que nos marca la norma actual
- La denominación de las nuevas luminarias será LD-01 al LD-04 para los del paso de personas y LD-05 al LD-28 para los del estacionamiento
- De acuerdo a las especificaciones de la norma mostradas en el capítulo 2, podemos variar la iluminancia promedio que existe en nuestro estacionamiento de acuerdo a las condiciones de tráfico vehicular y movimiento de personas; esto implica disminuir a la mitad el consumo de energía de dichas luminarias entre las 23:00 y las 7:00 de la mañana del día siguiente lo que conlleva una disminución del consumo y del pago por este servicio.

Realizando un comparativo entre la carga total implementada actualmente y la carga total que se desea implementar, tenemos lo siguiente:

Carga total actual:

Luminarias VSAP doble brazo: 1500 [W]

Luminarias VSAP tipo poste punta: 600 [W]

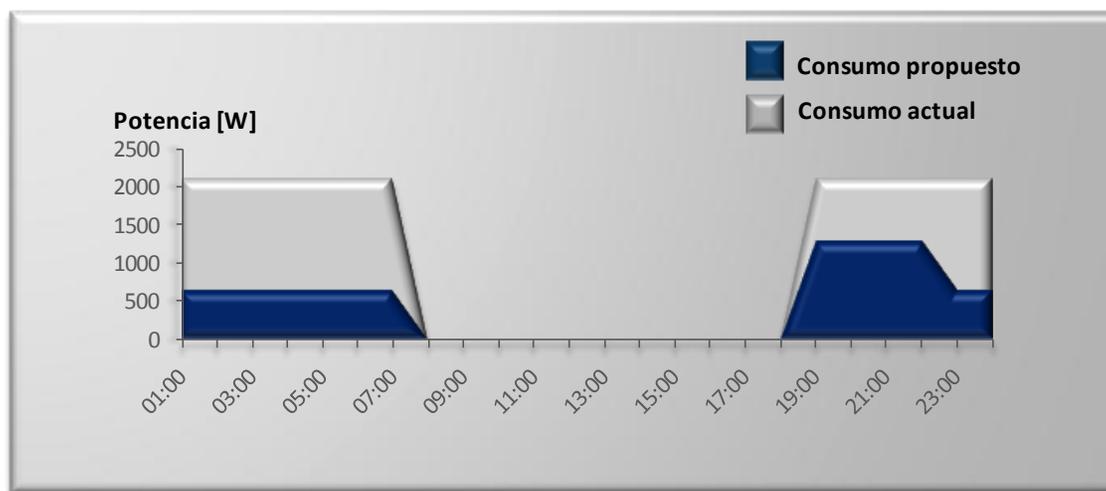
Carga total con tecnología LED:

Luminarias LD-01 al LD-28: 1274 [W]



Carga total diaria			
Hora	Consumo actual [W]	Consumo propuesto [W]	Ahorro [W]
01:00	2100	637	1463
02:00	2100	637	1463
03:00	2100	637	1463
04:00	2100	637	1463
05:00	2100	637	1463
06:00	2100	637	1463
07:00	2100	637	1463
08:00	0	0	0
09:00	0	0	0
10:00	0	0	0
11:00	0	0	0
12:00	0	0	0
13:00	0	0	0
14:00	0	0	0
15:00	0	0	0
16:00	0	0	0
17:00	0	0	0
18:00	0	0	0
19:00	2100	1274	826
20:00	2100	1274	826
21:00	2100	1274	826
22:00	2100	1274	826
23:00	2100	637	1463
00:00	2100	637	1463
TOTAL:	27300	10829	16471

Tabla 5.7 - Comparación del consumo total de las Luminarias de Led's a partir de la aplicación del sistema propuesto



Gráfica 5.6 – Consumo total diario

De acuerdo a esta gráfica, los comparativos del consumo de energía y el pago por dicho consumo del sistema actual y nuestro sistema SCAEE son los siguientes:

Consumo Total diario:

Sistema actual: 655.2 kWh

SCAEE implementado con tecnología LED: 259.9 kWh

Memoria de cálculo aplicada:

CD: Consumo Diario

Ct: Carga total del grupo de luminarias

CCD: Costo por consumo diario

CM: Consumo mensual

CCM: Costo por consumo mensual

CA: Consumo Anual

CCA: Costo por Consumo Anual

$$CD = (Ct)(24)$$

$$CCD = (2.302)(CD)$$

$$CM = (30)(CD)$$

$$CCM = (2.301)(CM)$$

$$CA = (365)(CD)$$



Costos de implementación del sistema

$$CCA = (2.301)(CA)$$

	Consumo Diario [kWh]	Costo por consumo diario [\$]	Consumo Mensual [kWh]	Costo por consumo Mensual [\$]	Consumo Anual [kWh]	Costo por consumo Anual [\$]
Sistema actual	655.20	\$1,508.27	19,656.00	\$45,248.11	239,148.00	\$550,518.70
SCAEE	259.90	\$598.28	7,796.88	\$17,948.42	94,862.04	\$218,372.42
Ahorro	395.30	\$909.99	11,859.12	\$27,299.69	144,285.96	\$332,146.28

Tabla 5.8 - Comparación del consumo total y el costo total diario, mensual y anual a partir de la aplicación del sistema propuesto

El ahorro al implementar tanto el sistema SCAEE junto con el uso de la tecnología de iluminación ahorradora de energía con Led's implica un ahorro más. El porcentaje ahorro en términos energéticos y económicos es del **60%**.

3. Determinación del punto de equilibrio:

Con los datos obtenidos, realizamos las gráficas de las líneas de consumo-costo actual y sugerido con el fin de localizar nuestro punto de equilibrio. De aquí se desprende lo siguiente:

Memoria de cálculo

Los cálculos hechos para determinar el punto de equilibrio se tomaron de los datos del consumo total de energía eléctrica a lo largo de un año (consumo anual) y los costos generados en el mismo periodo de tiempo. Así, tenemos lo siguiente:

Ecuación de la recta de las luminarias actuales

$$y = mx + b, \text{ siendo } b = 0$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{550518.70}{365} = 1508.2704, \text{ la ecuación de la recta es:}$$

$$y = 1508.2704x$$

Ecuación de la recta de las luminarias actuales más el sistema SCAEE



Costos de implementación del sistema

$$y = mx + b$$

$$b = 224180 + 22481 = 246661$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{(464970.42) - (246661)}{365} = 598.108, \text{ la ecuación de la recta es:}$$

$$y = 598.108x + 246661$$

Al igualar ambas ecuaciones obtenemos el punto de equilibrio, el cual será:

