

TESIS SIN PAGINACION

261
2 eje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL TOPOGRAFICA Y GEODESICA

**SISTEMA EXPERTO PARA ASESORAR ILUMINACION EN
CENTROS COMERCIALES, HOTELES Y EDIFICIOS**

T E S I S

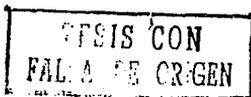
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

OCTAVIO AUGUSTO M. HERNANDEZ DELGADO

DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE LARA ROSANO





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

Señor

OCTAVIO A. M. HERNANDEZ DELGADO

Presente.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-213/93

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. FELIPE LARA ROSANO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"SISTEMA EXPERTO PARA ASESORAR ILUMINACION EN CENTROS
COMERCIALES, HOTELES Y EDIFICIOS"**

- I. INTRODUCCION
- II. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS
- III. AHORRO DE ENERGIA EN CENTROS COMERCIALES, HOTELES Y EDIFICIOS
- IV. DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO
- V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- VI. BIBLIOGRAFIA
- VII. APENDICES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, 21 de febrero de 1994.

EL DIRECTOR.

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl1

**“Nunca me he sentido más orgulloso de ser universitario como ahora...
porque es la Universidad, son nuestras instituciones las que generan el espíritu
con que habremos de afrontar los problemas y con que sabremos apreciar los
triumfos”**

Javier Barros Sierra (01/08/1968)

Hasta la victoria siempre !!

Ernesto 'CHE' Guevara

A mis padres

por el carácter y la fuerza

A mi Facultad

por el conocimiento y los ideales

A mis amigos

por la irreverente risa

Reconocimientos:

A mis padres por haberme guiado paso a paso con mano segura.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser la gran institución que me acogió y me abrió la mente al conocimiento.

A la Facultad de Ingeniería, y al Laboratorio de Inteligencia Artificial y Multimedia del Instituto de Ingeniería por abrirme las puertas para experimentar con el conocimiento adquirido.

Al Dr. Felipe Lara Rosano y al M.I. Nicolás Kemper Valverde por la confianza expresada y por la dirección de este trabajo sin la cual no habría sido posible su realización.

A los compañeros del laboratorio; y en especial a la gente de Sistemas Expertos por su colaboración y comentarios.

A todas las excelentes personas que estuvieron conmigo y me brindaron apoyo y ayuda incondicional a lo largo de la aventura universitaria, y en especial a la *banda* de Ingeniería Civil por los mejores momentos de la misma.

INDICE

CAPITULO I

- 1.1 Antecedentes y justificación
- 1.2 Objetivos del proyecto

CAPITULO II

- 2.1 Inteligencia artificial
 - 2.1.1 Técnicas de base
 - 2.1.1.1 Búsqueda heurística
 - 2.1.1.2 Lógica y razonamiento
 - 2.1.1.3 Presentación del conocimiento
 - 2.1.1.4 Lenguaje y herramientas de programación
 - 2.1.2 Áreas de aplicación
 - 2.1.2.1 Procesamiento del lenguaje natural
 - 2.1.2.2 Resolución de problemas y planeación
 - 2.1.2.3 Sistemas basados en el conocimiento
- 2.2 Sistemas expertos
 - 2.2.1 Estructura interna de un sistema experto
 - 2.2.1.1 Base de conocimiento
 - 2.2.1.2 Motor de inferencia
 - 2.2.1.3 Interfaces con el usuario y con el experto
 - 2.2.2 Arquitectura de los sistemas expertos
 - 2.2.2.1 Sistemas expertos aislados
 - 2.2.2.2 Sistemas expertos integrados
 - 2.2.2.3 Sistemas expertos embebidos
 - 2.2.3 Metodología de construcción para los sistemas expertos
 - 2.2.3.1 Estudio de la demanda
 - 2.2.3.2 Análisis del problema

- 2.2.3.3 Elección de la fuente del conocimiento
- 2.2.3.4 Elección del soporte (Shell)
- 2.2.3.5 Construcción del prototipo del sistema experto
- 2.2.3.6 Validación del sistema experto
- 2.2.4 Aplicaciones actuales

CAPITULO III

- 3.1 Introducción al proyecto de iluminación
 - 3.1.1 Cantidad de luz
 - 3.1.2 Calidad de luz
 - 3.1.3 Clasificación de las luminarias
 - 3.1.4 Métodos de iluminación
 - 3.1.5 Elección de las fuentes de luz
 - 3.1.6 Elección del equipo
- 3.2 Alumbrado en centros comerciales
 - 3.2.1 Consideraciones y técnicas generales
 - 3.2.1.1 Alumbrado directo
 - 3.2.1.2 Alumbrado indirecto
 - 3.2.1.4 Elección de la fuente de luz
 - 3.2.2 Alumbrado para destacar el producto
 - 3.2.2.1 Mostradores y parte superior de los escaparates
 - 3.2.2.2 Escaparates
 - 3.2.2.3 Vitrinas
 - 3.2.2.4 Exposición de artículos
 - 3.2.2.5 Zonas de venta.
 - 3.2.3 Alumbrado de escaparates
 - 3.2.3.1 Imágenes reflejadas
 - 3.2.3.2 Escaparates de frente abierto
 - 3.2.3 Control de tránsito
 - 3.2.4 Decoloración de las mercancías

- 3.3 Iluminación de hoteles y edificios
 - 3.3.1 Consideraciones de diseño para lugares específicos
 - 3.3.1.1 Exteriores
 - 3.3.1.2 Espacios públicos
 - 3.3.1.3 Habitaciones y cuartos de huéspedes
 - 3.3.2 Consideraciones generales de diseño
 - 3.3.2.1 Selección de los acabados arquitectónicos
 - 3.3.2.2 Selección de las fuentes de luz
 - 3.3.2.3 Color de las superficies y luz
 - 3.3.2.4 Iluminación de emergencia
- 3.4 Métodos de cálculo de iluminación interior
 - 3.4.1 Método de Lumen
 - 3.4.2 Método punto por punto
- 3.5 Medidas generales de ahorro de energía
 - 3.5.1 Reducir los niveles de iluminación
 - 3.5.2 Usar solamente la iluminación necesaria
 - 3.5.3 Utilización de luz natural
 - 3.5.4 Mejoramiento de la eficiencia de las luminarias existentes
 - 3.5.5 Instalar lámparas más eficientes

CAPITULO IV

- 4.1 Análisis y planteamiento del problema
- 4.2 Objetivos de EXILCO
- 4.3 Adquisición del conocimiento
 - 4.3.1 Sitio de observación
 - 4.3.2 Fuentes y niveles de conocimiento
- 4.4 Elección del Shell a utilizar
 - 4.4.1 Características generales de EXYS Professional
 - 4.4.2 Pruebas realizadas con EXSYS Pro
- 4.5 Estructuración del conocimiento

- 4.6 Base de conocimientos
- 4.7 Elaboración de programas externos
- 4.8 Verificación y validación
- 4.9 Metodología de evaluación

CAPITULO V

- 5.1 Conclusiones
- 5.2 Recomendaciones

CAPITULO VI

- 6.1 Bibliografía

ANEXOS

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El análisis de la iluminación por computadora es un elemento indispensable para responder a las exigencias actuales en materia de iluminación y ahorro de energía. Para realizar actividades de todo tipo en forma eficiente, se requiere de un entorno confortable y una iluminación conforme a las características ergonómicas de las personas que las realizan. El aumento del confort no se concibe sin un estudio detallado. Es así que el Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolló un sistema experto denominado SEILUM a nivel de prototipo, con el objetivo de asesorar tareas de ahorro y uso eficiente de energía en los sistemas de iluminación industrial.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores, se ha considerado necesario actualizar y acrecentar la base de datos de SEILUM para aplicaciones en el sector comercial y habitacional, más exacta y acorde con los nuevos desarrollos tecnológicos en iluminación. Por otro lado, puesto que en los sectores antes mencionados el nivel de consumo de energía por concepto de iluminación es muy alto (estudios de 1993 reportan que en centros comerciales en el área metropolitana de la Cd. de México la iluminación abarca hasta un 24% del consumo total de energía de los edificios), se considera importante ampliar la aplicación de SEILUM hacia esta área, básicamente para asesorar sobre ahorro de energía en centros comerciales, hoteles y edificios habitacionales.

México se enfrenta actualmente al reto de la productividad y el mejoramiento en la calidad de la generación de productos y servicios para poder competir con los países de primera línea en aspectos de Ingeniería y tecnológicos.

Esta situación hace necesaria la creación y desarrollo de tecnología propia como apoyo fundamental de los procesos de Ingeniería para conseguir abatir costos que hasta ahora hacían más difícil la realización de proyectos más eficientes por causa del largo período de amortización de los mismos.

Es indudable que la mayor innovación en herramientas auxiliares de la Ingeniería actual es el uso de la computadora. Ésta ha cambiado las formas de concebir y realizar el análisis y diseño de los diversos elementos integrantes de un proyecto de Ingeniería. Como resultante de esto, podemos decir que la Ciencia de la computación ha dejado de ser un elemento meramente teórico para convertirse en un campo en el que interactúan la ciencia, la tecnología y las aplicaciones, además de ser ahora un elemento de uso cotidiano y obligado en la mayoría de los proyectos de Ingeniería

Dentro de las ciencias de la computación, se puede decir que la Inteligencia Artificial (IA) es el área que ha tenido un mayor desarrollo en años recientes convirtiéndola en una rama muy dinámica y con un potencial de aplicación enorme dentro de todos los campos de la investigación de la Ingeniería moderna. Una de las ramas de la IA es la llamada tecnología de los Sistemas Expertos. Ésta tiene una gran capacidad para resolver problemas en los que no existen soluciones únicas ni exactas es decir, que no existen algoritmos para resolverlos o que su solución es inadecuada, sino que el factor fundamental para su resolución es la experiencia humana.

Los Sistema Expertos son programas de computadora que, en vez de guiarse mediante un algoritmo para la solución de problemas, cuentan con una *Base de conocimientos* donde se han vertido, tanto el conocimiento, como las reglas de decisión de uno o varios expertos humanos con respecto a cierto tipo de problemas o área de la investigación. A partir de esta base de conocimientos, el programa cuenta con un *Módulo de inferencia* que deriva las soluciones apropiadas para un problema en particular dentro del campo ya establecido. Además de la solución del problema, los sistemas expertos cuentan con mecanismos de explicación de los procesos de razonamiento y en algunas ocasiones, inclusive con mecanismos para retroalimentarse y aprender a partir de los problemas ya resueltos.

En Ingeniería existe una gran cantidad de problemas que son resueltos por medio de reglas empíricas que han sido asimiladas por expertos humanos a lo largo de su experiencia laboral y que, debido a su complejidad y uso de los más variados recursos del conocimiento, no pueden ser resueltos mediante los métodos usuales de programación a fin de hacerlos más manejables y de reducir el tiempo de resolución de los mismos. Es muy común encontrar este tipo de problemas en áreas tales como el diseño, construcción e inclusive mantenimiento de obras civiles, así como en la planeación, gestión y toma de decisiones, por los que se puede apreciar que la rama de la Ingeniería Civil ofrece un campo de trabajo para los sistemas expertos con un gran potencial de desarrollo, flexibilidad y capacidad de llegar a interrelacionar áreas diversas del conocimiento empleado para el desarrollo de proyectos mediante el uso de estos sistemas.

Otro factor que ha sido decisivo y propicio para el desarrollo de sistemas expertos dentro de los centros y organismos de investigación mexicanos ha sido la gran carencia de técnicos especializados en materia de ahorro de energía y los altos costos que una asesoría de este tipo representa para los propietarios de inmuebles tales como centros comerciales, hoteles y edificios, tanto de oficinas como de tipo habitacional. A esto debe agregarse el hecho de que la mayoría de dichos expertos humanos se encuentran concentrados en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, haciendo el acceso a este tipo de evaluaciones y asesorías casi imposible para las empresas de provincia.

La solución a esta problemática está en lograr proporcionar el acceso a este grupo de conocimientos a una mayor cantidad de personas y a un costo mucho más bajo que el actual y con mayor facilidad de disponibilidad a lo largo del tiempo. Ante esta opción de mejoramiento, los sistemas expertos surgen como una solución a nivel tecnológico y económico muy viable para resolver esta clase de problemas. A esto podemos añadir que un sistema experto representa una mayor facilidad en el transporte y utilización de los conocimientos concernientes a cierto tipo de problemas que la contratación de un servicio de asesoría en el que hay que movilizar hasta la fuente del problema a un grupo de expertos humanos lo cual representa para las empresas un gasto mucho mayor que en ocasiones las mismas no están dispuestas a realizar o no pueden hacerlo sin poner en peligro su estabilidad financiera.

Entre otras ventajas del uso de los sistemas expertos está la de poder modificar el sistema, ya sea para adecuarlo a las necesidades específicas del cliente o para actualizar los conocimientos del mismo o los métodos y procesos empleados para la evaluación energética y, de esta forma, evitar que el sistema experto caiga en la obsolescencia.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Ante la presencia del problema del ahorro de energía en la industria y el comercio, los empresarios han comenzado a preocuparse por averiguar si sus instalaciones y edificios son eficientes en este aspecto, razón por la cual se han comenzado a llevar a cabo evaluaciones de tipo energético en una gran cantidad de edificios y por supuesto, la mayoría de los edificios que se construyen actualmente cuentan con algún sistema ahorrador de energía. Por esta razón y debido al problema de la insuficiencia de técnicos mencionada anteriormente, se ha presentado el ambiente propicio para el desarrollo de un prototipo de sistema experto que sea capaz de proporcionar ayuda al diseñador de instalaciones de iluminación comercial y habitacional y también al usuario que no conoce a fondo el tema pero desea tener cierta idea acerca de la eficiencia de sus instalaciones de iluminación.

Pensando en el tipo de usuarios finales que tendrá el sistema experto, se ha considerado prudente incluir en el mismo una serie de ayudas y explicaciones que hagan más comprensible el tipo de preguntas y razonamientos del programa; además de que se ha procurado utilizar un lenguaje sencillo y coloquial sin perder la esencia de los términos empleados en iluminación para que el usuario pueda entender en su totalidad y sin incertidumbre el tipo de pregunta que se le está haciendo y la información que el sistema experto le solicita para continuar. Al final de la corrida del sistema, se presenta al usuario un reporte de resultados de la evaluación del sistema de iluminación y las medidas recomendadas para mejorar las condiciones actuales.

En este punto cabe hacer mención que el sistema experto - a pesar de contener una gran cantidad de información y una gran variedad en las formas de utilizarla - no proporciona la solución al sistema de iluminación, sino que por medio de una serie de recomendaciones aclara el panorama acerca de las posibles opciones existentes que pueden mejorar la calidad de la iluminación, ahorrar en consumo de energía y por supuesto, en materia de costos; pero de cualquier forma, el usuario deberá ser quien tome la decisión más adecuada para su problema en particular.