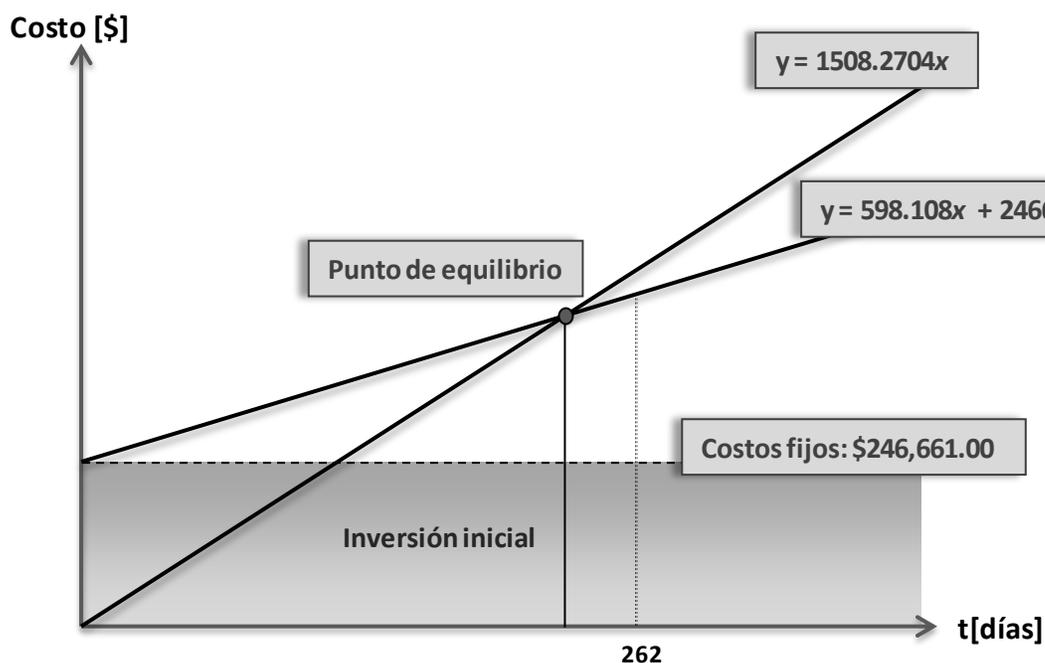
$$1508.2704x = 598.108x + 246661$$

$$x = \frac{226661}{1508.2704 - 598.108} = 249.033$$

Aplicando el margen de seguridad del 5% tenemos:

$$x = (1.05)(249.033) = 261.485$$

Por lo que podemos concluir que la inversión inicial del sistema aplicado a las luminarias actuales será amortizada una vez que pasen **262 días** y que, a partir de este punto, el ahorro energético y económico será de **60%** en relación con el pago actual que se hace por dicho rubro.



Gráfica 5.7 – Punto de equilibrio

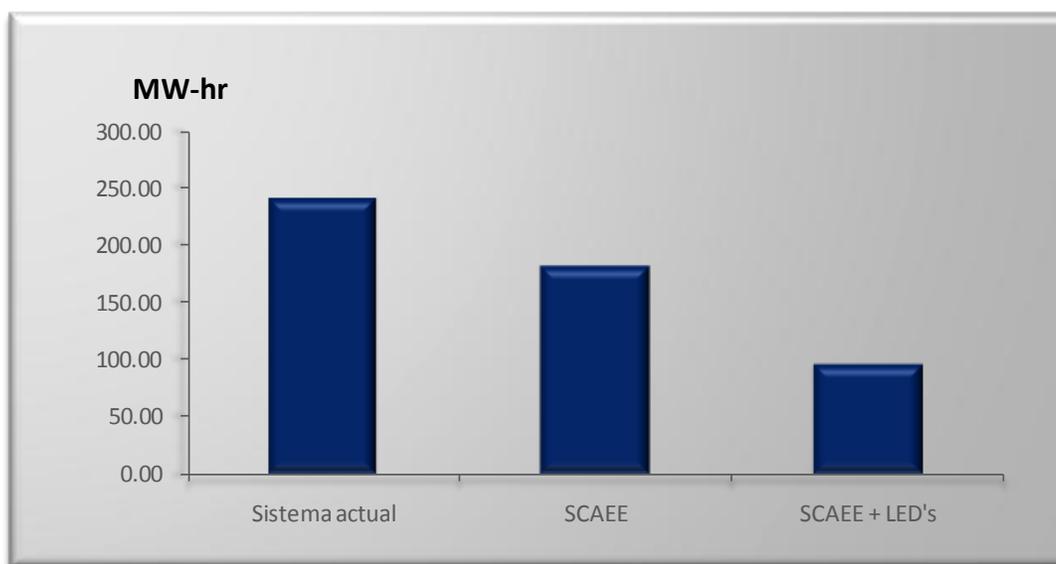


5.4 Descripción del ahorro energético y económico

La implementación de un sistema computarizado de administración de energía eléctrica SCAEE tiene muchas aplicaciones. De acuerdo a los datos ya mostrados dicho sistema genera un ahorro en el consumo de energía y a la vez implica un ahorro desde el punto de vista económico de acuerdo a las tarifas actuales. La siguiente tabla y gráfica muestran ese ahorro anual que se generaría cuando hacemos la comparación con el sistema actual en cuanto al ahorro económico en pesos y el ahorro energético en MWh.

	Consumo Anual [MWh]	Costo por consumo Anual [\$]
Sistema actual	239.15	\$550,518.70
SCAEE	180.02	\$414,401.44
SCAEE + LED's	94.86	\$218,372.42

Tabla 5.9 - Comparación del consumo total y el costo total anual de los sistemas actual, propuesto y cambiando a tecnología LED



Gráfica 5.8 Comparativo de consumo anual



Costos de implementación del sistema

La disminución en el consumo de energía eléctrica es reflejada solamente al hacer el estudio del sistema ya implementado; para una aplicación real del sistema hay que tomar en consideración los costos de implementación, mano de obra y equipo a comprar con el fin de hacer un análisis económico del tiempo de recuperación de dicha inversión.

Gráficamente se muestra que en cualquier caso de aplicación del SCAEE existe dicho ahorro energético y económico que, de acuerdo a este estudio de aplicación en particular, va desde un 24 % hasta un 60%.

Además del ahorro mostrado, otro aspecto importante de este sistema es que por medio de los reportes técnicos, se reducen los tiempos de mantenimiento preventivo o correctivo, ya que dichos reportes nos dan la información necesaria del estado actual de nuestro sistema.

Con la aplicación más robusta, es posible implementar sensores ambientales para determinar los tiempos de encendido y apagado de las luminarias, lo cual representaría una ventaja más en cuanto a consumo de energía y ahorro energético.



6. CONCLUSIONES

El principal objetivo del desarrollo de este trabajo es el de generar una alternativa real al problema del mal uso que se le da actualmente a los recursos energéticos. A lo largo del primer capítulo se ha descrito cual es la problemática actual y se han dado algunas soluciones al respecto.

En particular, se describe a un Sistema Computarizado de Administración de Energía Eléctrica (SCAEE) como un conjunto de herramientas tecnológicas actuales: computacionales, de intercomunicación inalámbrica, sensores de datos, etc., el cual nos permite, como su nombre lo indica, la administración de la energía eléctrica con el fin de generar un ahorro energético real y, a la vez, un ahorro económico.

Este sistema fue implementado para los sistemas de alumbrado público debido a que, con datos de la Secretaría de Energía, encontramos que es el punto de mayor consumo y desperdicio energético tanto a nivel doméstico, industrial, como a nivel de edificaciones actuales. A su vez, se presentó una muestra por medio de un ejemplo práctico del funcionamiento del sistema, ya sea implementándolo en un sistema actual o replanteando todo el sistema con el uso de una nueva tecnología basada en Led's.

En la aplicación del sistema encontramos ciertos elementos que pudieran ser positivos o negativos, dependiendo de la utilización que se le dé; así, podemos mencionar lo siguiente:

Obtención de la información. Cuando se implementa el sistema en una instalación eléctrica ya existente, es necesario conocer los elementos que componen dicha instalación y definir el objetivo en cuanto al ahorro energético; para ello se requieren los planos eléctricos y todo lo relacionado con la instalación; en el caso de ser una instalación nueva, se requiere estudiar el proyecto y realizar un estudio de mercado de los materiales a utilizar. En nuestro sistema, ya estaba implementada la instalación, sólo conseguimos la información y planteamos la solución del problema, además de proporcionar una solución alternativa por medio de luminarias de tecnología LED que ayudarían de una mejor manera a dicho ahorro, pero requiriendo un costo adicional para la implementación del sistema; la ventaja es que esta inversión se amortiza con el paso del tiempo debido a los beneficios económicos descritos.