Consideramos que este sistema tiene un gran potencial de desarrollo ya que al ser usado en diversos casos y bajo condiciones variadas se puede obtener una retroalimentación para mejorar sus características y dada la accesibilidad que el paquete de programación proporciona para la modificación del sistema, será muy fácil integrar mejoras, tanto en el proceso de evaluación energética, como en lo concerniente a tecnología desarrollada posteriormente.

Otro aspecto considerado es la posibilidad de crear nuevos sistemas expertos que puedan ser integrados a este y que de manera conjunta, ofrezcan un incremento notable en la eficacia de los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de obras de Ingeniería

A continuación se muestra un cuadro conteniendo las diversas áreas de aplicación de los Sistemas Expertos al uso y conservación de energía en sus diversas formas:

FUENTES DE ENERGIA	EXPLORAC. EXTRAC.	PRODUCC.	CONSERV. USO EFIC.	ADMON.	INVESTIGAC.	DISEÑO	SIMULAC.	EVALUAC.
Petróleo/Gas	3	2	0	0	1	4	1	2
Hidroeléctrica	0	0	0	0	0	0	1	1
Carboeléctrica	1	1	0	0	1	0	0	3
Solar	0	0	0	0	0	2	0	2
Geotérmica	1	0	0	0	1	1	0	0

CAPITULO II

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS

2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El término Inteligencia Artificial (en adelante IA) fue usado por primera vez en la conferencia de Darmouth, celebrada en 1956 en el Darmouth College. En ella se establecieron las bases actuales de la IA

La Inteligencia Artificial es el conjunto de técnicas que se aplican en el diseño de programas para computadora que tengan capacidad de razonar, en el sentido de inferir nueva información, y que por la dificultad del programa por resolver, requieren una solución con un grado de inteligencia.

Esta cualidad de inteligencia suele implicar una capacidad de aprendizaje, de autocorrección y de razonamiento que son elementos fundamentales de la IA. La cantidad y calidad de estas capacidades difíciles de medir, provocan largas discusiones para determinar si un producto puede o no, incluirse dentro de la IA.

Para Elaine Rich la Inteligencia Artificial estudia como conseguir que las computadoras hagan cosas que hasta el momento los humanos hacen mejor.

2.1.1 Técnicas de base.

El contenido de la IA es abundante porque cubre muchas áreas de aplicación, pero como contenidos básicos y comunes a la mayoría de las áreas hay que considerar las técnicas de base siguientes:

- Búsqueda heurística
- Lógica y razonamiento
- Lenguajes y herramientas
- Representaciones del conocimiento

Para algunos autores estos elementos pueden agruparse formando un anillo como se muestra en la figura, donde el anillo interior contiene los elementos que usan las diferentes áreas de aplicación. Esta estructura se conoce con el nombre de *modelo de cebolla*, porque los anillos exteriores cubren a los interiores tal como sucede con las capas de la cebolla

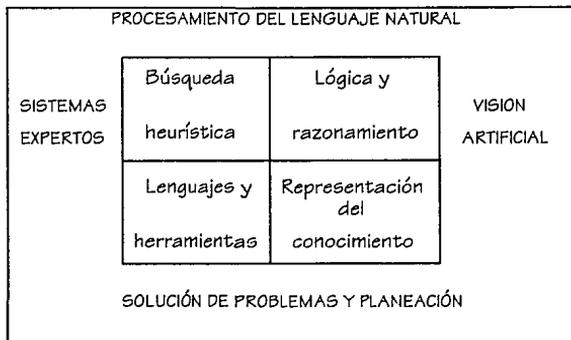


Figura 1: Elementos básicos de la Inteligencia Artificial.

2.1.1.1 Búsqueda heurística

La búsqueda heurística es una técnica que hace posible el proceso de selección de una solución de un determinado problema en el que el número de alternativas es muy alto.

Un ejemplo podemos encontrarlo en un programa que juegue ajedrez, el cual debe, para hacer un movimiento, revisar todos los posibles y, para cada uno, los que podría hacer el contrario y, por cada uno de ellos, los que podríamos hacer nosotros, y así sucesivamente. Este crecimiento del número de posibilidades es conocido con el nombre de explosión combinatoria.

Una técnica de búsqueda heurística sería aquella que permitiese encontrar una solución aceptable sin tener que revisar una por una todas las posibilidades.

2.1.1.2 La lógica y el razonamiento.

Desde el punto de vista de la IA, la lógica y el razonamiento agrupan las técnicas que permiten deducir nueva información. Son los métodos y algoritmos de trabajo.

2.1.1.3 La representación del conocimiento.

El propósito de la representación del conocimiento es organizar la información requerida por los métodos y algoritmos en una forma tal que les permita tomar decisiones, planificar, reconocer objetos y situaciones, en suma, razonar.

Una división clásica de los esquemas de representación es considerar, por un lado los declarativos y por otro, los de procedimiento. Los primeros se refieren a la representación de los hechos y afirmaciones, los de procedimiento, a las acciones y métodos.

De acuerdo con esta clasificación, un programa de IA comprenderá los dos tipos ya que necesitará hechos y métodos para trabajar.

2.1.1.4 Lenguaje y herramientas de programación.

La IA para desarrollar programas inteligentes necesita de herramientas. En la actualidad se dispone de lenguajes y herramientas muy poderosos que cubren la mayor parte de las necesidades y que se van ampliando continuamente.

2.1.2 Áreas de aplicación.

La IA tiene aplicación en casi todas las áreas tecnológicas actuales. Históricamente se han venido considerando tres áreas principales de aplicación:

- El procesamiento del lenguaje natural
- Resolución de problemas y planeación
- Sistemas basados en el conocimiento

A continuación se revisa cada una de estas áreas:

2.1.2.1 Procesamiento del lenguaje natural.

Una de las primeras líneas de investigación dentro de la IA ha sido la del procesamiento del lenguaje natural. Por lenguaje natural se entiende cualquiera de los idiomas que utilizamos los humanos para nuestra comunicación interpersonal en contraposición a los lenguajes de programación por computadora.

Las principales actividades en esta área tratan los siguientes problemas:

- Traducción automática
- Comprensión de textos
- Adquisición de conocimiento
- Sistemas de pregunta-respuesta
- Enseñanza asistida por computadora.

2.1.2.2 Resolución de problemas y planeación.

Dentro de esta clasificación se agrupan la mayor parte de los trabajos de IA ya que las aplicaciones del tipo de análisis de escenas, comprensión de lenguaje, planeación, gestión de información, juegos, etc. pueden considerarse casos de diferente complejidad de resolución de problemas. No obstante, son dos los tipos de problemas que normalmente encuadran aquí : Elaboración de planes para conseguir un objetivo mediante un proceso de síntesis y el otro tipo lo es la deducción.

Desde el punto de vista de la IA un problema se caracteriza por la existencia de una situación inicial, una situación deseada u objetivo y ciertos operadores (procedimientos o acciones generalizadas) que permiten pasar de una situación a otra.

2.1.2.3 Sistemas basados en el conocimiento.

El término "sistema basado en el conocimiento" (Knowledge based systems) se utiliza para referirse a aquellos programas de computadora que realizan funciones que suponen alguna de las propiedades asociadas con la inteligencia humana y que además incluyen dos características fundamentales; a saber:

- La absoluta separación entre los mecanismos (algoritmos, métodos) de operación y el conocimiento (información).
- La representación del conocimiento y las propiedades o relaciones entre sus componentes simbólicos y que tienen una gran componente semántica.

Dentro de los sistemas basados en el conocimiento, los Sistemas Expertos han destacado como una tecnología de punta.

2.2 SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas basados en el conocimiento se suelen dividir en:

- Sistemas expertos
- Bases de datos inteligentes
- Entornos de programación
- Sistemas de desarrollo
- Sistemas de simulación
- Programas de ayuda al operador

Entre todos ellos destacan por el gran desarrollo que están alcanzando, los Sistemas Expertos. En ellos, el conocimiento requerido para resolver un problema viene dado por la experiencia obtenida de un técnico en la materia al que se denomina experto. Este conocimiento generalmente está dado en forma de una serie de reglas heurísticas de comportamiento obtenidas a partir del análisis de casos similares ocurridos a lo largo del tiempo en dicho campo.

Una definición bastante completa acerca de lo que es un sistema experto, fue dada por Feigenbaum:

Un sistema experto es un programa inteligente de computadora, que usa procedimientos de conocimiento e inferencia para solucionar problemas que son suficientemente difíciles como para requerir experiencia humana en su solución. El conocimiento necesario para operar en tal nivel, añadidos los procedimientos de inferencia utilizados, puede ser considerado como un modelo de la experiencia de los mejores operadores en dicho campo

Revisando esta definición se pueden observar las siguientes características de los Sistemas Expertos:

- Es un programa para computadora.
- Dispone de una gran cantidad de conocimiento sobre el tema, fruto de la experiencia.
 - Lleva a cabo un razonamiento similar al que realiza un experto humano ante el problema planteado.
 - Puede operar tanto con datos cualitativos como cuantitativos.
 - Puede obtener conclusiones a partir de datos incompletos o inciertos.
 - Tiene una total independencia entre la base de conocimientos y las reglas con las que opera sobre estos.

2.2.1 Estructura interna de un sistema experto

Un sistema experto está formado internamente por :

- Base de conocimiento.
- Motor de inferencia.
- Interfaz con el usuario y el ingeniero de conocimiento.
- Control de ejecución.

2.2.1.1 Base de conocimiento

Dentro de la base de conocimiento se tienen dos tipos generales de unidades: los hechos y las reglas de producción. Los primeros representan a los conocimientos existentes sobre las variables generales del sistema. Son verdades indiscutibles, relaciones aceptadas entre dichas variables, valores posibles para dichas variables, etc. Las reglas de producción representan las unidades de razonamiento de un experto ante dichas variables, las consecuencias que pueden tener para algunas de ellas el cambio en otras, la relación causal entre los distintos hechos, etc.

2.2.1.2 Motor de inferencia

El motor de inferencia se encarga de utilizar de un modo ordenado las reglas de producción para, a partir de una situación determinada, poder responder a las preguntas de un usuario, o aconsejar la acción más oportuna ante un cambio del entorno. Su función primordial es la aplicación de las reglas que intervengan ante una situación determinada y establecer los cambios producidos por ellas en la base de conocimiento.

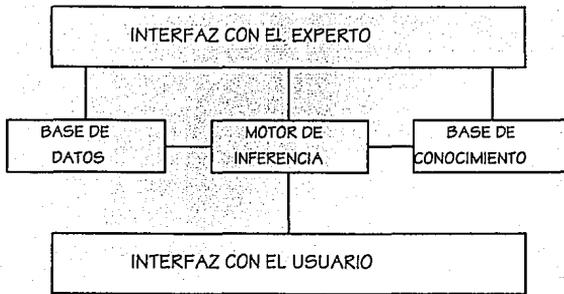
En general, se procura que el motor de inferencia utilice un mecanismo de razonamiento lo más parecido posible al humano, reproduciendo al máximo el modo de deducción del experto. Debe también ser comprensible en sus pasos para facilitar al usuario su seguimiento posterior por él mismo. Tiene dos funciones fundamentales:

- El examen de hechos existentes y reglas añadiendo hechos a la base de conocimiento en caso de así indicarlo las reglas aplicadas.
- Decidir el orden en el que se ejecutan las reglas cuando hay varias posibilidades.

Cada vez que el motor de inferencia examine una regla para ver si es aplicable, comprobará si sus condiciones iniciales se cumplen. En caso de ser así, afirmará este cumplimiento de las condiciones en su segunda parte o consecuentes. Cuando hay varias reglas ejecutables en el mismo instante, deberá elegir la que tenga mayor prioridad.

2.2.1.3 Interfaces con el usuario y con el experto

En los Sistemas Expertos es cada vez más necesaria la existencia de interfaces que permitan comunicarlo con el exterior. La principal será la situada entre el motor de inferencia y el usuario. Su existencia permite una mayor comodidad y facilidad de comprensión de las operaciones realizadas por el usuario, características sin las cuales no es posible la existencia de un sistema de este tipo. Otras interfaces también importantes son, la existente con el ingeniero de conocimiento para facilitar la construcción del sistema y la base de datos, una para recibir señales exteriores en caso de necesidad y otra, a veces necesaria para conectarla con el motor de inferencia.



Esquema de bloques de un SE

2.2.2 Arquitectura de los Sistemas Expertos

Aunque los SE comenzaron funcionando como bloques independientes de intercomunicación con el usuario, poco a poco la necesidad de llegar a estructuras más complejas se ha hecho presente a fin de desarrollar al máximo sus propiedades. De esta forma, actualmente se piensa en sistemas específicos que actúen de manera conjunta ayudándose unos a otros para la resolución de problemas. Es por esta causa que han surgido varios modos fundamentales de estructurar los Sistemas Expertos con el objeto de mejorar su funcionamiento. Se puede hablar de tres tipos de estructuras, que son:

2.2.2.1 - Sistemas Expertos aislados:

En este caso, el SE controla su propia base de datos y recibe directamente todas las entradas externas. Su estructura es la más simple y corresponde a lo que se ha ido introduciendo a lo largo del capítulo.

2.2.2.2 - Sistemas Expertos integrados.

Son aquellos que, debido a la complejidad del problema a tratar, existen varios SE conectados a una única base de datos. El acceso a dicha base suele ser a través de una interfaz especial. Existen dos formas fundamentales de estructuras de este tipo:

- Sistemas Front-End. El SE pide un dato requerido a la base de datos y ésta lo devuelve directamente.

- Sistemas Back-End. El SE pide un dato requerido a la base de datos. Cuando ésta observa que no dispone de él, pregunta a otro SE por dicho valor, espera a que se lo manden y lo devuelve al programa que realizó la llamada inicial.

2.2.2.3 - Sistemas Expertos embebidos.

Son aquellos en que uno o varios SE están introducidos en una aplicación general que actúa sobre ellos. Son un bloque más de ella, siendo activados cuando el sistema de control general lo considere oportuno. Devuelven los valores requeridos y esperan una nueva petición.

2.2.3 Metodología de construcción para los Sistemas Expertos.

Los SE, como cualquier forma de innovación tecnológica, tiene en su desarrollo e implantación, una serie de dificultades que provienen principalmente de:

- Las herramientas utilizadas.
- De la complejidad del problema.
- De las personas que intervienen.
- De la flexibilidad del propio sistema.

Todos estos factores deben ser considerados desde la primera concepción del sistema, por lo que se aconseja seguir alguna metodología ya validada para el desarrollo de un SE. A continuación se revisan los pasos involucrados en la creación de un SE, los cuales son:

- Estudio de la demanda.
- Análisis del problema.
- Elección de la fuente de conocimiento.
- Elección del soporte (Shell)
- Construcción del prototipo del SE.
- Validación del SE.