Sistema de comunicación. Existen varias alternativas para la elaboración del sistema de comunicación y de los sistemas de administración. La alternativa más viable es el uso de comunicación vía fibra óptica, ya que éste es resistente a las condiciones ambientales que existan en cada región; sin embargo, el costo de la implementación de la fibra óptica es caro, por lo que en nuestro sistema se hizo la implementación por medio del uso de receptores y transmisores de radio frecuencia RF, los cuales tienen la limitante de depender de las condiciones físicas y ambientales del lugar donde se coloquen aunque son más económicos. El uso de modem y antenas receptoras también fue un reto, debido a que las diversas tecnologías que existen nos entregan resultados muy positivos en cuanto a la robustez del equipo y a sus componentes de interfaz con el usuario; en este punto también es



Conclusiones

importante definir que tecnología se utilizaría, ya que dependiendo de los costos tendremos un mejor equipo de control y administración.

Diseño de la página electrónica. Nuestra página es el enlace visual entre los diferentes sistemas que componen el SCAEE; en este caso, sirve para ver dentro de un contexto de página electrónica, los aspectos referentes al funcionamiento y consumo, ya que está ligada a nuestra base de datos y al sistema de administración. Dependiendo el tipo de usuario, tenemos privilegios, con el fin de proteger la información y evitar que agentes externos interfieran en nuestro sistema, siendo ésta una gran ventaja. Un usuario externo encuentra más fácil y más interesante el análisis de un sistema como el SCAEE si es revisado dentro de una página electrónica.

Base de datos y sistema generador de reportes. Por medio del software específico, nuestra base de datos se diseñó con el propósito de soportar la información generada por los sensores colocados en cada uno de las luminarias y que se envía por medio de RF. Además de la base de datos, el sistema generador de reportes sirve para generar la información específica, por medio de tablas y gráficos para los diferentes tipos de usuario. Al igual que los bloques anteriores, depende de la aplicación que se lleva a cabo para saber la robustez de los programas a utilizar. Si al sistema propuesto aumentamos una serie de sensores ambientales, también es posible entonces acrecentar el tamaño de la base de datos y generar otro tipo de reportes; esto con el fin de tener información más precisa de las condiciones ambientales. Los datos en tiempo real nos ayudan a encender o apagar las luminarias en algún momento determinado y, por ende, generar un mayor ahorro energético y económico.

Modelo de simulación. Para la demostración del sistema se realizó una maqueta como modelo, lo cual nos dio la oportunidad de aplicar los principios de electrónica digital. En nuestro modelo realizamos la simulación de la comunicación inalámbrica del sistema conectado en el circuito de prueba con el fin de administrar desde de la página electrónica, el sistema de iluminación exterior simulado.

Ahorro energético y económico. Se llevó a cabo el estudio económico y la evaluación del proyecto con el fin de demostrar con datos reales cual es el ahorro energético y económico. Actualmente, una de las partes más importantes de la aplicación de cualquier proyecto de este tipo es el de demostrar que realmente existe un ahorro desde el punto de vista económico, mismo que proporciona un ahorro energético a partir de los datos del estudio de mercado. Las gráficas demuestran la viabilidad del proyecto desde ambos puntos de vista.

Realizando un análisis de lo expuesto en este proyecto, podemos concluir lo siguiente:

- Actualmente el mal uso que se le da a los recursos energéticos propicia que se generen nuevas alternativas enfocadas a tener un ahorro desde el punto de vista energético que propicie a la vez un ahorro económico.
- La implementación de herramientas computacionales permite que se realice una adecuada administración de los recursos energéticos con el fin de propiciar un uso eficiente que conlleve al mismo tiempo a un ahorro de tipo económico.



Conclusiones

- Al aplicar un sistema como el propuesto en nuestro proyecto obtenemos dicho ahorro; los recursos actuales en materia de cómputo junto con el uso de las tecnologías enfocadas al ahorro de energía eléctrica como la tecnología de luminarias de LED, hacen esto viable.
- Los objetivos planteados al inicio del trabajo de tesis fueron cumplidos, ya que se puede afirmar que la aplicación de nuestro sistema en la vida real es posible, generando un ahorro energético y económico que va desde un 24% hasta un 60%. Dichos márgenes, cabe resaltar, se darían bajo condiciones ideales como las planteadas en este trabajo de investigación; sin embargo, los resultados nos muestran que el sistema podría obtener resultados favorables a un plazo considerablemente pequeño; esto implica la viabilidad del sistema bajo condiciones reales.
- La aplicación de esta tecnología nos ayuda a tener un sistema capaz de adaptarse a las necesidades de los clientes; es decir, este sistema se adapta al tipo de instalación eléctrica y al tipo de necesidad del usuario, garantizando que al realizar un estudio eléctrico se tendrán los beneficios energéticos y, por ende, beneficios económicos.
- Todos los estudios realizados están basados en la normatividad existente en nuestro país, lo cual le da viabilidad a la aplicación del proyecto.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alumbrado interior para uso general. El alumbrado que se destina a áreas cubiertas.

Alumbrado exterior para uso general. El alumbrado que se destina a áreas abiertas.

Ampliación. Cualquier cambio en el edificio que incrementa la superficie construida y el área alumbrada.

Apagador. Interruptor de acción rápida, operación manual y baja capacidad, que generalmente se usa para el control de aparatos domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado cuya corriente nominal no excede de 15 A.

Area cubierta. Superficie o espacio construido delimitado por un perímetro que tiene envolvente estructural al menos en su cara superior (techo) y no forzosamente deberá tener envolvente estructural en las caras laterales (paredes).

Area abierta. Superficie o espacio construido delimitado por un perímetro que carece de envolvente estructural alguna.

Atenuador (Dimmer). Dispositivo usado para regular el flujo luminoso de las lámparas que puede reducir el consumo y la demanda de energía eléctrica al limitar la potencia de entrada.

Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica conectados a un circuito o sistema.

Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. La carga eléctrica puede variar en el tiempo dependiendo del tipo de servicio.

Control. Dispositivo que regula, de manera manual o automática, el funcionamiento de un aparato, equipo, mecanismo o sistema.

Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA). Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m^2 .



TIPO DE EDIFICIO	DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA(W/m ²)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
Oficinas	16.0	1.8
Escuelas	16.0	1.8
Hospitales	14.5	1.8
Hoteles	18.0	1.8
Restaurantes	15.0	1.8
Comercios	19.0	1.8

Tabla G.1 - Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Edificio. Cualquier estructura o espacio para cuya construcción se requiere un permiso (licencia de construcción).

Edificios no residenciales. Aquel edificio destinado para uso no habitacional ni vivienda.

Edificios residenciales. Son los inmuebles destinados a viviendas. Aquel edificio destinado para uso habitacional o vivienda.

Eficiencia Energética. Es la que persigue obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límite de la DPEA sin menoscabo del confort psicofisiológico de sus ocupantes.

Flujo luminoso nominal. Es el flujo luminoso declarado por el fabricante expresado en lúmenes (lm), corresponde a los lúmenes iniciales de cada tipo de lámpara medida después de 100 horas de envejecimiento.

HTTP. HyperText Transfer Protocol. Protocolo usado en la transacción web.

Iluminancia. El cociente del flujo luminoso incidente sobre un elemento infinitesimal de la superficie que contiene al punto considerado entre el área de ese elemento. La iluminancia está expresada en Lux (lx).