2.2.3.1 Estudio de la demanda.

En esta etapa se deben especificar los objetivos para los cuales se va a desarrollar el SE, los cuales pueden ser de tres tipos fundamentalmente:

- a) Para obtener experiencia. Esto con un propósito pedagógico o con el de formar especialistas en un determinado campo del conocimiento, sin la necesidad de tener presente en todo momento a un Experto Humano.
- b) Para automatizar la resolución de problemas en un área de conocimiento que por medio de las técnicas tradicionales, no es posible representar, o porque la cantidad de información es tan grande que su manejo entorpece la obtención de una solución adecuada.
- c) Para cubrir la demanda de usuarios (no expertos) en un área de conocimiento en la que necesitan resolver problemas.

2.2.3.2 Análisis del problema.

En esta fase se determina si es posible resolver un cierto tipo de problemas mediante la creación e implantación de un SE. También se determinan los propósitos generales con los que ha de cumplir el SE durante su

funcionamiento, y por último, se determina y delimita el dominio del conocimiento que utilizará.

Las condiciones propicias para la construcción de un SE se presentan cuando se cumple lo siguiente:

- El proceso de solución del problema contiene condiciones para que se realicen procedimientos alternativos y se den varias soluciones viables, es decir, la solución no es única.
- El conocimiento empleado no se encuentra con facilidad en libros o manuales y, de ser así, su utilización es lenta y muy laboriosa. Principalmente, el conocimiento proviene de la experiencia práctica de una serie de expertos en la materia.
- No existen ecuaciones o algoritmos que definan totalmente el comportamiento del problema en estudio, o solamente existen algoritmos y procedimientos que modelan parte del fenómeno y es posible ensamblarlos mediante un SE.
- Debe tratarse de un tipo concreto de problemas para que se puedan establecer las fronteras del dominio de la base de conocimientos y de las bases de datos que se utilizarán en el SE.

2.2.3.3 Elección de la fuente de conocimiento.

En esta fase es importante definir y asegurar que las personas y herramientas que son necesarias para el desarrollo del SE, tales como el Experto Humano, el Ingeniero de Conocimiento y las Herramientas de Construcción (lenguaje o entorno de programación) estén disponibles para colaborar en el desarrollo e implantación del SE.

2.2.3.4 Elección del soporte (shell).

La elección de la herramienta es, junto con la definición del problema una de las mayores dificultades de diseño. Existen bastantes herramientas y, "Para cada herramienta existe una tarea para la cual resulta especialmente adecuada" (Davis); desafortunadamente esto no se cumple cuando se le pretende aplicar a la inversa. De hecho, para cada tarea existirá una serie de herramientas aplicables que la podrán resolver con diferentes grados de facilidad y eficiencia. En la práctica la mayoría de las veces, el criterio de selección del soporte o herramienta obedece a lo siguiente:

- El Ingeniero de Conocimiento está familiarizado con ella.
- La herramienta viene impuesta por el hardware del diseñador.
- Se desarrolló una herramienta y, para probarla, se desarrollaron aplicaciones.

2.2.3.5 Construcción del prototipo del SE.

Durante esta etapa, el Ingeniero de Conocimiento transforma el conocimiento definido en las fases anteriores en un programa para la computadora. La construcción de este programa debe tener contenido, forma e integración. El contenido llega del dominio del conocimiento, es decir, estructura de datos, reglas de inferencia y estrategias de control necesarias para la resolución del problema. La forma viene definida por el lenguaje escogido. La integración supone la combinación y reorganización de las diferentes piezas de conocimiento para eliminar los errores globales entre estructuras de datos, reglas y especificaciones de control.

La realización debe abordarse pronto, porque la misma permite verificar la efectividad del diseño de las decisiones hechas durante las fases anteriores. Esto significa que hay muchas probabilidades de que el diseño original del prototipo sea modificado durante el desarrollo.

2.2.3.6 Validación del SE.

Finalmente la fase de validación supone la evaluación de las capacidades y utilidad del programa prototipo y de su revisión si es necesario. El Experto en el problema evalúa el prototipo y ayuda al Ingeniero de Conocimiento a su revisión. Tan pronto como el prototipo funcione con unos pocos ejemplos, deberá procederse a medir su eficiencia y utilidad.

El SE debe ser realizado pensando en la realización de verificaciones y pruebas posteriores, que permitan modificaciones no muy costosas en tiempo. Los usuarios finales piden que el sistema sea rápido, confiable, fácil de usar y generoso cuando se cometan errores. Antes de estar listo para ser utilizado como un sistema comercial, el SE debe superar gran cantidad de pruebas y verificaciones.

Galán (3) nos presenta una clasificación en función de su estado de realización de la forma siguiente:

- *Prototipo de demostración* (50-100 reglas).- El sistema resuelve una parte del problema y debe demostrar la viabilidad del proyecto.
- *Prototipo de investigación* (200-500 reglas).- El sistema tiene unos resultados creíbles, pero aún es frágil.
- *Prototipo de campo* (500-1000 reglas).- El sistema ya es operativo, pero aún debe mejorar sus cualidades de velocidad, confiabilidad y adaptación al entorno.
- *Prototipo de producción* (1000-1500 reglas).- El sistema está ya terminado, es correcto pero solo sirve para un usuario.
- *Sistema comercial*.- Se trata de un modelo de producción que se ha generalizado para convertirlo en una herramienta de amplio rango de utilización.

Como unidad de medida puede utilizarse el número de reglas que componen un SE. En la actualidad la mayoría de los sistemas son prototipos de una u otra categoría, y existen muy pocos sistemas comerciales.

2.2.4 Aplicaciones actuales.

Los SE se vienen utilizando en todas las áreas de aplicación. Desde agricultura, defensa, química, medicina, ingeniería, etc. En los libros sobre el tema se presentan grandes listas de estos sistemas, agrupados ya sea por área, por herramienta utilizada, por el centro de desarrollo, etc.

A continuación se presenta una relación, tomada de algunos libros que tratan esta materia, en la que se presentan por funciones y áreas algunos de los SE más conocidos.

FUNCIÓN: Diagnóstico.

Área: Medicina

PIP (MIT)

MYCIN,PUFF (Univ. Stanford)

Área: Centrales nucleares

REACTOR (EG&G Idaho, Inc.)

Área: Perforaciones petroleras

DIP-METER-ADVISOR (MIT/Schlumberger)

FUNCION: Análisis

Área: Geología

PROSPECTOR (SRI)

Área: Circuitos eléctricos
EL (MIT)

Área: Daños sísmicos en estructuras
SPERIL (Univ. de Purdue)

FUNCIÓN: Diseño

Área: Síntesis de circuitos
SYN (MIT)

Área: Síntesis química
SYNCHEM (Univ. New York)

FUNCIÓN: Interpretación de señales

Área: Comprensión del lenguaje natural
HEARSAY-II (Univ. Carnegie-Mellon)

Área: Comprensión de imágenes
VISIONS (Univ. Massachusetts)
ACRONYM (Univ. Stanford)

FUNCIÓN: Enseñanza asistida por computadora

Área: Localización de averías electrónicas
SOPHIE (Bolt, Beranek y Newman)

Área: Matemáticas
EXCHECK (Univ. Stanford)

A continuación se enumeran algunos de los sistemas desarrollados para aplicaciones de Ingeniería en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

- SEILUM Ahorro de energía en iluminación industrial.
- CALDERA1 Rendimiento de calderas.
- CALIDAD1 Asesoría para elección de gráficas de control de calidad.
- SEGEO Asesoría en exploración geotécnica en el Valle de México.
- SICANIG Información sobre rasgos generales del subsuelo.
- SEDPCIM Diseño preliminar de tipos de cimentación en el D.F.
- TUTEXP Tutorial en el uso de explosivos.
- PRESAS Análisis dinámico de presas de tierra.
- INDUSTRIA Diagnóstico operativo en la pequeña y mediana industria.

CAPITULO III

AHORRO DE ENERGIA EN CENTROS COMERCIALES, HOTELES Y EDIFICIOS

3.1 INTRODUCCION AL PROYECTO DE ILUMINACION

El proyecto de cualquier instalación de alumbrado lleva consigo la consideración de numerosas variables: ¿Cual es el objeto de la instalación?, ¿Cual es la dureza del trabajo visual a realizar y cuanto tiempo va a durar?, ¿Cuales son las exigencias arquitectónicas y decorativas, junto a las limitaciones constructivas del lugar de emplazamiento?, ¿Que consideraciones económicas entran en juego?. Las respuestas a tales preguntas determinan la cantidad de luz necesaria y los mejores medios para conseguirla. Existen ciertas reglas básicas para determinar la cantidad adecuada y la buena calidad, que deben observarse siempre.

3.1.1 Cantidad de luz.

Una de las medidas más significativas de la idoneidad de una instalación de alumbrado es la cantidad de luz que proporciona. La distribución de la iluminación, lo mismo que el nivel luminoso, deberá venir definida por la finalidad de la instalación. Tanto en la luz para tareas específicamente visuales, como en la luz para trabajos de producción, normalmente es conveniente colocar las luminarias de tal manera que den una iluminación razonablemente uniforme sobre toda el área. La relación entre iluminación máxima, bajo luminarias, y la mínima, en lugares situados entre dos de ellas, no debe de ser nunca mayor de $3/2$, y para obtener los mejores resultados debe acercarse todo lo posible a la unidad. Las luminarias con distribución ancha pueden colocarse más separadas para la misma altura de montaje, que las que tienen una distribución más concentrada.

Los fabricantes proporcionan las distancias máximas para diversos tipos de equipos en función de la altura de montaje o del techo. Debe tenerse en cuenta que estas cifras son valores máximos desde el punto de vista exclusivo de una razonable uniformidad, y que con frecuencia, será necesaria una colocación más próxima para producir los niveles de iluminación deseados.

Cuando sea ventajoso concentrar la luz en áreas específicas de trabajo, o cuando se utilice ésta para efectos dramáticos o decorativos, la iluminación uniforme no es aconsejable. En ciertos tipos de comercio resulta una buena medida dirigir sobre las zonas de venta y exposición mayor iluminación que sobre las zonas generales de tráfico.

El plano específico en el que se va a suministrar la iluminación, o *plano de trabajo*, también debe tenerse en consideración. El cometido visual puede localizarse en un plano horizontal (en un despacho o en una máquina) en una superficie vertical o inclinada, o incluso en la superficie inferior de grandes objetos, tal como la sección de montaje de una fábrica de aviones. Conviene elegir luminarias que puedan iluminar de la mejor manera el área de trabajo.

3.1.2 Calidad de luz.

La adecuada cantidad de luz por sí sola no asegura una buena iluminación. La buena calidad es tan importante como la cantidad, y normalmente es más difícil de conseguir. Los factores que intervienen en la calidad de la iluminación son muchos y complejos, pero el deslumbramiento, las relaciones de brillo, la difusión y el color pueden considerarse como los más importantes.

Deslumbramiento.- El deslumbramiento es cualquier tipo de brillo que produce molestia, interferencia con la visión o fatiga visual. Como es difícil evaluar matemáticamente los distintos elementos del deslumbramiento, se han establecido ciertos factores específicos determinantes:

1.- Brillo de la fuente. Cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia y la interferencia con la visión.

2.- Tamaño de la fuente, expresado en función del ángulo subtendido por el ojo. Un área grande de bajo brillo, como un panel luminoso, o un cierto número de luminarias de bajo brillo pueden ser tan molestas como una sola fuente pequeña de alto brillo.

3.- Posición de la fuente de luz. El deslumbramiento decrece rápidamente a medida que la fuente se aparta de la línea de visión. Una luminaria suspendida en el campo de la visión produce mayor deslumbramiento que una montada por encima del ángulo visual normal.

4.- Contraste de brillo. Cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto del deslumbramiento.

5.- Tiempo. Una exposición a la luz que puede no ser molesta durante un corto período de tiempo, puede ser muy molesta y fatigosa para una persona que tuviera que trabajar 8 horas al día en tales condiciones.

Relaciones de brillos (luminancia, brillo fotométrico).- Las excesivas relaciones de brillo en el campo de la visión o contrastes de brillo entre las superficies adyacentes, incluso cuando no son lo suficiente fuertes para que constituyan "deslumbramiento", pueden ser muy perjudiciales para la calidad del alumbrado. Por ejemplo, no es conveniente un brillo alto del objeto de trabajo con un brillo comparativamente bajo de los alrededores, ya que obliga a reajustar continuamente los ojos de un nivel de brillo a otro. Los brillos más altos en el campo periférico que en el de trabajo tienden a distraer el ojo de la tarea visual, por lo cual deben evitarse.

Difusión.- La iluminación que resulta de la luz procedente de varias direcciones, en contraposición a la luz que procede de una sola dirección, se llama *difusa*. La difusión es función del número o tamaño físico de las fuentes de luz que contribuyen a la iluminación de un punto determinado y se miden en términos de la ausencia de sombras.

El grado de difusión deseable depende del tipo de trabajo que se ha de realizar. La luz difusa es ideal para trabajos que requieren una buena visión, Por otra parte, algunos detalles se ven más rápido mediante deslumbramiento o reflexión especular en pequeñas zonas que, bajo una iluminación totalmente difusa, pasarían inadvertidas. La luz direccional es deseable para llamar la atención sobre modelos o destacar un escaparate, y las consideraciones estéticas exigen frecuentemente la adición de algún componente direccional en instalaciones de alumbrado general, para impedir la visión monótona y sin interés que resulta de un alumbrado enteramente difuso.

Color.- El color de la luz no influye en la eficiencia de la luz. Para la realización de tareas visuales normales, ninguna fuente de luz aventaja a otra, desde el punto de vista del color. Sin embargo, en algunas aplicaciones especializadas - sobre todo en combinaciones de color, en procesos discriminatorios del color y en ciertas tareas de inspección- el color de la fuente puede ser un factor determinante en la calidad de la iluminación.

3.1.3 Clasificación de las luminarias.

Una iluminación de buena calidad y adecuada cantidad puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias, Clasificadas con arreglo a la distribución vertical de luz. La selección del tipo más idóneo para cualquier aplicación particular depende en parte de las características físicas de la habitación, del trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se desean conseguir.

Iluminación Indirecta.- El 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, en ángulos por encima de la horizontal. Prácticamente, toda la luz efectiva en el plano de trabajo se refleja hacia abajo por el techo y en menor medida por las paredes.

Iluminación Semi-indirecta. - Del 60% al 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, en ángulos por encima de la horizontal, mientras que el resto se dirige hacia abajo.

Iluminación General difusa o directa-indirecta.- Del 40% al 60% de la luz se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal. La mayor parte de la iluminación existente sobre el plano de trabajo es resultado de la luz que procede directamente de la luminaria, pero hay una porción importante de luz dirigida al techo y a las paredes laterales.

Iluminación Semi-directa.- Del 60% al 90% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. En esencia, el nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo normal, es resultado de la luz que viene directamente de la luminaria.

Iluminación Directa.- Entre el 90% y el 100% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. Un sistema de alumbrado directo es un eficaz productor de luz en la zona usual de trabajo. Sin embargo, esta eficiencia se consigue frecuentemente a expensas de factores de calidad tales como sombras y deslumbramientos directos o reflejados.

3.1.4 Métodos de iluminación.

La iluminación producida por cada uno de los tipos de luminaria antes mencionados puede clasificarse ulteriormente con relación a la distribución de la luz sobre la zona a iluminar. La clasificación del alumbrado en general, general localizado o suplementario, depende de los equipos y sus características de distribución.

Alumbrado general.- Se llama así a una disposición de las luminarias que proporcionen un nivel razonablemente uniforme de iluminación en un área interior. La distribución más uniforme se obtiene mediante la colocación simétrica de las luminarias necesarias para producir la luz deseada, se deberá estudiar una colocación aproximada de las lámparas, ajustándolas de forma que el número total de ellas sea divisible por el número de filas.

Alumbrado general localizado.- Este tipo de alumbrado consiste en colocar los equipos de alumbrado general en zonas especiales de trabajo donde se necesitan altas intensidades, bastando con la luz emitida por dichas luminarias para iluminar las áreas contiguas.

Alumbrado suplementario.- El alumbrado suplementario proporciona una intensidad relativa en puntos específicos de trabajo, mediante un equipo de alumbrado directo combinado con la iluminación general o localizada.

3.1.5 Elección de las fuentes de luz

La elección de las fuentes de luz (incandescentes, fluorescentes, de vapor, etc.) depende en gran medida del aspecto del conjunto y de la economía. En ciertas aplicaciones, la gran superficie de la lámpara fluorescente es más ventajosa desde el punto de vista de bajo brillo y mínimo deslumbramiento reflejado. Por otra parte, cuando se desea un control exacto son más efectivas las fuentes más pequeñas pero de mayor brillo.

Las características de funcionamiento de las lámparas de las lámparas fluorescentes o de vapor de mercurio han de considerarse con gran cuidado si se planea instalarlas en lugares donde se van a encender o apagar a intervalos frecuentes, o donde van a estar sometidas a fluctuaciones excesivas a la tensión de suministro, o a temperaturas extremosas. Cuando la capacidad de los conductores existentes limite la potencia a instalar, la instalación fluorescente o de mercurio suele ser a menudo el único medio para resolver el problema de conseguir unos niveles más altos de iluminación.

En ciertas circunstancias, el color de la fuente de luz y la consecución de un efecto agradable pueden ser factores decisivos a favor de uno u otro tipos de lámparas .

La existencia de instalaciones de aire acondicionado también ha de tenerse en cuenta, sobre todo en altos niveles de iluminación. Las lámparas incandescentes producen aproximadamente una energía radiante total equivalente a cinco veces la que producen las lámparas fluorescentes, para una misma cantidad de luz. Esta radiación es absorbida por paredes, techos, muebles y ocupantes de la habitación en forma de calor, lo cual puede o no ser una ventaja, según sean las condiciones de temperatura de la habitación y demás factores.

Aparte de estas consideraciones especiales, la elección de una fuente de luz es en gran parte un problema de análisis de costos, que incluye el costo original de los equipos y conductores y el costo de la energía, conservación y sustitución de lámparas, y otros puntos afines.

3.1.6 Elección del equipo

La distribución de la intensidad luminosa propia para la aplicación en cada caso particular de alumbrado, deberá ser la primera consideración en la elección de un equipo de alumbrado. Las luminarias deberán elegirse de acuerdo con sus características de distribución, adecuadas a las necesidades de cada situación dada.

La eficiencia de una luminaria da idea de la calidad de sus materiales y diseño. Cualquier control aplicado a la emisión luminosa de una lámpara desnuda se traduce en absorción de luz. Generalmente, cuanto mayor sea el grado de control alcanzado, mayor será la pérdida de luz. En muchas instalaciones, el uso de luminarias de baja eficiencia es justificable ante la idea de conseguir el efecto deseado. por ello no es práctica la comparación de eficiencias de distintos tipos de luminarias.

Sin embargo, las que producen el mismo tipo de control luminoso pueden compararse en función de su eficiencia, prefiriéndose las que tengan mayor.

Las conexiones eléctricas cuidadosamente hechas en las luminarias garantizan un funcionamiento eficiente y sin averías.

La construcción mecánica es importante en toda clase de tipos de luminarias, pero requieren una atención especial en las proyectadas para la fuentes de luz fluorescente más largas. Principalmente que las partes de metal sean lo suficientemente robustas para mantener alineados los diversos elementos y poder soportar con seguridad los relativamente pesados accesorios. Otro factor importante es la accesibilidad que han de tener las lámparas y las demás partes eléctricas para su manipulación y limpieza.

La apariencia externa de la luminaria deberá estudiarse con relación a la arquitectura y a la decoración de la zona a la que se destina. Las necesidades dependerán en cierta medida de que se trate de una instalación funcional, decorativa o una mezcla de ambas. En cualquier caso, deberá armonizar con los alrededores en estilo arquitectónico, tamaño y motivos decorativos.

3.2 ALUMBRADO EN CENTROS COMERCIALES

La luz es uno de los elementos más importantes en cualquier actividad comercial. Ayuda a atraer la atención hacia la tienda y hacia las mercancías del escaparate, y hace que sea atractiva desde el exterior, de manera que la gente se sienta invitada a entrar en ella. Una vez que el cliente está dentro, es imprescindible una luz utilizada convenientemente para que las mercancías resulten sugestivas. También puede ser valiosa ayuda en la dirección del tránsito de la tienda. Como parte del alumbrado interior, es uno de los factores para crear un ambiente agradable y adecuado. Las tiendas bien iluminadas contribuyen en mayor medida a una buena venta comercial: son lugares de trabajo agradables, mejorando con ello la moral y la eficiencia en la venta de los empleados.

3.2.1 Consideraciones y técnicas generales

La mayor parte de las tiendas tienen algún sistema de alumbrado básico para proporcionar iluminación a las zonas de circulación o el alumbrado de base a la iluminación suplementaria de las áreas de ventas, o bien para suministrar el alumbrado general de ambas zonas. Un método puede ser la disposición de las luminarias en expresa relación con las mercancías para resaltar éstas. Un segundo método consiste en un modelo general de luminarias simétricas con respecto al suelo, añadiendo una iluminación específica precisa. En ambos conceptos hay que procurar obtener un ambiente agradable y un mínimo efecto de distracción respecto a las mercancías, y controlar el calor en coordinación con el sistema de aire acondicionado.

3.2.1.1 Alumbrado directo

En tiendas de artículos diversos, supermercados, tiendas de fachada amplia y otros de carácter similar, el sistema de el alumbrado general proporciona casi la totalidad de la iluminación y hay poca variación, excepto para subrayar ciertas exposiciones de mercancías y zonas de gran actividad. Tales tiendas confían su iluminación enteramente al alumbrado directo, requiriéndose en general de 400 a 800 lux. En los almacenes y otros departamentos no dedicados a la venta principalmente, se utilizan niveles más bajos que en las zonas anteriores.

Las luminarias fluorescentes, tanto empotradas como de superficie, se adaptan bien al alumbrado directo, ya que la calidad de la luz que producen está en un término medio entre la completamente direccional y la completamente difusa. Las lámparas directas incandescentes también pueden utilizarse satisfactoriamente, pero deben complementarse con algún alumbrado directo.

3.2.1.2 Alumbrado indirecto.

En algunos almacenes se usan luminarias indirectas para el alumbrado general. En este caso, el objetivo y la cantidad de iluminación difieren de los de un sistema directo. El nivel de iluminación indirecto en tiendas es normalmente bajo: raramente excede los 300 lux. La idea es hacer el ambiente más agradable, reducir el contraste entre el techo y las luminarias de los escaparates o mostradores y difuminar las sombras producidas por tales luminarias. Los niveles altos de alumbrado indirecto son en general poco satisfactorios debido al efecto monótono y poco interesante que origina, y por ello nunca debe utilizarse solamente un sistema indirecto.

3.2.1.3 Elección de la fuente de luz.

La elección más común de fuentes de luz de una tienda recae en una combinación de lámparas incandescentes (halógeno y de filamento) y fluorescentes. Color, economía, control de luz y producción de calor son los principales factores a estimar.

En alumbrado general de tiendas se usan lámparas fluorescentes cuando se pretende conseguir una atmósfera fría o la máxima economía. Puede emplearse un sistema predominantemente incandescente cuando se desea una atmósfera más cálida; este mismo efecto puede verse favorecido con la elección de lámparas fluorescentes blanca cálida o blanca cálida de lujo.

3.2.2 Alumbrado para destacar el producto.

La luz es una de los medios más efectivos para dirigir la atención hacia un producto. El principio fundamental en el alumbrado de tiendas consiste en hacer el producto más brillante que resto de las zonas del campo de visión. Para ello la luz debe dirigirse hacia los mostradores, escaparates y lugares de exposición más que hacia las zonas de circulación.

3.2.2.1 Mostradores y parte superior de los escaparates.

En la mayor parte de las tiendas, las áreas de exposición de los mostradores y las partes superiores de los escaparates quedan satisfactoriamente iluminados con niveles comprendidos entre 1000 y 2000 lux, dependiendo del movimiento y la actividad prevista, del nivel de alumbrado general y del tamaño de los detalles que deban ser fácilmente visibles. La iluminación en zonas de exposición debe ser de tres a diez veces el nivel de alumbrado general.

3.2.2.2 Escaparates.

El interior de un escaparate debe tener mayor iluminación que la parte superior del mismo, pero no más de dos veces la iluminación de ésta. No es aconsejable una diferencia demasiado grande entre el interior de la vitrina y la parte superior de la misma, donde el producto se examina más de cerca antes de efectuar la compra. Muchos productos vistos en un nivel de iluminación sensiblemente inferior a aquel bajo el cual fueron expuestos pierden algo de su atractivo.

3.2.2.3 Vitrinas.

Las vitrinas deben iluminarse aproximadamente con el mismo nivel que las zonas de exposición de muestras. Sin embargo, son preferibles niveles de iluminación más altos en los casos en que el brillo de la vitrina y de las zonas de venta contiguas se emplea en parte para atraer el comercio hacia esta zona. Uno de los factores más importantes en el alumbrado de vitrinas para prendas de vestir es que se proyecten para iluminarlas de arriba a abajo y no solo el centro de las prendas. La iluminación en la parte inferior deberá ser por lo menos la décima parte que en la superior.

3.2.2.4 Exposición de artículos.

Este tipo de exposición añade a la tienda colorido y brillantez. No sirve solo exhibir el producto expuesto, sino que también atrae a los compradores a la zona. Los escaparates de este tipo a la altura normal del ojo humano pueden iluminarse con un nivel dos o tres por encima del empleado en otras exposiciones. Las que están por encima del campo normal del ojo requieren de 3 a 5 veces la iluminación empleada en otras exposiciones, a fin de asegurarse de captar la atención. A veces puede emplearse luz coloreada con gran eficacia.

3.2.2.5 Zonas de venta.

En muchas tiendas, las zonas de exposición y venta son las mismas, con lo que su iluminación es doblemente importante. En los casos en que no coincidan ambas como, por ejemplo, las zonas inmediatas a las vitrinas de prendas de vestir, que son de venta pero no propiamente de exposición, se debe tener gran cuidado para asegurar una total cobertura del alumbrado. En general, la calidad del alumbrado de las zonas de venta debe ser la misma que la del alumbrado de exposición. En ambas aplicaciones resulta adecuado para la mayor parte de los productos el alumbrado directo de incandescencia. Este tipo de lámpara es fácilmente controlable ya sea por reflectores o por lentes, permitiendo una concentración de luz sobre las zonas deseadas. El nivel de iluminación debe ser adecuado para la inspección rápida del producto. En ciertos artículos como las joyas y las piedras preciosas, esto se logra cuando se les ilumina por encima de los 1000 lux.

3.2.3 Alumbrado de escaparates.

El espacio ocupado por el escaparate es la zona de más valor de la tienda, pero sin un buen alumbrado puede perder su utilidad como medio de atraer la atención. Para que el escaparate desempeñe su función con máxima eficacia, ha de captar la atención y el interés de los posibles compradores. El brillo no es importante para atraer la atención, pero sin exposiciones sugestivas, interesantes o con colorido, puede suceder que el escaparate solo atraiga una mirada rápida y distraída. Por otra parte, un despliegue expositivo interesante puede pasar desapercibido si no tiene suficiente brillo. El control del brillo, la luz y las sombras son la clave del éxito en la técnica del escaparate.

3.2.3.1 Imágenes reflejadas

Los niveles de iluminación requeridos en vitrinas y escaparates durante el día son mucho más elevados que los que se necesitan para la iluminación nocturna. Durante el día, el brillo de la exposición debe ser lo suficientemente alta para vencer las imágenes reflejadas de los automóviles junto a las aceras , de los edificios iluminados en color a lo largo de la calle y de otras superficies que pueden reflejarse en los escaparates. Como regla general, para ver "a través" de las imágenes reflejadas en el cristal del escaparate, la exposición de éste debe ser por lo ,menos tan brillante como dichas imágenes, y preferiblemente de un brillo varias veces mayor.

3.2.3.3 Escaparates de frente abierto

El problema de hacer frente a las imágenes reflejadas en escaparates es todavía más molesto en el caso de grandes escaparates sin fondo que cuando se trata de los escaparates convencionales con un fondo que oscurece la visión desde la calle hacia el interior de la tienda. En las tiendas con este tipo de escaparates la zona de exposición es todo el interior y es evidente que resulta imposible crear un brillo suficientemente alto que supere las imágenes reflejadas. Los escaparates pueden llevar lunas sesgadas, o se pueden utilizar toldos o marquesinas con cierto éxito.

3.2.4 Control de tránsito

El control de tránsito es una función extremadamente importante del alumbrado y de la decoración. Exposiciones iluminadas brillantemente en zonas menos frecuentadas atraen el tráfico comercial hacia la sección. Vitrinas bien iluminadas e incluso vitrinas de alto brillo incrementan el tránsito alrededor del perímetro de la tienda. Las señales luminosas y los artículos expuestos en las proximidades de los ascensores y escaleras lo aumentan, asimismo hacia los pisos superiores e inferiores en establecimientos de varios niveles.

3.2.5 Decoloración de las mercancías.

La exposición continuada de telas coloreadas a altos niveles de iluminación se traduce frecuentemente en un debilitamiento o pérdida de color. El grado de decoloración depende del tiempo de exposición, nivel de iluminación, fijación de la tintura y, en menor medida, de las características espectrales de la fuente de luz, de la humedad y temperatura. Para un material y una fuente de luz dados, dicho grado es proporcional al producto de la iluminación por el tiempo de exposición. Así, se puede esperar aproximadamente el mismo grado de decoloración después de una exposición de 1000 horas bajo 500 lux que tras 500 horas a 1000 lux.

3.3 ILUMINACION EN HOTELES Y EDIFICIOS

En el diseño de la iluminación de edificios habitacionales y hoteles, la primera tarea es identificar aquellas cosas que el personal y los usuarios van a querer o necesitar ver. Ambos grupos deben ser capaces de comprender su ambiente, moverse en él y trabajar dentro del mismo. Además, deben encontrar agradable el hacerlo. En construcciones tales como hoteles y restaurantes, los efectos psicológicos de la iluminación son particularmente importantes. El diseño de la iluminación se vuelve una herramienta de mercadotecnia al crear un ambiente exitoso, atractivo, acogedor y funcional, pero solo si está integrado con el diseño arquitectónico general.