Lámpara de arranque por precalentamiento (AP). Es una lámpara fluorescente diseñada para operar en un circuito que requiere de un interruptor de arranque manual o automático para precalentar los electrodos e iniciar la descarga.



Lámpara de arranque rápido (AR). Es una lámpara fluorescente diseñada para operar en sistemas que le proporcionan una alimentación de baja tensión para precalentar los electrodos e iniciar el arco, sin un interruptor de arranque o la aplicación de una tensión alta.

Lámpara de arranque instantáneo (AI). Es la lámpara fluorescente diseñada para operar en circuitos en los que la descarga eléctrica se logra aplicando una tensión lo suficientemente alta para lograr la emisión de electrones de los electrodos por emisión de campo sin la necesidad de un calentamiento previo de los electrodos.

Lámpara fluorescente. Es una lámpara de descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión, en la cual la emisión principal de luz proviene de una o más capas de material fluorescente el cual es excitado por la radiación ultravioleta de la descarga. El bulbo puede ser de forma tubular recta o curvada.

Lámpara fluorescente compacta. Lámpara de descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión en la cual la emisión principal de luz proviene de un recubrimiento de material fluorescente. Se caracteriza por presentar sus terminales eléctricas en un extremo de la lámpara y por incluir una o más zonas frías para controlar la presión del vapor de mercurio.

Lámpara patrón. Es aquella lámpara pre-envejecida (100 horas) que en condiciones de encendido estabilizado y que con el reactor patrón especificado para el tipo y tamaño de lámpara y a la tensión nominal de alimentación especificada en esta norma, opera a valores de tensión, potencia y corriente, cada uno con una diferencia no mayor del +/- 2.5% de los valores especificados en las hojas de características técnicas de la lámpara fluorescente correspondiente.

Partición. Todo aquel espacio delimitado por muros o separaciones similares de techo a piso que lo constituyan como un espacio cerrado independiente de otros.

PHP. Lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Es usado principalmente en interpretación del lado del servidor (server-side scripting) pero actualmente puede ser utilizado desde una interfaz de línea de comandos o en la creación de otros tipos de programas incluyendo aplicaciones con interfaz gráfica.

Potencia nominal. Es la potencia marcada en la lámpara, expresada en Watt's [W].

Reactor patrón. Es un inductor con o sin un resistor adicional en serie, diseñado, fabricado y mantenido con el propósito de suministrar valores normalizados de comparación para la prueba de balastos y lámparas, y se caracteriza por tener impedancia constante dentro de un amplio margen de corriente de operación y también por tener características constantes que no son influenciadas por el tiempo, temperatura, magnetismo circunstancial, etc. se usan también para seleccionar las lámparas patrón que se requieren para prueba de balastos y lámparas.



Glosario de términos

Sensor de Luz. También llamado fotosensor o fotocelda, es un dispositivo que con base en el efecto fotoeléctrico permite controlar o regular la operación de los equipos de alumbrado respondiendo a cambios de iluminancia en su entorno.

Sensor de ocupación. También llamado sensor de presencia, es un dispositivo que proporciona un control local de los ciclos de encendido-apagado de los equipos de alumbrado en respuesta a la presencia o ausencia de ocupantes en un espacio particular.

Sistema de alumbrado. Conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí contribuyen a suministrar luz a una superficie o un espacio.

Sistema de alumbrado exterior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas abiertas.

Sistema de alumbrado interior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas cubiertas.

Sistema de alumbrado de emergencia independiente. Es aquel conjunto de equipos y aparatos para alumbrado diseñado para entrar en funcionamiento si falla el sistema de suministro de energía eléctrica. El término independiente se refiere a la autonomía de este sistema de alumbrado con respecto al sistema de alumbrado de operación normal y continua.

SSL. Protocolo diseñado para proveer comunicaciones encriptadas en Internet.

Temporizador (Timer). También llamado interruptor de tiempo, es un dispositivo que controla los ciclos de encendido-apagado de equipos de alumbrado con respecto a una base de tiempo preestablecido y ajustable; o capaces de operar un conjunto lámpara balastro a dos niveles de salida de potencia.

Vida útil de una lámpara. Es el número de horas que opera una lámpara hasta extinguirse o hasta de dejar de cumplir los requisitos de cualquier otro criterio de vida especificado en esta norma.

nota: cuando en el texto de esta norma se utilice el término vida debe entenderse vida útil a menos que se indique lo contrario.

Vulnerabilidad. Posibilidad de ocurrencia de la materialización de una amenaza sobre un Activo.



BIBLIOGRAFÍA

Libros consultados:

Axotla García, Juan Carlos

Iluminación e instalaciones eléctricas. Ahorro de energía en un sistema de iluminación

Tesis de Licenciatura. UNAM, FES Cuautitlán. Septiembre 2001.

Baca Urbina, Gabriel

Evaluación de proyectos

Tercera edición. México, 1995

Editorial McGraw-Hill

Betanzo Cordero, Federico Benjamín

Proyecto de ahorro de energía eléctrica en el edificio principal de la Facultad de Ingeniería

Tesis de Licenciatura. UNAM, Facultad de Ingeniería. Año 2000.

Jáuregui Villaseñor, David

Diseño de alumbrado y propuesta de ahorro de energía para el edificio A-12 del campus Aragón UNAM

Tesis de Licenciatura. UNAM, ENEP Aragón. Año 2000.

Ocampo Sámano, José Eliseo

Costos y evaluación de proyectos

Primera edición. México, 2002.

Editorial CECSA

Tapia Montes, Marco Antonio

Sistema de iluminación y proyectos de alumbrado

Tesis de Licenciatura. UNAM, ENEP Aragón. Año 1998.

Páginas electrónicas consultadas:

Comisión Federal de Electricidad, CFE

<http://www.cfe.gob.mx>

Consultada en Mayo de 2008

Comisión Nacional de Ahorro de Energía, CONAE

<http://www.conae.gob.mx>

Consultada en Julio de 2008



Bibliografía

Compañía de Luz y Fuerza del Centro, LyFC

<http://www.lfc.gob.mx>

Consultada en Mayo de 2008

Fideicomiso para el ahorro de energía, FIDE

<http://www.fide.org.mx>

Consultada en Junio de 2008

Grupo Ecos Ligthing

<http://www.grupoecos.com.mx/lighting/luminancia.html>

Consultada en Junio de 2008

Procuraduría Federal del Consumidor, PROFECO

<http://www.profeco.gob.mx>

Consultada en Agosto de 2008

Secretaría de Energía, SENER

<http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

Consultada en Julio de 2008

Otras páginas:

Información sobre sistemas de iluminación

<http://www.solociencia.com/ingenieria/07060505.htm>

Consultada en Mayo de 2008

Información técnica de lámparas de Led's

<http://www.dialight.com/ApplicationNotes/index.cfm?AppID=1>

Consultada en Mayo de 2008

Información e imágenes de sistemas de iluminación exterior

http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7_OPTATIVAS/LAU/FOTOS/alum239.JPG

Consultada en Julio de 2008

Imágenes de equipos de iluminación exterior

<http://noorsoram.20un.com/pro-1-b.jpg>

Consultada en Julio de 2008

Imágenes de equipos de iluminación exterior

http://www.mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Foto-des/Thorn_Emi_MBU_125-01.jpg

Consultada en Julio de 2008



Bibliografía

Imágenes de equipos de iluminación exterior

<http://www.construnario.info/notiweb/tematicos/Iluminación/3.jpg>

Consultada en Julio de 2008

Información técnica e imágenes de Led's y otros tipos de luminarias

<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/luminar1.html>

Consultada en Agosto de 2008

Información técnica e imágenes de Led's y otros tipos de luminarias

<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/luminar1.html>

Consultada en Agosto de 2008

Normas oficiales mexicanas:

NOM-001-SEDE-2005. Instalaciones Eléctricas (utilización)

NOM-013-ENER-1996. Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios.