En este tipo de edificios donde el tratamiento arquitectónico es fundamental, el diseñador de la iluminación debe tratar de encontrar un balance entre la eficiencia y la estética considerando a la vez una buena administración de la energía.

Los siguientes objetivos generales deben ser cumplidos:

1. Armonía con el carácter arquitectónico y decorativo de la construcción.
2. Suministro de iluminación de alta calidad para tareas visuales.
3. Suministro de una cantidad adecuada de luz.
4. Optimización de costos para la obtención de mayores ganancias netas, incluyendo costos de adquisición, operación y mantenimiento.

Se debe dar especial consideración al aspecto deseado de cada espacio y a las tareas visuales que se van a realizar. Todos los peligros potenciales tales como cambios de nivel de piso, deben estar bien iluminados para protección de los usuarios, huéspedes y personal.

Si se proyecta con anticipación, la iluminación de estas zonas peligrosas puede formar parte de cualquier esquema decorativo.

3.3.1 Consideraciones de diseño para lugares específicos.

3.3.1.1 Exteriores.

El sistema de iluminación exterior debe de identificar al establecimiento y crear una impresión de bienvenida. La iluminación de la fachada del edificio, andadores y estacionamientos debe estar coordinada para producir esta impresión.

Los espacios del terreno deben ser iluminados:

- 1.- Para anunciar y promover la propiedad (cuando se necesite).
- 2.- Para proporcionar seguridad, tanto a los usuarios como a la propiedad, especialmente en las zonas de estacionamiento y andadores. Es también esencial que las áreas de acceso se "sientan" seguras -lo cual significa la eliminación de sombras amenazadoras, así como el suministro de un adecuado nivel de luz.
- 3.- Para eliminar áreas que de otro modo invitarían al vandalismo, o representarían problemas en términos de seguridad.
- 4.- Hacer accesibles a los minusválidos todas las áreas mediante un diseño "sin barreras".

3.3.1.2 Espacios públicos.

El *lobby* típicamente establece el estilo principal del edificio, abarca una variedad de funciones que pueden ser diferenciadas entre sí e integradas al concepto general mediante adecuadas técnicas de iluminación: el lobby del elevador, el mostrador de recepción, la zona de entrada, las áreas de descanso.

La zona de entrada es un espacio de transición entre el exterior y el interior del edificio, así que la iluminación de esta zona deberá promover el sentimiento de seguridad y bienvenida mientras permite la adaptación entre las diversas iluminancias. En las zonas de descanso se pueden presentar tareas de lectura tanto casual como prolongada, a pesar de que usualmente se diseñan con iluminancias relativamente bajas. Un tratamiento más residencial puede ser apropiado para crear un ambiente más acogedor.

Muchas tareas visuales se llevan a cabo en el mostrador de recepción. Para hacer esta área fácil de localizar y de utilizar, el diseñador escoge generalmente un nivel de iluminación más alto para acomodar todas las tareas; de cualquier forma, un nivel de iluminación general menor con un sistema de iluminación localizado debe ser considerado. Especial cuidado se debe tener para que esta iluminación sea compatible con las áreas cercanas

La iluminación del lobby del elevador debe ser diseñada para orientar a la gente hacia los elevadores y debe permitirles leer la información e instrucciones y seleccionar el control adecuado del elevador.

La iluminación de los corredores deberá iluminar los números de los departamentos o cuartos, letreros de identificación de cuartos y las cerraduras de las puertas. La iluminación deberá estar diseñada para hacer el tránsito a través de los corredores, elevadores y escaleras una experiencia agradable y segura.

3.3.1.3 Habitaciones y cuartos de huéspedes.

Las habitaciones (cuartos) son una de las principales comodidades en un edificio de alojamiento o habitación. La iluminación general del techo o de las luminarias montadas en la pared provee entorno para iluminación suplementaria, ayuda en la limpieza del lugar y proporciona un sentimiento de alegría. Al establecer una atmósfera acogedora y hogareña, una variedad de equipo de iluminación, en parte decorativo, es usualmente requerido.

Las tareas en las habitaciones incluyen: leer en una silla o en la cama, ver la televisión, trabajo de escritorio, etc.

En un hotel el corredor de entrada debe tener su propia fuente de iluminación general que refleje la luz del techo o las paredes. Las luminarias incandescentes no son recomendadas porque la distribución de la luz es muy estrecha. En el caso de los hoteles donde el huésped no está familiarizado con los alrededores, el uso de apagadores luminosos es recomendado.

3.3.2 Consideraciones generales de diseño.

3.3.2.1 Selección de los acabados arquitectónicos.

Ya que las áreas en este tipo de construcciones típicamente incluyen espacios adyacentes con niveles de iluminación muy diversos, la adaptación puede ser un problema tanto para usuarios como para el personal. El diseñador debe entonces, proporcionar espacios de transición de luz adecuados. Por ejemplo, una persona que haya estado trabajando en el mostrador de recepción generalmente se adapta a una iluminancia relativamente alta. Cuando sale de esta zona al lobby, la persona puede quedar momentáneamente incapacitada para distinguir la localización de los cambios de nivel de piso o para reconocer las caras si la diferencia de iluminancias es muy grande. Ya que la probabilidad de peligro aumenta o la dificultad de la tarea aumenta, es más importante mantener los niveles de iluminación dentro de los límites recomendados.

3.3.2.2 Selección de las fuentes de luz.

En edificios habitacionales y en hoteles, tanto la iluminación natural como el alumbrado eléctrico son utilizados. Cada tipo de fuente tiene sus propias características. Es por esto que los sistemas deben ser diseñados para complementarse uno al otro.

Ambos tipos de edificios tienen generalmente ventanas. La oportunidad de mirar a través de la ventana puede ser psicológicamente satisfactorio. Permite relajación de los ojos al poder cambiar de objetos cercanos a objetos distantes; de cualquier modo, las ventanas pueden ocasionar grandes áreas de alta iluminancia al campo visual causando molestias. Un buen control de deslumbramiento es importante. El diseñador no debe colocar áreas muy iluminadas cerca de áreas interiores con una iluminación baja sin proporcionar una adecuada zona de transición entre ambas. Un adecuado control de la iluminación natural es preferible a un incremento en la iluminación artificial.

Actualmente existen tres fuentes básicas de iluminación utilizadas en este tipo de construcciones: la incandescente, la fluorescente y la de descarga de alta intensidad (HID). La selección de la fuente depende de los requerimientos particulares de cada espacio, la economía y las preferencias personales de cada diseñador. Generalmente, para espacios públicos, el uso de filamentos incandescentes o el de lámparas fluorescentes blancas de color mejorado es lo más recomendado.

3.3.2.3 Color de las superficies y luz.

En cualquier edificio (hotel o habitacional), el color del entorno afectará tanto a usuarios como a trabajadores, positiva o negativamente, consciente o inconscientemente, de acuerdo con la armonía del esquema y las expectativas de los ocupantes. Mientras no existan reglas específicas para casos determinados, generalmente se acepta que los colores fuertes son relativamente estimulantes mientras que los colores claros son más relajantes y tienden a expandir la percepción del tamaño de un lugar.

Cualquiera que sea el color elegido, es imperativo que sean evaluados bajo la fuente de luz o la mezcla de fuentes que serán utilizadas en el espacio acabado. El uso de luz coloreada es una herramienta de diseño que no debe ser descartada. Los colores fuertes de luz pueden crear efectos interesantes cuando las superficies son iluminadas para fines decorativos, pero no deben ser utilizados para iluminar la comida o a la gente porque puede resultar una distorsión desagradable de los colores.

3.3.2.4 Iluminación de emergencia

En áreas públicas de los hoteles, el diseñador debe incluir iluminación para la seguridad durante situaciones de emergencia, sin que ésta desoriente o cause el pánico en los usuarios. Los sistemas de emergencia para construcciones públicas deben estar diseñados para trabajar durante cortos períodos es decir, mientras dura la evacuación de los huéspedes y el personal. Para propósitos de seguridad y para asegurar la continuidad de operaciones críticas, se puede requerir de alumbrado de emergencia con una mayor duración.

3.4 METODOS DE CALCULO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

El planteamiento de todo proyecto de iluminación debe comenzar con el estudio del local a iluminar tanto desde el punto de vista de sus características como del tipo de trabajo que se realizará en el mismo.

Dentro de las características del local en estudio se incluyen:

- Dimensiones del local.
- Reflexiones de las paredes, techos y plano de trabajo.
- Características de la atmósfera de trabajo.(humedad, suciedad,etc.)

El tipo de trabajo proporcionará el nivel medio de iluminación requerido.

Una vez que se ha seleccionado el tipo de luminarias, lámparas y equipo suplementario, se determina el número y la disposición de las mismas.

A partir de este punto y no antes, se puede llevar a cabo la evaluación de la instalación. Existen varios métodos para hacer esto, pero los principales son el método de Lumen y el de punto por punto. Cabe hacer la aclaración que dependiendo del autor consultado, ambos métodos tendrán pequeñas variaciones en el procedimiento de uno a otro, a la vez que los resultados obtenidos también dependerán de las características particulares de cada fabricante para un mismo producto.

3.4.1 Método de Lumen.

Este método de cálculo toma en consideración diversos aspectos además de los concernientes a las características del equipo de iluminación empleado en el diseño. De allí que para obtener el nivel de iluminación media de servicio proporcionado con un equipo dado se utilice la siguiente fórmula:

$$\text{EMS} = \frac{\Phi \times \text{NL} \times \text{CU} \times \text{FM}}{\text{Área}}$$

Donde:

- Φ.- Flujo luminoso de la lámpara
- NL.- Número de lámparas empleadas
- CU.- Coeficiente de utilización
- FM.- Factor de mantenimiento.
- Área.- Area del local en estudio.

En este método podemos apreciar que se utilizan un par de coeficientes o factores los cuales son obtenidos a partir de ciertas características particulares. En el caso del coeficiente de utilización, este expresa en forma de porcentaje la cantidad de luz que llega a un plano de trabajo a partir del flujo total de la lámpara y dependiendo del tipo de luminaria utilizada, su colocación y las reflexiones de paredes y techos. El factor de mantenimiento depende principalmente de la clase de atmósfera imperante en el lugar y del mantenimiento que se da al equipo de iluminación ya sea por limpieza o por sustitución del mismo en cierta etapa de su vida útil.

- Ejemplo:

Datos: Largo del local	10m
Ancho del local	5m
Tipo de lámparas empleadas:	fluorescente T12 40W
Número de lámparas	6
Mantenimiento	bueno y periódico
Color de las paredes	claro
Color del techo	claro

Área del local:	50 m ²
Flujo luminoso de las lámparas empleadas:	2500 lumen
Coefficiente de utilización:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.75

$$\text{EMS} = \frac{2500 \times 6 \times 0.70 \times 0.75}{50} = 157.5 \text{ lux}$$

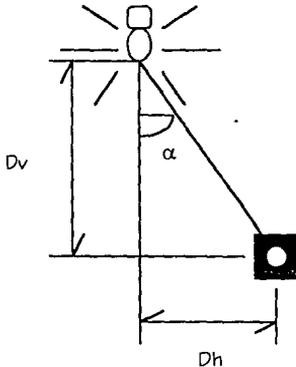
3.4.2 Método punto por punto

Este método consiste en determinar el nivel de iluminación en un punto originado por la acción de la energía luminosa que llega a él. Para determinar el nivel de iluminación en un punto, nos basamos en la ley de la "inversa del cuadrado de la distancia:

$$NI = \frac{I}{D^2}$$

Ya que en la mayoría de las ocasiones, el punto en estudio no se encuentra por debajo de la fuente luminosa, la fórmula anterior se modifica hasta quedar de la siguiente forma:

$$NI = \frac{I \cos^3 \alpha}{D_v^2}$$



α - Ángulo entre la fuente luminosa y el objeto

D_h - Distancia horizontal desde la fuente hasta el objeto.

D_v - Distancia vertical desde la fuente hasta el objeto.

Este método es particularmente útil cuando las características del entorno no son tan importantes en el cálculo del nivel de iluminación, como en el caso de la iluminación localizada y para destacar productos.

- Ejemplo.

Se quiere iluminar una vitrina en la cual los objetos se encuentran a una distancia vertical de 2.5m y a una distancia horizontal de 1m con respecto a la fuente de iluminación:

Tipo de lámpara utilizado: Halógeno incandescente 20W 12V

Flujo luminoso de la lámpara empleada: 1750 lumen

Ángulo entre la fuente luminosa y el objeto: 0.38 rad

$$NI = \frac{1750 \times 0.8}{6.25} = 224 \text{ lux}$$

Con base en este par de métodos se desarrollará el proceso de evaluación de sistema experto.

3.5 MEDIDAS GENERALES DE AHORRO DE ENERGÍA

3.5.1 Reducir niveles de iluminación

En la mayoría de los edificios existen posibilidades de conservar energía en iluminación por medio de la reducción de los niveles de iluminación donde no necesiten ser tan altos y retirar o desconectar la iluminación supérflua. Un patrón uniforme de iluminación general que arroje luz de manera uniforme hacia todas las áreas puede consumir hasta un 50% de la energía utilizada para iluminar el edificio.

La calidad de la luz es tan importante como la cantidad de la misma: un sistema de iluminación caracterizado por una alta calidad de iluminación puede reducir el consumo de energía hasta en un 25% manteniendo el mismo ambiente visual que con un sistema de baja calidad.

3.5.2 Usar solamente la iluminación necesaria.

A pesar de que el encendido y apagado frecuente de una lámpara acorta su vida, la iluminación artificial debe apagarse siempre que no sea necesaria, ya que el ahorro en energía eléctrica compensará por demás el primer hecho.

Para lograr esto, se puede hacer una lista de cada espacio útil con el número de ocupantes de cada uno (junto con sus actividades) y el período que cada uno permanece ocupado. A partir de esto y mediante un cuidadoso análisis, se pueden obtener numerosas posibilidades de reducción del tiempo de ocupación de un cierto espacio.

Otra forma de conseguir esto es alentar a los usuarios a apagar las luces cuando no sean necesarias. El uso de apagadores individuales debe ser considerado en los siguientes casos:

1. Espacios con luminarias múltiples que no son utilizadas todas simultáneamente.
2. Áreas ocupadas intermitentemente.
3. Áreas donde la iluminación natural está disponible.

3.5.3 Utilización de luz natural

La luz natural es una fuente primaria de iluminación particularmente efectiva en espacios perimetrales. La cantidad de luz natural disponible en un edificio es una función de las horas de operación, latitud, clima, época del año, orientación de las ventanas, etc. El control de la luz natural, para un uso efectivo y una integración adecuada con la iluminación artificial es muy importante, porque la cantidad de la luz natural disponible varía. El control debe ser manual o automático. En muchas ocasiones, las persianas que deberían permanecer cerradas por un corto período para evitar deslumbramientos, permanecen cerradas durante todo el día haciendo que la iluminación artificial permanezca encendida.

Se debe poner un énfasis especial en el control de la luz natural ya que de no hacerlo, el aumento del calor tendrá un efecto muy desfavorable en el sistema de aire acondicionado que echaría por tierra el ahorro logrado en iluminación.

3.5.4 Mejoramiento de la eficiencia de las luminarias existentes

Al mantener una alta generación de luz por parte de las luminarias existentes, puede ser posible reducir la potencia de las lámparas utilizadas en cada luminaria, y en algunos casos, se puede llegar a reducir el número de luminarias en servicio sin una reducción en el nivel de iluminación.

Para alcanzar este mejoramiento, es viable recurrir al mantenimiento y sustitución de lámparas de manera frecuente. En otros casos se puede apreciar que el uso de rejillas y páneles no es necesario por lo que se pueden eliminar para conseguir un aumento en la cantidad de luz emitida por luminaria.

3.5.5 Instalar lámparas más eficientes.

La eficiencia de las lámparas se mide en lumens o luz utilizable por Watt consumido. La selección de lámparas con una relación lumen/Watt más alta a menudo permite la remoción de algunas lámparas; manteniendo el nivel de iluminación deseado y reduciendo el consumo de energía.

Tales ahorros pueden ser amplificados si de manera conjunta con esta acción, se modifican o reemplazan las luminarias por otras más eficientes y con capacidad para aceptar modelos de lámparas más eficientes.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

4.1 Análisis y planteamiento del problema

Actualmente existe un creciente interés por las medidas de ahorro de energía que aplicadas a los diversos sistemas que integran un edificio, reportan una disminución en los costos para los propietarios y mejoran las condiciones de trabajo existentes en los mismos. Como una herramienta auxiliar en el proceso de diseño y evaluación de sistemas de iluminación en centros comerciales y edificios habitacionales, ha surgido el sistema experto EXILCO.

Teniendo en cuenta que la iluminación comercial y habitacional representa un gran porcentaje del consumo de energía de los edificios (hasta un 23% en tiendas departamentales) y que esta tiene efecto directo en otros sistemas tales como el de aire acondicionado, se debe procurar que el sistema de iluminación sea eficiente desde la etapa de diseño y durante la operación y mantenimiento del mismo a fin de evitar fuertes inversiones posteriores que incrementan el período de amortización del proyecto.

Para poder llevar a cabo el análisis del sistema de iluminación en un centro comercial o edificio habitacional se deben responder las siguientes preguntas:

¿Cuál es el consumo de energía eléctrica del edificio por concepto de iluminación?

¿Qué tanta potencia eléctrica ha sido instalada para iluminación?

¿Existe la disponibilidad por parte de los propietarios para poner en práctica medidas y tecnologías de ahorro de energía?

Si es así, ¿Cómo llevar a cabo las medidas de ahorro de energía?

¿Cuál sería el ahorro en el costo por consumo de energía eléctrica?

¿Qué beneficios adicionales se obtendrían tras la puesta en práctica de las medidas de ahorro?

De acuerdo con estas interrogantes, el sistema experto EXILCO se ha desarrollado para permitir al propietario de edificios y centros comerciales responderse a estas preguntas con un grado de certeza bastante alto y sin la necesidad de solicitar la asesoría de consultores. Esto quiere decir que el sistema experto permite llevar a cabo la evaluación de sistemas de iluminación comercial y habitacional a un grado de detalle apropiado para que las personas responsables de la instalación tomen sus propias decisiones finales.

4.2 Objetivos de EXILCO

El sistema experto EXILCO se ha diseñado para cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Proporcionar asesoría y apoyo en la aplicación de medidas para el ahorro y uso eficiente de energía en iluminación de centros comerciales y edificios habitacionales.
- b) Identificar mejoras y posibles ahorros de energía eléctrica en las instalaciones de iluminación comercial.
- c) Evaluar y recomendar la aplicación de tecnologías actuales a los sistemas de iluminación tomando en consideración la disponibilidad de las mismas y su factibilidad económica.

A fin de poder cumplir con los objetivos establecidos, el sistema ha considerado dentro de su arquitectura las siguientes funciones:

- Evaluación de los niveles de iluminación actuales
- Evaluación del equipo e instalaciones: lámparas, luminarias y balastos.
- Evaluación de las condiciones físicas imperantes en el lugar en estudio.
- Evaluación de la conservación y mantenimiento del equipo de iluminación.
- Selección de medidas de mejoramiento de los niveles de iluminación de manera conjunta con aquellas enfocadas al ahorro de energía.

El resultado de lo anterior fue un sistema que puede ser utilizado como una herramienta auxiliar durante el proceso de diseño del sistema de iluminación o para realizar la evaluación de una instalación ya existente. El sistema también ha considerado que los usuarios del mismo no necesariamente están especializados en cuestiones de iluminación comercial, por lo que se ha procurado utilizar la menor cantidad de terminología técnica posible.

4.3 Adquisición del conocimiento

Los elementos que componen la estrategia de adquisición del conocimiento son: sitio de observación, fuentes de conocimiento experto, registro y selección del conocimiento experto.

4.3.1 Sitio de observación

Dado que la aplicación está orientada a los sistemas de iluminación de centros comerciales y hoteles o edificios habitacionales se ha tenido que visitar edificios de estos tipos para poder delimitar el universo de aplicación del mismo y, a la vez, poder identificar:

- 1) Características generales para la definición de zonas de trabajo estandarizadas a fin de uniformizar los criterios de trabajo y establecer los niveles de iluminación recomendados.
- 2) Características reales del uso de la iluminación en establecimientos comerciales y edificios.
- 3) La terminología empleada en el ambiente de la iluminación comercial.

4.3.2 Fuentes y niveles de conocimiento

Para llevar a la práctica la elaboración del sistema experto fue necesario consultar diversas fuentes de información que pueden ser agrupadas en:

- a) Fuentes escritas, conformadas por tratados técnicos de iluminación, manuales de iluminación, revistas diversas de aplicaciones, catálogos de fabricantes.
- b) Conocimiento experto humano. En este caso se recurrió al conocimiento de las personas dedicadas a la instalación de sistemas de iluminación, fabricantes de tecnología de iluminación (Philips, Motorola, Osram), consultores de empresas de iluminación (Lumisistemas, FIDE) y finalmente, profesores e investigadores universitarios en materia de iluminación.

Para la elaboración de las reglas de producción y de las bases de datos utilizadas por el sistema se han considerado diferentes niveles de conocimiento experto dependiendo de la fuente de la cual proviene el mismo. Por lo cual tenemos que:

- a) En lo concerniente a las fuentes escritas, se localizó el conocimiento formal con respecto a los métodos de cálculo que se utilizaron en los sistemas de iluminación. Los manuales técnicos (IES) fueron de ayuda al proporcionar las diversas recomendaciones globales para el uso eficiente de la energía, lo cual permitió la elaboración de varias reglas heurísticas. Los catálogos de los fabricantes fueron consultados para la adquisición del conocimiento inmediato, especialmente información para la elaboración de las bases de datos que fueron utilizadas por el sistema y para conocer la disponibilidad en el mercado de los diferentes elementos conformantes del sistema de iluminación.

b) En la parte que respecta al conocimiento experto, se puede decir que todos las personas consultadas tienen una gran experiencia en el campo de la iluminación (por lo menos 3 años y en los mejores casos, 15 años). El tipo de información obtenida de dichas fuentes va mucho más allá de lo que se puede encontrar en cualquier fuente escrita, ya que todo su conocimiento está basado en la propia experiencia de los entrevistados en cuestiones generales de iluminación y en casos particulares con los que se han encontrado a lo largo de la misma. De este tipo de conocimiento se obtuvieron la mayoría de las reglas de producción para las recomendaciones y medidas de ahorro de energía.

A pesar de que la mayoría de los expertos consultados trabajan para diversas compañías y defienden las posiciones y políticas de las mismas en cuanto a tecnología y productos, sus opiniones sobre los métodos de evaluación y medidas de ahorro de energía coinciden en muchos puntos y se complementaron entre sí para el desarrollo de este sistema y fueron de gran ayuda en la etapa de validación del mismo.

4.4 Elección del Shell a utilizar

Para el manejo y ejecución de las diversas reglas de producción que conforman la base de conocimientos del sistema experto, se eligió como herramienta de programación el paquete denominado EXSYS Professional (1988). Las razones que fueron consideradas para dicha selección fueron las siguientes:

- La representación es a través de reglas de producción.
- Capacidad de manejo de hasta 5000 reglas.
- Capacidad para el manejo de cálculos numéricos empleando diversas funciones matemáticas.
- Capacidad de razonamiento hacia adelante y hacia atrás en forma combinada.
- Capacidad de intercomunicación con programas externos tales como hojas de cálculo y bases de datos, así como con programas realizados en otros lenguajes de programación.

- Facilidad para la elaboración de interfaces con el usuario en forma de hipertextos y gráficos.
- Facilidad para la elaboración de reportes de resultados para el usuario.

4.4.1 Características generales de EXSYS Professional

EXSYS Pro es un paquete de desarrollo de sistemas expertos. Los sistemas desarrollados mediante el uso del mismo, harán al usuario preguntas relevantes acerca de algunos aspectos. La forma de responder a estas preguntas por parte del usuario es mediante la selección de una alternativa de un menú de opciones. Esta característica hace que los sistemas sean fácilmente comprensibles para un usuario no especializado en el área de conocimiento en estudio.

Los requerimientos básicos de sistema son:

IBM PC, AT o compatible

640 k RAM

Disco duro o unidad de disco de alta densidad

Sistema operativo MS DOS 2.0 o posterior.

Este paquete también puede ser utilizado en ambiente Windows mediante el uso de EXSYS for Windows, sin embargo, la utilización de esta versión presenta dificultades para el uso de hipertextos. Existe la posibilidad de utilizarlo en computadoras de tipo VAX/VMS y en muchas computadoras con sistema UNIX.

Aparte del lenguaje de programación para la generación de las reglas de producción, el paquete cuenta con un lenguaje de comandos que controla la ejecución de una base de conocimientos. El lenguaje provee mecanismos de control para la introducción de datos, ejecución de reglas y presentación de resultados.

El paquete cuenta con un programa que es capaz de compilar una representación en forma de texto de las reglas de una base de conocimientos y transformarla en un archivo que sea utilizable por EXSYS.

EXSYS puede leer o escribir directamente de archivos de Dbase III o Lotus 123 sin tener que llamar a estos paquetes como programas externos. Los archivos pueden ser accedidos desde las reglas, el generador de reportes o los archivos de comandos.

Mediante el uso de hipertextos el paquete proporciona al usuario ayuda basada en palabras clave dentro de reglas, calificadores, preguntas, etc. Esto permite que textos, gráficas o algún otro programa externo sean llamados para asistir al usuario.

Dentro de las condiciones utilizadas por EXSYS existen dos partes: un calificador y dos o más valores para cada uno de ellos. Dentro de los calificadores existe la posibilidad de controlar la forma en la que el calificador será empleado y desplegado. Esto se puede hacer de la siguiente forma:

1. Qualifier name: Proporciona una forma de identificar a un calificador sin usar su número.
2. Data acquisition command: Mediante esta opción podemos automáticamente obtener datos de programas externos tales como hojas de cálculo, bases de datos, gráficas, etc.
3. Display at end of run: Selecciona si el calificador será desplegado al final de la corrida.
4. Default value: Se le puede dar un valor pre-establecido a un calificador.
5. Max number of values: Esta opción establece el máximo número de valores que el usuario puede seleccionar de la lista proporcionada por el calificador.

El paquete también suministra una serie de comandos los cuales proporcionan al autor de un sistema experto la posibilidad de controlar las opciones disponibles para el usuario final. Hay ocasiones en que no es deseable permitir al usuario tener acceso a las reglas, salida y almacenamiento de datos, etc. Estos comandos permiten encender o apagar opciones de los menús individualmente.

Finalmente, pero no menos importante, EXSYS permite al usuario final cambiar de opinión y modificar preguntas anteriores mediante el uso del comando UNDO.

4.4.2 Pruebas realizadas con EXSYS Pro

Durante las pruebas realizadas el paquete se concluye lo siguiente:

- a) El paquete ofrece una gran facilidad para la construcción de Sistemas Expertos a partir de los conocimientos básicos de programación.
- b) Mediante la utilización de este paquete, la creación del motor de inferencia y la lógica de búsqueda no representa ningún problema porque ambos están incluidos en el paquete.

4.5 Estructuración del conocimiento

A lo largo del proceso de evaluación, así como para el análisis de mejoras que permitan el ahorro de energía en las instalaciones de iluminación comercial y de edificios, se requiere la utilización conjunta de conocimientos empíricos y técnicos estructurados en un flujo secuencial de información y toma de decisiones. Por esto, la arquitectura de EXILCO se estructura en varias fases sucesivas de ejecución, cada una de las cuales aporta información procesada (resultados) que puede ser definitiva o parcial, en cuyo caso será utilizada por otra fase hasta la toma final de decisiones, que será la elección de las medidas más atractivas, tanto en el aspecto técnico, como en el económico.

El sistema experto, a través de una comunicación interactiva con el usuario obtiene de éste toda la información requerida para su razonamiento. El tipo de información requerida se puede agrupar de la siguiente forma principalmente:

- Tipo de ocupación que se le da al edificio en cuestión. Tienda departamental, tienda de autoservicio, hotel o edificio habitacional.
- Características de las instalaciones de iluminación. Tipo de lámparas y luminarias, potencia de las lámparas y balastos, tipo de balastos, número de lámparas por luminaria, número de luminarias.
- Características de la utilización. Horas de utilización, tipo de controles.
- Características del mantenimiento. Períodos de limpieza, períodos entre reemplazos de lámparas, tipo de ambiente del lugar de trabajo.
- Características generales del consumo de energía. Tarifa de energía eléctrica, costos diversos e información adicional requerida por el sistema.

Las funciones operativas que lleva a cabo el sistema EXILCO para procesar toda esta información, se puede agrupar de la siguiente forma:

1. Análisis del servicio y requerimientos del sistema de iluminación.

En esta etapa , el sistema experto asigna el nivel de iluminación mínimo recomendado para el área en estudio con base en la información proporcionada por el usuario con respecto al tipo de lugar que se está evaluando y las tareas que en este lugar se llevan a cabo. De este análisis pueden surgir recomendaciones básicas en cuanto al cambio en el color de paredes y techos para obtener un mejor nivel de iluminación y una disminución o eliminación de los problemas de deslumbramiento.

2. Análisis del equipo utilizado por el sistema de iluminación.

El análisis de los equipos utilizados para la iluminación del lugar en estudio tales como reflectores, lámparas y balastos se lleva a cabo para determinar aquellos que influyen de manera negativa en el balance energético de la iluminación.

3. Análisis de la conservación del equipo de iluminación.

Mediante este análisis, se evalúa el mantenimiento y la conservación que se le da a los equipos de iluminación, obteniendo con esto recomendaciones para la puesta en práctica de programas de mantenimiento y sustitución de lámparas para disminuir los costos por mano de obra y mantener la iluminación dentro de los rangos recomendados de acuerdo con la zona en estudio.