NOM-007-ENER-1995. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-008-SCFI-1993. Sistema general de unidades de medida.



Anexos

A.1 Parámetros eléctricos de las luminarias utilizadas en la actualidad

Potencia [W]	Tensión de operación [V]	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
40	127	465	1500	12	0.875	11.3
60	127	880	1000	15	0.930	11.3
60	220	588	1000	10	0.930	11.3
75	127	1190	750	16	0.920	11.3
100	127	1750	750	18	0.905	11.3
100	220	1085	2500	11	0.900	13.5
150	127	2780	750	19	0.895	16.0
150	220	2060	1000	14	0.870	15.0
200	127	3750	750	19	0.850	17.6
200	220	3040	1000	15	0.900	20.5
300	127	5103	1000	20	0.825	20.5
300	220	4735	1000	16	0.890	20.5
500	127	10100	1000	20	0.890	24.8
500	220	9270	1000	18	0.870	24.8
1000	220	17800	1000	18	0.820	33.1

Tabla A1.1 – Parámetros de los bulbos o focos incandescentes

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
110	Blanco frío	6250	10,000	57	0.690	121.9
165	Blanco frío	9900	10,000	60	0.720	182.9
215	Blanco frío	14500	10,000	67	0.720	243.8

Tabla A1.2 – Parámetros de las lámparas fluorescentes de muy alta descarga H. O. 1500 mA

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
60	Blanco frío	4300	12,000	72	0.820	121.9
65	Blanco frío	6650	12,000	78	0.820	182.9
110	Blanco frío	8800	12,000	80	0.820	243.8
110	Luz de día	7800	12,000	70	0.820	243.8

Tabla A1.3 – Parámetros de las lámparas fluorescentes de alta descarga H. O. 800 mA

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
9	Blanco cálido	600	10,000	57	0.870	16.7
9	Blanco frío	600	10,000	57	0.870	16,7
13	Blanco cálido	900	10,000	69	0.870	17.7
13	Blanco frío	900	10,000	69	0.870	17.7
9	Blanco cálido	600	10,000	67	0.870	11.1
9	Blanco frío	600	10,000	67	0.870	11.1
13	Blanco cálido	900	10,000	69	0.870	12.3
13	Blanco frío	900	10,000	69	0.870	12.3
18	Blanco frío	1250	10,000	69	0.870	17.0
20	Blanco frío	1800	10,000	69	0.870	18.0
18	Blanco cálido	1250	12,000	69	0.840	22.5
18	Blanco frío	1250	12,000	69	0.840	22.5
36	Blanco cálido	2900	12,000	80	0.840	41.5
36	Blanco frío	2900	12,000	80	0.840	41.5
40	Blanco cálido	3200	20,000	80	0.840	57.2
40	Blanco frío	3500	20,000	87	0.840	57.2

Tabla A1.4 – Parámetros de las lámparas fluorescentes compactas

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
100	Blanco de lujo	4400	24,000	44	0.820	19.1
175	Blanco de lujo	8500	24,000	49	0.890	21.0
250	Blanco de lujo	12775	24,000	51	0.840	21.0
400	Blanco de lujo	23000	24,000	58	0.860	29.2
1000	Blanco de lujo	63000	24,000	63	0.770	39.0

Tabla A1.5 – Parámetros de las lámparas de vapor de mercurio

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
35	Claro	2,250	10,000	64	0.900	13.8
50	Claro	4,000	10,000	80	0.900	13.8
70	Claro	6,300	10,000	90	0.900	19,7
70	Difuso	6,000	10,000	86	0.900	19,7
100	Claro	9,500	10,000	95	0.900	19,7
100	Difuso	8,800	10,000	88	0.900	19,7
150	Claro	16,000	10,000	107	0.900	19,7
150	Difuso	15,000	10,000	100	0.900	19,7
250	Claro	27,500	10,000	110	0.900	24.8
250	Difuso	26,000	10,000	104	0.900	22.9
400	Claro	50,000	12,000	125	0.900	24.8
400	Difuso	47,500	12,000	119	0.900	28.7
1000	Claro	140,000	12,000	140	0.900	36.8

Tabla A1.6 – Parámetros de las lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP)

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
18	Claro	1,800	18,000	100	1.000	21.6
35	Claro	4,800	18,000	137	1.000	31.1
55	Claro	8,000	18,000	145	1.000	42.5
90	Difuso	13,500	18,000	150	1.000	52.8
135	Claro	22,500	18,000	167	1.000	77.5
180	Claro	33,000	18,000	183	1.000	112.0

Tabla A1.7 – Parámetros de las lámparas de vapor de sodio de baja presión (VSBP)

Potencia [W]	Acabado	Flujo luminoso [lm]	Vida útil [Hrs.]	Eficacia [lm/W]	Factor de depreciación	Longitud [cm]
70	Claro	5,200	10,000	74	0.810	14.6
70	Fosfatado	4,800	10,000	74	0.750	14.6
100	Claro	7,800	7,500	78	0.750	14.6
100	Fosfatado	8,000	10,000	78	0.730	14.6
175	Claro	14,000	7,500	80	0.770	21.1
175	Fosfatado	13,000	7,500	80	0.730	21.1
250	Claro	22,000	10,000	82	0.830	21.1
250	Fosfatado	22,000	10,000	82	0.780	21.1
400	Claro	30,000	15,000	90	0.750	29.2
400	Fosfatado	36,000	15,000	90	0.720	29.2
400	Claro	40,000	20,000	100	0.800	29.2
1000	Claro	110,000	9,000	110	0.800	39.0
1000	Fosfatado	105,000	9,000	105	0.780	39.0
1500	Claro	155,000	3,000	103	0.920	39.0
1500	Claro	160,000	3,000	103	0.920	39.0

Tabla A1.8 – Parámetros de las lámparas de aditivos metálicos

A.2 Especificaciones técnicas de los dispositivos utilizados

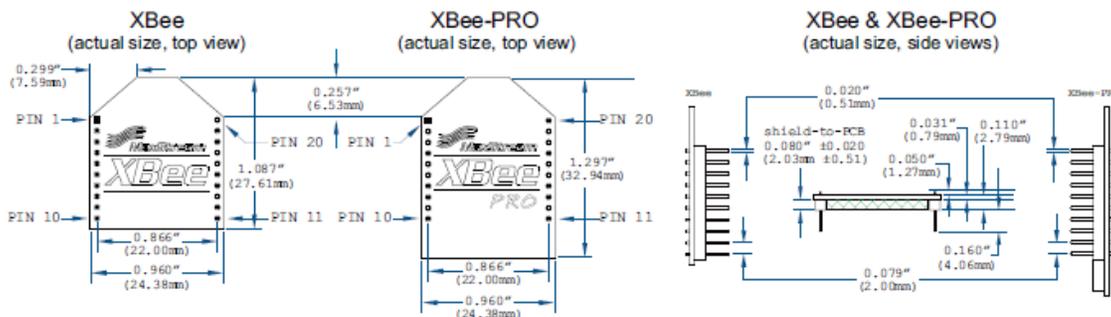
Especificaciones Técnicas de Modem Xbee®