4. Análisis económico de las medidas propuestas.

Por medio de este análisis económico el sistema experto entrega al usuario el resultado total de los ahorros estimados después de adoptar las medidas propuestas por el mismo.

4.6 Base de conocimientos.

La base de conocimientos de EXILCO está integrado por reglas de producción, las cuales están ligadas a bases de datos y programas externos.

Las reglas de producción son porciones de conocimiento que permiten al sistema experto establecer conclusiones parciales hasta arribar a la solución final. Todas las reglas tienen el formato del tipo:

IF condiciones
THEN condiciones y alternativas
ELSE condiciones y alternativas
NOTE
REFERENCE.

La parte de IF es simplemente una serie de condiciones , expresadas en forma de oraciones o en forma de expresiones algebraicas. Las condiciones son declaraciones que pueden ser verdaderas o falsas.

La parte de THEN es también una serie de condiciones las cuales, pueden ser alternativas con sus valores de probabilidad asociados. Esta parte contiene condiciones similares a las contenidas en la parte IF, solo que en este caso dichas condiciones no son evaluadas sino que simplemente son declaraciones de hechos.

La parte de ELSE es la misma que la de THEN pero se aplica si CUALQUIERA de las condiciones del IF es falsa.

En algunos casos es deseable añadir una nota a la regla para proveer alguna información especial al usuario. Es aquí donde utilizamos NOTE, lo cual ocasionará que la nota se despliegue junto con la regla sin que ésta signifique nada para el programa. REFERENCE funciona de manera similar y junto con NOTE son partes opcionales de la regla.

4.7 Elaboración de programas externos.

Puesto que todos módulos de análisis requieren de información adicional a la proporcionada por el usuario, EXILCO está provisto de interfaces externas que podrán ser empleadas según las necesidades específicas de las reglas de producción. El tipo de archivos externos que el sistema maneja son los siguientes:

Bases de datos. Las bases son creadas con el formato de hoja de cálculo y extensión WKS. De ellas se pueden obtener la emisión luminosa de las lámparas y diversos factores utilizados por el programa para calcular el nivel de iluminación de servicio.

4.8 Verificación y validación.

Esta tarea se ha llevado a cabo mostrando el sistema a algunos de los expertos consultados en la fase de adquisición del conocimiento. Durante este proceso los expertos se dan cuenta de como es que sus respuestas fueron consideradas durante el desarrollo del sistema experto y sus recomendaciones integradas a la solución final del mismo. A la vez, los mismos expertos de conocimiento propusieron ciertas modificaciones que podrían ser hechas al sistema en cuanto al orden que se debería seguir para las diversas evaluaciones y el tipo de resultados que deberían presentarse al usuario y la forma de presentarlos.

4.9 Metodología de evaluación

La metodología que se ha de seguir a lo largo del sistema experto para la evaluación energética de la iluminación se puede ordenar de la siguiente forma:

- Determinación de las actividades que se llevan a cabo en el recinto en estudio
- Características generales del local. (dimensiones, localización de planos de trabajo, etc.)
- Determinación de los niveles mínimos de iluminación recomendados por reglamentos de construcción y manuales de iluminación.
- Características de los acabados en paredes y techos del local para la determinación de las reflectancias de cada elemento.
- Selección del tipo de lámpara que se ha de utilizar en el local (potencia, flujo luminoso, vida útil, etc.)
- Selección del tipo de luminaria que se empleará de manera conjunta con las lámparas seleccionadas.
- Determinación de los factores de depreciación, tanto de lámparas como de luminarias para establecer el factor de depreciación de la instalación en general.
- Obtención de información concerniente al mantenimiento de la instalación así como del programa de reemplazo de lámparas para determinar el factor de mantenimiento del conjunto.

- Determinación del coeficiente de utilización del local de acuerdo a las características de paredes, techo y disposición de luminarias.
- Cálculo del nivel de iluminación medio en servicio del local en estudio.
- Evaluación comparativa de la instalación propuesta con los niveles establecidos y las recomendaciones formuladas por los expertos humanos y los manuales de iluminación.
- Proposición de medidas correctivas para mejorar, tanto las condiciones de iluminación en cuanto a niveles y uniformidad de la luz, como el ahorro de energía en el edificio por concepto de iluminación.

Al consultar un manual acerca del proceso lógico que debe seguirse en el proceso de instalación de la iluminación de un edificio, encontramos que la finalidad de ese proceso es determinar el número y colocación de las luminarias para poder suministrar un nivel de iluminación determinado. Esta metodología, en cambio, no se puede realizar con estos criterios, ya que el Sistema Experto llevará a cabo la evaluación de una instalación propuesta, no está desarrollado para diseñarla. Es por ello que la finalidad de nuestra metodología es determinar los niveles proporcionados con la instalación propuesta y compararlos con aquellos recomendados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El consumo de energía para la iluminación comercial, hotelera y habitacional depende fundamentalmente del nivel de iluminación requerido para desempeñar las labores propias del lugar en estudio y del tiempo de utilización de la iluminación. En el nivel de iluminación proporcionado por el sistema de iluminación influyen factores tales como el tipo de lámparas, balastos y luminarias, potencia de las lámparas, condiciones de operación y programas de mantenimiento y reposición.
2. El uso eficiente de la energía en iluminación comercial, hotelera y habitacional es un problema que debe ser abordado de manera integral para maximizar los ahorros en materia económica e inclusive, mejorar las condiciones de trabajo y confort del lugar en estudio.
3. La metodología de evaluación de los sistemas de iluminación permite identificar aquellos puntos críticos del sistema, ya sea por su elevado consumo energético o por su ineficiencia lumínica para después proponer alternativas apropiadas desde el punto de vista energético y económico.
4. Con la retroalimentación proporcionada por los usuarios del sistema EXILCO y gracias al ambiente de programación en el que fue realizado, se pueden hacer modificaciones y ampliaciones durante su utilización prolongando de esta forma la vida útil del mismo.
5. El sistema demostró ser capaz de llevar a cabo el análisis de sistemas de iluminación comercial, habitacional y hotelera con relativa facilidad y rapidez, además de ofrecer un reporte de resultados y recomendaciones al final del mismo. A pesar de no ofrecer resultados exactos, la utilización del sistema experto ofrece una serie de resultados con un alto grado de confiabilidad los cuales pueden ser usados como una ayuda de gran utilidad en el diseño de sistemas de iluminación.

6. El sistema experto proporciona la posibilidad de reasignar valores a las variables que intervienen en el análisis energético para comparar los resultados de estas modificaciones con los obtenidos bajo las condiciones originales del sistema de iluminación.

- procesador 80386,33 MHz
- 640 Kbytes en memoria RAM
- Sistema operativo MS DOS versión 4 o posterior.
- Mouse

7. El sistema experto EXILCO constituye una alternativa objetiva y eficiente para llevar a cabo análisis energéticos en materia de iluminación comercial, hotelera y habitacional ya que permite hacer evaluaciones flexibles y de manera permanente de las instalaciones de iluminación.

8. Las facilidades que el sistema experto EXILCO ofrece para sus usuarios son: diagnóstico de las instalaciones de iluminación para identificar los puntos débiles del mismo, proponer medidas relevantes para el ahorro de energía y proporcionar la relevancia económica de las medidas propuestas.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Para mejorar las condiciones de confort y eficiencia se recomienda en terminos generales lo siguiente:
 - a) El uso de tecnología de iluminación eficiente, lo cual implica la sustitución de lámparas, balastros y luminarias comunes por equipos de mayor eficiencia.
 - b) La implementación de programas de limpieza y sustitución periódica de lámparas y luminarias.
 - c) La incorporación de tecnología de control a los equipos de iluminación para reducir el consumo de energía .
 - d) La adopción de programas de utilización de la iluminación que procuren una disminución en el tiempo de uso de los equipos de iluminación.
 - e) El diseño cuidadoso de los nuevos sistemas de iluminación comercial, hotelera y habitacional, así como el replanteamiento de aquellos existentes.
2. La creación de un sistema experto que sea capaz de llevar a cabo la evaluación mencionada en el punto anterior se justifica ante la insuficiencia de especialistas en iluminación comercial y habitacional y lo costoso que representa una asesoría de este tipo. El sistema experto surge como respuesta a la imperiosa necesidad de disminuir los costos en los proyectos de iluminación y el tiempo de realización de las evaluaciones energéticas.
3. El sistema experto se elaboró mediante el paquete EXSYS Professional el cual fue elegido por su facilidad de programación, facilidad para interactuar con programas externos, bases de datos, manejo de funciones matemáticas y generación de reportes.

4. El sistema experto EXILCO tiene una gran adaptabilidad a casi cualquier tipo de computadora compatible con IBM/AT, además de su facilidad de copiado aumenta el potencial de alcance del mismo.

A pesar de los requerimientos mínimos del sistema para operar, para su óptima utilización en cuestión de velocidad de proceso y manejo de datos externos lo más recomendable es correr el sistema en una computadora con las siguientes características.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

6.1 BIBLIOGRAFIA

1. Thumann, Albert. Energy Conservation in Existing Buildings Deskbook. Prentice Hall, USA 1992.
2. Cuadernos de gestión energética municipal. Tomo 2; Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Madrid, España 1989.
3. Galán Lopez, Ramón. Introducción a los sistemas expertos; Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, España 1990.
4. IES Lighting Handbook. Application Volume. Illuminating Engineering Society of North America. New York, USA 1987.
5. Commercial-sector Conservation Technologies. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, USA 1989.
6. Waterman, D.A. A Guide to Expert Systems. Addison-Wesley Publishing Company, USA 1986.
7. Catálogo Condensado Holophane. Holophane S.A de C.V., México 1990.
8. Manual de alumbrado Philips, Philips ibérica S.A, Madrid 1988.
9. Catálogo general de luz. Osram S.A de C.V., México 1993.
10. Memoria del X Seminario Nacional del Uso Racional de la Energía, Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética A.C., México, noviembre 1989.

11. Exsys Professional Expert System Development Package. EXSYS Inc. USA 1988.
12. Electronic Ballasts Fundamentals. Motorola Lighting Inc. USA 1994.
13. Memoria de la I Jornada de Iluminación. IESNA sección México, México, junio 1994.
14. Lighting Quarterly. Philips Lighting Vol. 3, No. 2, USA 1994.
15. Lara Rosano, Felipe et altr; Aplicación de Sistemas Expertos al Ahorro Energético para la Iluminación en la Pequeña y Mediana Industria. Informe Interno, Proyecto 1510, Programa Universitario de Energía, Instituto de Ingeniería UNAM. México, febrero 1992.
16. Manual de Iluminación Crouse-Hinds, Crouse-Hinds S.A de C.V., México 1989.
17. Diaz Infante, Armando. Curso de Edificación, Facultad de Ingeniería UNAM, México 1993.
18. Lara Rosano, Felipe et altr, Inteligencia artificial en México, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México 1992.

ANEXO A

LISTADO DEL SISTEMA EXPERTO

Subject:
Sistema Experto para Iluminación Comercial y de Edificios

Author:
Octavio Augusto Hernández Delgado

Derivation: ALL RULES USED

PROBABILITY SYSTEM: 2

DISPLAY THRESHOLD: 1

QUALIFIERS:

/* Qualifier 1

Q> El tipo de edificio a evaluar es:

V> Centro comercial

V> Hotel o edificio habitacional

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 2

Q> Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son:

V> de exposición y venta de artículos

V> oficinas administrativas

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 3

Q> Implementos utilizados para exhibir los productos:

V> Escaparates

V> Vitrinas

V> Montajes especiales para exhibición

/* Qualifier 4

Q> El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:

- V> Incandescente
- V> Fluorescente luz de día
- V> Fluorescente blanco frío
- V> Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)
- V> Halógeno (incandescente)
- V> Sodio de alta presión
- V> Sodio de baja presión

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 5

Q> IMAGE(c:\octavio\screen\pared.pcx -K'123' -M18) El color de las paredes de la zona en estudio es:

- V> Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)
- V> Medio (naranja, azul medio, café, claro, gris)
- V> Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 6

Q> El tipo de luminaria que se utiliza es:

- V> Ninguno (lámpara desnuda)
- V> Luminaria común (cualquiera disponible en el mercado)
- V> Luminaria especialmente estudiada para las condiciones del local

/* Qualifier 7

Q> IMAGE(c:\octavio\screen\techo.pcx -K'123' -M18) El color del techo en la zona en estudio es:

- V> Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)
- V> Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)
- V> Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 8

Q> EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es:

- V> Bueno. (Limpieza cada 4 meses, recemplazo del 100% de las lámparas al 80% de su vida útil)
- V> Regular. (Limpieza cada 12 meses, recemplazo de las lámparas al 95% de su vida útil y de aquellas agotadas)
- V> Malo. (Limpieza no programada, recemplazo casual e individual de las lámparas agotadas)

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 9

Q> El reparto luminoso es:

- V> Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)
- V> Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)
- V> Con lámparas empotradas (colocadas en el plafón; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)
- V> Con difusor (Con rejillas o paneles que distribuyen la luz)

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 10

Q> Tipo de lámpara empleada para iluminación de productos en exposición y venta:

- V> Incandescente
- V> Fluorescente blanco frío
- V> Fluorescente luz de día
- V> Halógeno incandescente

/* Qualifier 11

Q> Las zonas del hotel o edificio que se van a evaluar son:

- V> Recepción
- V> Corredores
- V> Habitaciones

Maximum acceptable = 1

/* Qualifier 12

Q> El tipo de balastro utilizado es:

- V> Magnético**
- V> Magnético de alta eficiencia**
- V> Electromagnético**
- V> Electrónico**

/* Qualifier 13

Q> El encendido y apagado del equipo de iluminación es:

- V> Solamente se enciende al inicio de la jornada y se apaga al final de la misma**
- V> Poco frecuente**
- V> Frecuente**

/* Qualifier 14

Q> El tipo de reflector que se utiliza es:

- V> Típico liso**
- V> Facetado**
- V> Especular**

/* Qualifier 15

Q> El tipo de centro comercial es:

- V> Tienda departamental**
- V> Tienda de autoservicio**

/* Qualifier 16

Q> El modo de encendido de las lámparas de acuerdo con el balastro usado es:

- V> Precalentamiento**
- V> Encendido instantáneo**
- V> Encendido rápido**
- V> Encendido rápido modificado**

/* Qualifier 17

Q> El material del reflector es:

V> Aluminio

V> Plástico

/* Qualifier 18

Q> ^^Tipo de lámpara^^ utilizada

V> T5

V> T8

V> T10

V> T12

Display at end

CHOICES:

/* Choice 1

C> El nivel de iluminación general es correcto.

/* Choice 2

C> El nivel de iluminación general está por debajo del recomendado.

/* Choice 3

C> Cambiar el color de las paredes

/* Choice 4

C> El nivel de iluminación en las oficinas está por debajo del recomendado.