XBee™ & XBee-PRO™ 2.4 GHz DEM RF Modules

Specifications		XBee 	XBee-PRO 
Performance	Indoor/Urban Range	up to 100 ft. (30 m)	up to 300 ft. (100 m)
	Outdoor RF line-of-sight Range	up to 300 ft. (100 m)	up to 1 mile (1.6 km)
	Transmit Power Output	1 mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm)*, 100 mW EIRP*
	RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Power Requirements	Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% PER)	-100 dBm (1% PER)
	Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
	Transmit Current (typical)	45 mA (@ 3.3 V)	215 mA (@ 3.3 V, 18 dBm)
	Idle / Receive Current (typical)	50 mA (@ 3.3 V)	55 mA (@ 3.3 V)
General	Power-down Current	< 10 µA	< 10 µA
	Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
	Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
	Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Networking and Security	Antenna Options	U.FL Connector, Chip Antenna or Integrated Whip Antenna	U.FL Connector, Chip Antenna or Integrated Whip Antenna
	Supported Network Topologies	Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Peer-to-Peer and Mesh	Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Peer-to-Peer and Mesh
	Number of Channels	16 Direct Sequence Channels (software selectable)	12 Direct Sequence Channels (software selectable)
Agency Approvals	Filtration Options	PAN ID, Channel & Source/Destination Addresses	PAN ID, Channel & Source/Destination Addresses
	FCC Part 15.247	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
	Industry Canada (IC)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max TX output = 10 mW)	

Specifications are subject to change without notice. * When operating in Europe, XBee-PRO Modules must be configured to operate at a maximum TX power output level of 10 dBm (power output level is set using the PL command). Additionally, European regulations stipulate an EIRP power maximum of 12.86 dBm (19 mW).

Mechanical Drawings




MaxStream®
 355 South, 520 West, ste. 180
 Lindon, UT 84042
 © 2006 MaxStream, Inc.

For the best in wireless data solutions and support, contact MaxStream, Inc.

phone: (866) 765-9885 (toll-free in U.S. & Canada)
 (801) 765-9885 (worldwide)

fax: (801) 765-9895

web: www.maxstream.net
 (live chat & many other resources available)



Circuitos integrados:

74LS139 (Dual 1-4 Decoder)

SN74LS139

Dual 1-of-4 Decoder/
Demultiplexer

The LSTTL/MSI SN74LS139 is a high speed Dual 1-of-4 Decoder/Demultiplexer. The device has two independent decoders, each accepting two inputs and providing four mutually exclusive active LOW Outputs. Each decoder has an active LOW Enable input which can be used as a data input for a 4-output demultiplexer. Each half of the LS139 can be used as a function generator providing all four minterms of two variables. The LS139 is fabricated with the Schottky barrier diode process for high speed and is completely compatible with all ON Semiconductor TTL families.

- Schottky Process for High Speed
- Multifunction Capability
- Two Completely Independent 1-of-4 Decoders
- Active Low Mutually Exclusive Outputs
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects
- ESD > 3500 Volts

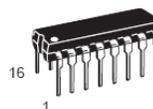
GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I _{OH}	Output Current – High			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current – Low			8.0	mA



ON Semiconductor
Formerly a Division of Motorola
<http://onsemi.com>

LOW
POWER
SCHOTTKY



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 648



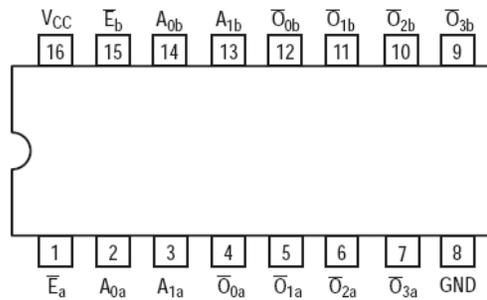
SOIC
D SUFFIX
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS139N	16 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS139D	16 Pin	2500/Tape & Reel



CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



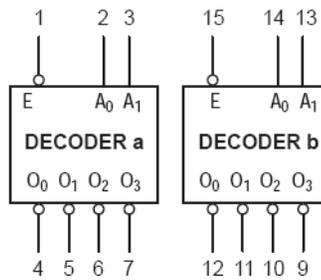
NOTE:
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

PIN NAMES	LOADING (Note a)	
	HIGH	LOW
A_0, A_1 Address Inputs	0.5 U.L.	0.25 U.L.
E Enable (Active LOW) Input	0.5 U.L.	0.25 U.L.
$\bar{O}_0 - \bar{O}_3$ Active LOW Outputs	10 U.L.	5 U.L.

NOTES:

a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μ A HIGH/1.6 mA LOW.

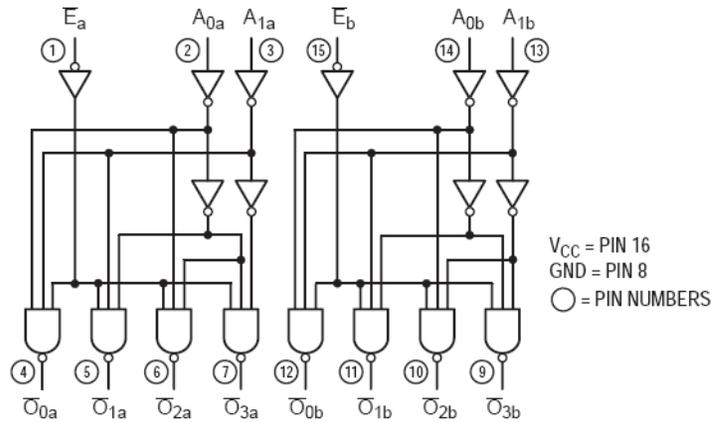
LOGIC SYMBOL



V_{CC} = PIN 16
GND = PIN 8



LOGIC DIAGRAM



FUNCTIONAL DESCRIPTION

The LS139 is a high speed dual 1-of-4 decoder/demultiplexer fabricated with the Schottky barrier diode process. The device has two independent decoders, each of which accept two binary weighted inputs (A_0 , A_1) and provide four mutually exclusive active LOW outputs (\bar{O}_0 – \bar{O}_3). Each decoder has an active LOW Enable (\bar{E}). When E is HIGH all outputs are forced HIGH. The enable

can be used as the data input for a 4-output demultiplexer application.

Each half of the LS139 generates all four minterms of two variables. These four minterms are useful in some applications, replacing multiple gate functions as shown in Fig. a, and thereby reducing the number of packages required in a logic network.

TRUTH TABLE

INPUTS			OUTPUTS			
\bar{E}	A_0	A_1	\bar{O}_0	\bar{O}_1	\bar{O}_2	\bar{O}_3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = HIGH Voltage Level
 L = LOW Voltage Level
 X = Don't Care

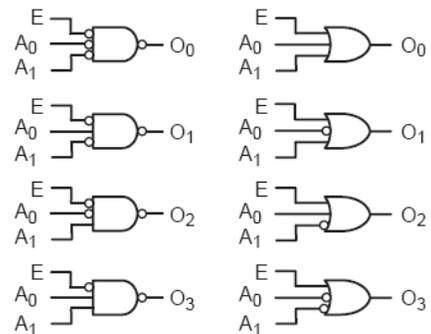


Figure a



DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V_{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V_{IL}	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{IN} = -18 \text{ mA}$
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.5		V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = \text{MAX}$, $V_{IN} = V_{IH}$ or V_{IL} per Truth Table
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	$I_{OL} = 4.0 \text{ mA}$ $V_{CC} = V_{CC} \text{ MIN}$, $V_{IN} = V_{IL}$ or V_{IH} per Truth Table
			0.35	0.5	V	
I_{IH}	Input HIGH Current			20	μA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
I_{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 0.4 \text{ V}$
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
I_{CC}	Power Supply Current			11	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Levels of Delay	Limits			Unit	Test Conditions
			Min	Typ	Max		
t_{PLH}	Propagation Delay	2		13	20	ns	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ $C_L = 15 \text{ pF}$
t_{PHL}	Address to Output	2		22	33		
t_{PLH}	Propagation Delay	3		18	29	ns	
t_{PHL}	Address to Output	3		25	38		
t_{PLH}	Propagation Delay	2		16	24	ns	
t_{PHL}	Enable to Output	2		21	32		

AC WAVEFORMS

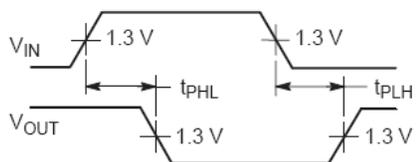


Figure 1.

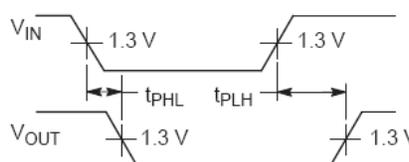


Figure 2.

**74HC154 (4-16 line Decoder)**

Philips Semiconductors

Product specification

4-to-16 line decoder/demultiplexer**74HC/HCT154****FEATURES**

- 16-line demultiplexing capability
- Decodes 4 binary-coded inputs into one of 16 mutually exclusive outputs
- 2-input enable gate for strobing or expansion
- Output capability: standard
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT154 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT154 decoders accept four active HIGH binary address inputs and provide 16 mutually exclusive active LOW outputs.

The 2-input enable gate can be used to strobe the decoder to eliminate the normal decoding "glitches" on the outputs, or it can be used for the expansion of the decoder.

The enable gate has two AND'ed inputs which must be LOW to enable the outputs.

The "154" can be used as a 1-to-16 demultiplexer by using one of the enable inputs as the multiplexed data input.

When the other enable is LOW, the addressed output will follow the state of the applied data.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL} t_{PLH}	propagation delay A_n, \bar{E}_n to \bar{Y}_n	$C_L = 15\text{ pF}$; $V_{CC} = 5\text{ V}$	11	13	ns
C_I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	60	60	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs

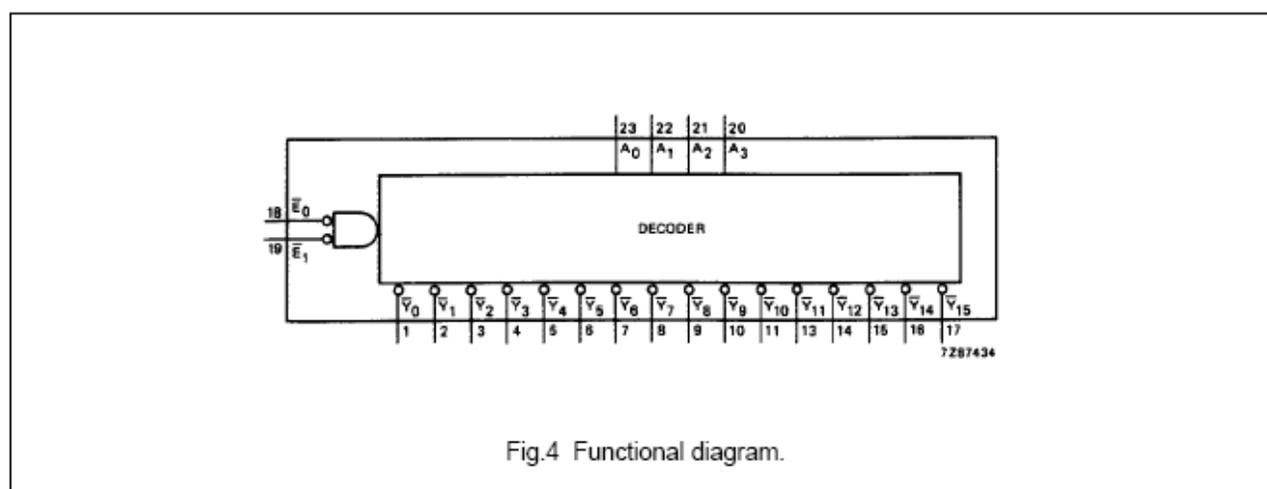
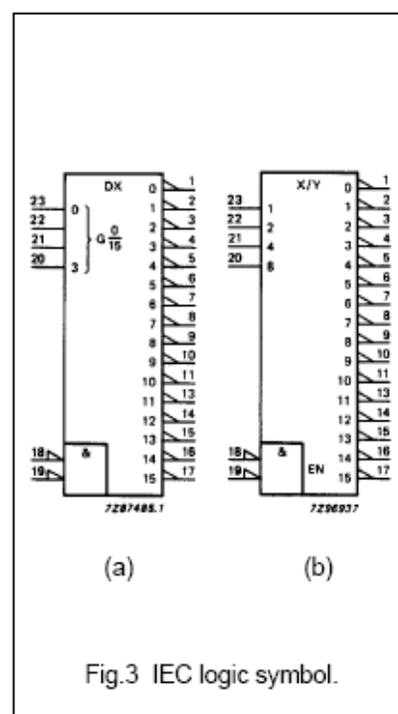
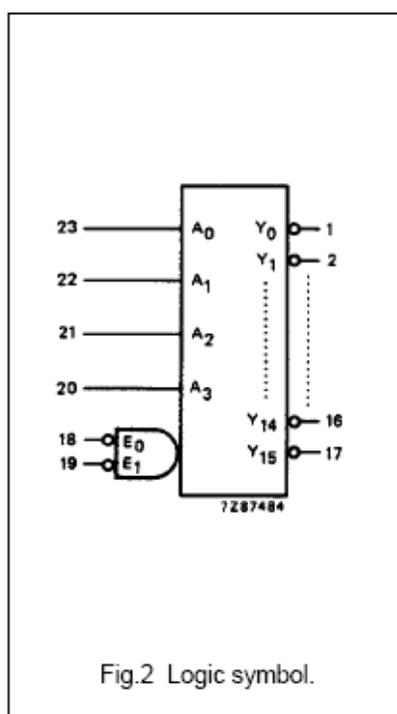
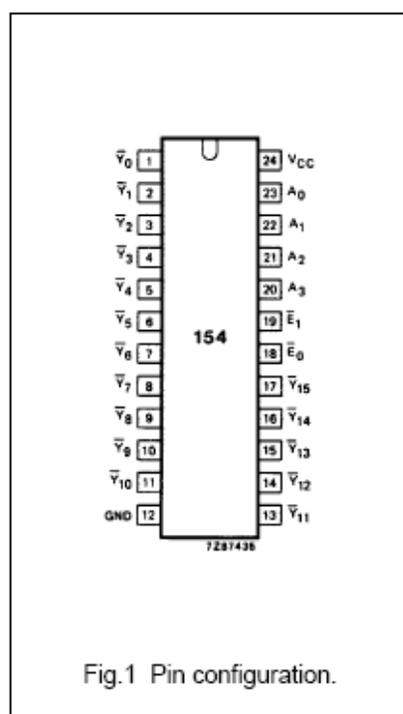
C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is $V_I = \text{GND to } V_{CC}$
For HCT the condition is $V_I = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	\bar{Y}_0 to \bar{Y}_{15}	outputs (active LOW)
18, 19	\bar{E}_0, \bar{E}_1	enable inputs (active LOW)
12	GND	ground (0 V)
23, 22, 21, 20	A_0 to A_3	address inputs
24	V_{CC}	positive supply voltage





74LS279 (Quadruple S-R Latch).



August 1986
Revised March 2000

DM74LS279
Quad \overline{S} -R Latch

General Description

The DM74LS279 consists of four individual and independent Set-Reset Latches with active low inputs. Two of the four latches have an additional \overline{S} input ANDed with the primary \overline{S} input. A LOW on any \overline{S} input while the \overline{R} input is HIGH will be stored in the latch and appear on the corresponding Q output as a HIGH. A LOW on the \overline{R} input while the \overline{S} input is HIGH will clear the Q output to a LOW. Simultaneous transition of the \overline{R} and \overline{S} inputs from LOW-to-HIGH will cause the Q output to be indeterminate. Both inputs are voltage level triggered and are not affected by transition time of the input data.

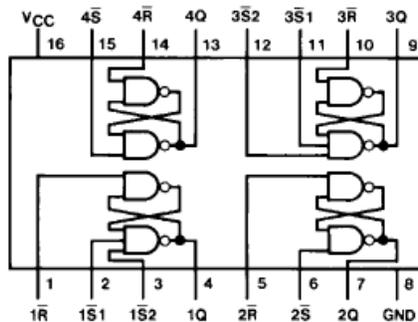
DM74LS279 Quad S-R Latch

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS279M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS279N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

Inputs		Output
\overline{S} (Note 1)	\overline{R}	Q
L	L	H (Note 2)
L	H	H
H	L	L
H	H	Q_0

H = HIGH Level
L = LOW Level
 Q_0 = The Level of Q before the indicated input conditions were established.

Note 1: For latches with double \overline{S} inputs:

H = both \overline{S} inputs HIGH
L = one or both \overline{S} inputs LOW

Note 2: This output level is pseudo stable; that is, it may not persist when the \overline{S} and \overline{R} inputs return to their inactive (HIGH) level.



DM74LS279

Absolute Maximum Ratings (Note 3)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 3: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 4)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max V _{IL} = Max, V _{IH} = Min	2.7	3.5		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max V _{IL} = Max, V _{IH} = Min I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.35 0.25	0.5 0.4	V
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	µA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.4	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 5)	-20		-100	mA
I _{CC}	Supply Current	V _{CC} = Max (Note 6)		3.8	7	mA

Note 4: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 5: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Note 6: I_{CC} is measured with all \bar{R} inputs grounded, all \bar{S} inputs at 4.5V and all outputs OPEN.

Switching Characteristics

at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	R _L = 2 kΩ				Units
			C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
			Min	Max	Min	Max	
t _{pLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	\bar{S} to Q		22		25	ns
t _{pHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	\bar{S} to Q		15		23	ns
t _{pHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	\bar{R} to Q		27		33	ns



A.3 Planos del sistema actual y el sistema propuesto

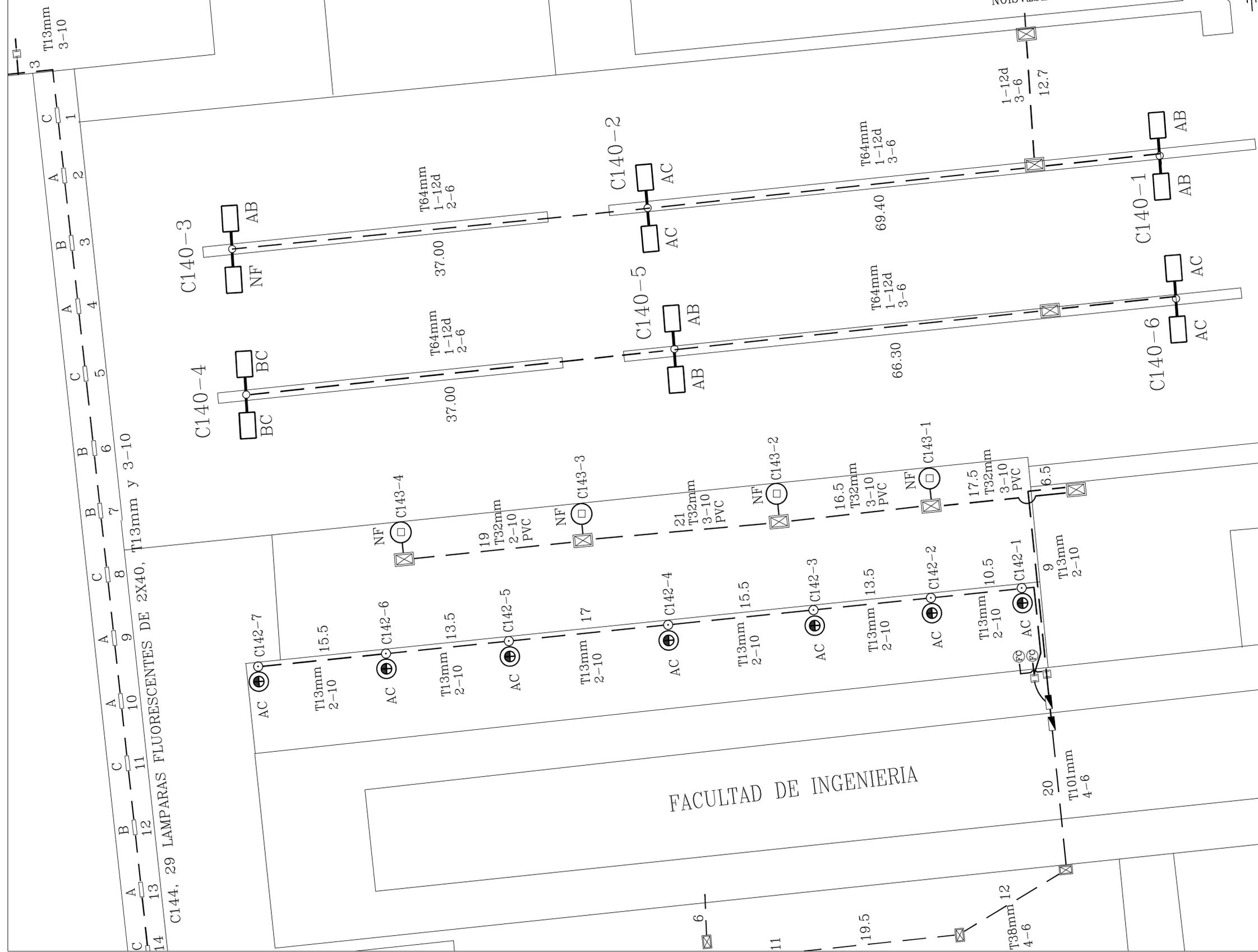
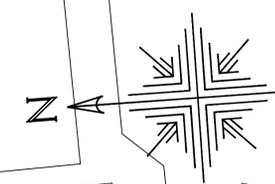
Plano 1: Sistema de luminarias de acuerdo a planos actuales

Plano 2: Sistema de luminarias con tecnología LED propuesto

UNIDAD DE POSGRADO

CELE

SUBESTACION



- POSTE 2 BRAZOS, V.S 250 W / SAM100 V.S 1000 W
- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X40 W
- REFLECTOR, VAPOR DE SODIO 150 W
- CANALIZACION (DISTANCIA EN METROS)
- FOTOCELDA
- CONTACTOR
- DESCONECTADOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES CARGA INSTALADA
- REGISTRO
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
- TRANSFORMADOR
- INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO
- TABLERO DE DISTRIBUCION
- SUBE
- CAJA DE REGISTRO
- DIAMETRO DE TUBERIA
- CABLE DESNUDO
- NF NO FUNCIONA
- A, B, C FASES
- CM-N C=CTO, M=No. DE CTO, N=No. DE LUMINARIA

DIAGRAMAS UNIFILARES DEL ALUMBRADO PUBLICO