/* Choice 5

C> El nivel de iluminación en las oficinas es correcto

/* Choice 6

C> El nivel de iluminación localizada está por debajo del recomendado.

/* Choice 7

C> El nivel de iluminación localizada es aceptable.

/* Choice 8

C> Las lámparas incandescentes no se recomiendan por su alta generación de calor. Sustituir por lámparas fluorescentes (compactas, luz de día o blanco frío).

/* Choice 9

C> Para minimizar la depreciación del equipo y mantener los niveles de iluminación, se recomienda acortar los periodos entre limpiezas y sustituir el 50-100% de las lámparas simultáneamente para mantener la uniformidad en el nivel de iluminación.

/* Choice 10

C> Implementar un programa de limpieza y sustitución de lámparas preferentemente en periodos que coincidan entre sí. Esto logrará mejorar el nivel de iluminación y reducir el costo por mano de obra.

/* Choice 11

C> El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado.

/* Choice 12

C> Se recomienda cambiar por balastos electrónicos. El costo inicial de los mismos es alto pero la vida de las lámparas se alarga substancialmente y el costo por mantenimiento y reemplazo se reduce en gran medida.

/* Choice 13

C> Este tipo de encendido reduce el voltaje del filamento después de que la lámpara es encendida, pero reduce la vida de la misma. Esto puede ahorrar aproximadamente 1.5 Watt/lámpara pero reduce la vida a 15,000 hrs.

/* Choice 14

C> Cambiar por balastos de encendido rápido. Dadas las condiciones de encendido y apagado del equipo, los balastos de encendido instantáneo reducen notablemente la vida de la lámpara, además de ser de alto voltaje y no pueden desvanecer el nivel de luz.

/* Choice 15

C> Cambiar por reflectores facetados o especulares para reducir el calor generado y no disminuir la cantidad de luz emitida.

/* Choice 16

C> Cambiar el tipo de balastro por uno de mayor eficiencia. De preferencia se recomienda el tipo electrónico de alta eficiencia.

/* Choice 17

C> Sustituir por lámparas T8.

/* Choice 18

C> El mantenimiento es bueno, mantenerlo así.

VARIABLES:

[LARGO] Largo del local (en metros)

Type = N

Lower limit = 1.000000

[ANCHO] Ancho del local (en metros)

Type = N

Lower limit = 1.000000

[ALT] Distancia de las luminarias al plano de trabajo (en metros)

Type = N

Lower limit = 0.100000

[NVMNTOT] Nivel de iluminación total mínimo

Type = N

[NVMNGEN] Nivel de iluminación general mínimo (lux)

Display at end

Type = N

[NVMNLOC] Nivel de iluminación localizada mínimo (lux)

Display at end

Type = N

[FLRBF POT] Seleccione el número asociado a la potencia de la lámpara fluorescente que está utilizando:

1) 15; 2) 20; 3) 22; 4) 32; 5) 38; 6) 40; 7) 55; 8) 60; 9) 75; 10) 85; 11) 87; 12) 110; 13) 160; 14) 165; 15) 21

Type = N

Upper limit = 15.000000

Lower limit = 1.000000

[FLRLD POT] Seleccione el número asociado a la potencia de la lámpara fluorescente que está utilizando:

~ 1) 15; 2) 20; 3) 22; 4) 32; 5) 38; 6) 40; 7) 55; 8) 75; 9) 87 ~
~ 10) 110; 11) 160; 12) 215.

Type = N

Upper limit = 12.000000

Lower limit = 1.000000

[INCAPOT] Seleccione el número asociado a la potencia de las lámparas incandescentes utilizadas: ~

~ 1) 15; 2) 25; 3) 40; 4) 60; 5) 75; 6) 100; 7) 150; 8) 200; 9) 300; 10) 500; 11) 750; 12) 1000

Type = N

Upper limit = 12.000000

Lower limit = 1.000000

[VAPHPOT] Seleccione el número asociado con la potencia de la lámpara de vapor de mercurio que está utilizando: 1) 100; 2)

175; 3) 250; 4) 400; 5) 700; 6) 1000.

Type = N

Upper limit = 6.000000

Lower limit = 1.000000

[VSAPPOT] Seleccione el número asociado con la potencia de la lámpara ~ de vapor de sodio de alta presión utilizada: ~

1) 70; 2) 100; 3) 150; 4) 250; 5) 400; 6) 1000.

Type = N

Upper limit = 6.000000

Lower limit = 1.000000

[VSBPPOT] Seleccione el número asociado a la potencia de la lámpara de sodio de baja presión utilizada: ~

~ 1) 18; 2) 35; 3) 55; 4) 90; 5) 135; 6) 180.

Type = N

Upper limit = 6.000000

Lower limit = 1.000000

[HALOINCPOT] Seleccione el número asociado a la potencia de la lámpara incandescente de halógeno utilizada: ~

~ 1) 20; 2) 35; 3) 50; 4) 75; 5) 100; 6) 150; 7) 250; 8) 300; ~
9) 500; 10) 750; 11) 1000; 12) 1500; 13) 2000.

Type = N

Upper limit = 13.000000

Lower limit = 1.000000

[F1] SS_RD(C:\OCTAVIO\INCANDE.WKS, B[[[INCAPOT]], [F1], A[[[INCAPOT]], [POTAC]]) Flujo luminoso recuperado de INCANDE.WKS

Type = N

[F2] SS_RD(c:\octavio\fluorbf1.wks, B[[FLRBF POT]], [F2],
A[[FLRBF POT]], [POTAC]) Flujo luminoso recuperado de FLUORBF1.WKS
Type = N

[F3] SS_RD(c:\octavio\fluorld1.wks, B[[FLRLDPOT]], [F3],
A[[FLRLDPOT]], [POTAC]) Flujo luminoso recuperado de FLUORLD1.WKS
Type = N

[F4] SS_RD(C:\OCTAVIO\VAPMER.WKS, B[[VAPHGPOT]], [F4], A[[VAPHGPOT]],
[POTAC]) Flujo luminoso recuperado de VAPMER.WKS
Type = N

[F5] SS_RD(C:\OCTAVIO\VSAP1.WKS, B[[VSAPPOT]], [F5], A[[VSAPPOT]],
[POTAC]) Flujo luminoso recuperado de VSAP1.WKS
Type = N

[F6] SS_RD(C:\OCTAVIO\VSBP.WKS, B[[VSAPPOT]], [F6], A[[VSBPOT]],
[POTAC]) Flujo luminoso recuperado de VSBP.WKS
Type = N

[F7] SS_RD(C:\OCTAVIO\HALOINC.WKS, B[[HALOINCPOT]], [F7],
A[[HALOINCPOT]], [POTAC]) Flujo luminoso recuperado de HALOINC.WKS
Type = N

[AREALOC] Área aproximada en que se utiliza(n) el(los) dispositivo(s)
de exposición (en metros cuadrados):
Type = N
Lower limit = 0.100000

[DEPRLUM] Depreciación de la luminaria
Type = N

[DEPRLAMP] Depreciación de la lámpara
Type = N

[F2L] SS_RD(C:\OCTAVIO\FLUORBF1.WKS, B[[FLRBF POT]], [F2L]) Flujo
luminoso para iluminación localizada recuperado de FLUORBF1.WKS
Type = N

[D] Factor de depreciación
Type = N

[ILOCPROP] Iluminación localizada proporcionada (con las lámparas seleccionadas)
Display at end
Type = N

[ILDEPR] Nivel de iluminación general ACTUAL (lux)
Display at end
Type = N

[F3N] SS_RD(C:\OCTAVIO\FLUORLD1.WKS, B[[FLRLDPOTN]], [F3N], A[[FLRLDPOTN]], [POTPR]) Flujo luminoso modificado
Type = N

[F3L] SS_RD(C:\OCTAVIO\FLOURLD1.WKS, B[[FLRLDPOT]], [F3L]) Flujo luminoso para localizada. Recuperada de FLUORLD1.WKS
Type = N

[FM] Factor de mantenimiento o conservación
Type = N

[ANG] Angulo aproximado entre la fuente luminosa y el objeto en exposición:
Type = N

[FIN] SS_RD(C:\OCTAVIO\INCANDE.WKS, B[[INCAPOTN]], [FIN], A[[INCAPOTN]], [POTPR]) Flujo luminoso modificado recuperado
Type = N

[F2N] SS_RD(C:\OCTAVIO\FLUORBF1.WKS, B[[FLRBFPOTN]], [F2N], A[[FLRBFPOTN]], [POTPR]) Flujo luminoso modificado
Type = N

[FLOF] Flujo luminoso de lámparas usadas en las oficinas.
Type = N

[DV] Distancia vertical aproximada desde la fuente luminosa hasta el objeto en exposición (en metros):
Type = N
Lower limit = 0.100000

[EMS] Iluminación media (general) en servicio
Type = N

[NUMLAMP] Numero de lámparas instaladas
Type = N
Lower limit = 1.000000

[FL] Flujo luminoso
Type = N

[CU] Coeficiente de utilización definitivo
Type = N

[DH] Distancia horizontal desde la fuente luminosa hasta el objeto en
exposición (en metros):
Type = N
Lower limit = 0.100000

[MNLOC] Iluminación mínima ponderada
Type = N

[FLLOC] Flujo luminoso para iluminación localizada
Type = N

[F1L] SS_RD(C:\OCTAVIO\INCANDE.WKS, B[[[INCAPOT]], [F1L]) Flujo
luminoso recuperado de INCANDE.WKS
Type = N

[NOLAMLOC] Número de lámparas utilizadas para iluminación localizada
Type = N
Lower limit = 1.000000

[F4L] SS_RD(C:\OCTAVIO\HALOINC.WKS, B[[[HALOINCPOT]], [F4L]) Flujo
luminoso recuperado de HALOINC.WKS
Type = N

[NVMNHOT] Nivel mínimo de iluminación para la zona particular en
estudio (lux)
Display at end
Type = N

[INCAPOTN] Potencia de lámpara incandescente después de evaluación
(Watt)
Type = N

[AUX1] Var aux no usada en cálculos
Type = N

[FHOT] Flujo luminoso para hoteles (cualquier zona)
Type = N

[EMSN] Iluminación media de servicio después de modificaciones
Type = N

[F4N] SS_RD(C:\OCTAVIO\VAPMER.WKS, B[[VAPHGPOTN]], [F4N],
A[[VAPHGPOTN]], [POTPR]) Flujo luminoso modificado
Type = N

[F5N] SS_RD(C:\OCTAVIO\VSAP1.WKS, B[[VSAPPOTN]], [F5N], A[[VSAPPOTN]],
[POTPR]) Flujo luminoso modificado
Type = N

[F6N] SS_RD(C:\OCTAVIO\VSBP.WKS, B[[VSBPPOTN]], [F6N], A[[VSBPPOTN]],
[POTPR]) Flujo luminoso modificado
Type = N

[F7N] SS_RD(C:\OCTAVIO\HALOINC.WKS, B[[HALOINCPOTN]], [F7N],
A[[HALOINCPOTN]], [POTPR]) Flujo luminoso modificado
Type = N

[FLRBFOTN] Flujo luminoso fluor bco. frio después de evaluación.
Type = N

[FLRLDPOTN] Flujo luminoso fluor luz día después de evaluación.
Type = N

[VAPHGPOTN] Flujo luminoso vapor mercurio después de evaluación.
Type = N

[VSAPPOTN] Potencia vap. sodio alta después de evaluación
Type = N

[VSBPPOTN] Potencia vap. sodio baja presión después de evaluación.
Type = N

[HALOINCPOTN] Potencia halógeno inc. después de evaluación
Type = N

[FLN] Flujo luminoso modificado
Type = N

[FHOTN] Flujo luminoso para hoteles modificado
Type = N

[ILDEPRN] Nivel de iluminación media de servicio después de
modificaciones (lux)
Display at end
Type = N

[LAMPLUM] Número de lámparas por luminaria
Type = N
Lower limit = 1.000000

[NULUM] Número de luminarias
Type = N
Lower limit = 1.000000

[POTPR] Potencia propuesta para reducir consumo de energía (Watt)
Display at end
Type = N

[POTAC] Potencia actual utilizada (Watt)
Type = N

[CONSTOTN] Consumo total reducido (Watt)
Display at end
Type = N

[CONSTOT] Consumo total actual (Watt)

Display at end

Type = N

[ILDEPRBAL] Incremento en el nivel de iluminación por sustitución de balastros (lux)

Display at end

Type = N

[AHOFLR] Consumo de energía reducido por sustitución del tipo de lámparas (Watt)

Display at end

Type = N

[HRS] Tiempo que permanecen encendidas las lámparas (hrs/día):

Type = N

[EMSMANT] Incremento en el nivel de iluminación con programa de mantenimiento (lux)

Display at end

Type = N

[INCTOT] Incremento total en el nivel de iluminación (lux)

Display at end

Type = N

[COSTKWH] Costo de la energía eléctrica (\$/KWh)

Type = N

Lower limit = 0.000100

[COSTACT] Costo actual por consumo de energía eléctrica para iluminación (\$)

Display at end

Type = N

[COSTRED] Costo de energía eléctrica para iluminación después de modificaciones (\$)

Display at end

Type = N

/* RULE NUMBER: 1

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

THEN:

[NVMNTOT] IS GIVEN THE VALUE [NVMNGEN]+[MNLOC]

/* RULE NUMBER: 2

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: El tipo de centro comercial es: {Tienda departamental}

THEN:

[NVMNGEN] IS GIVEN THE VALUE 150

/* RULE NUMBER: 3

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: El tipo de centro comercial es: {Tienda de autoservicio}

THEN:

[NVMNGEN] IS GIVEN THE VALUE 400

/* RULE NUMBER: 4

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Escaparates}

or: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Vitrinas}

THEN:

[MNLOC] IS GIVEN THE VALUE $400 * [AREALOC] / ([LARGO] * [ANCHO])$

/* RULE NUMBER: 5

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Montajes especiales para exhibición}

THEN:

[MNLOC] IS GIVEN THE VALUE $800 * [AREALOC] / ([LARGO] * [ANCHO])$

/* RULE NUMBER: 6

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Escaparates}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Vitrinas}

THEN:

[MNLOC] IS GIVEN THE VALUE $800 * [AREALOC] / ([LARGO] * [ANCHO])$

/* RULE NUMBER: 7

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Vitrinas}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Montajes especiales para exhibición}

THEN:

[MNLOC] IS GIVEN THE VALUE $1200 * [AREALOC] / ([LARGO] * [ANCHO])$

/* RULE NUMBER: 8

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Escaparates}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Montajes especiales
para exhibición}

THEN:

[MNLOC] IS GIVEN THE VALUE $1200 * [AREALOC] / ([LARGO] * [ANCHO])$

/* RULE NUMBER: 9

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Escaparates}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Vitrinas}

and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Montajes especiales
para exhibición}

THEN:

[MNLOC] IS GIVEN THE VALUE $1600 * [AREALOC] / ([LARGO] * [ANCHO])$

/* RULE NUMBER: 10

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas
administrativas}

THEN:

[NVMNGEN] IS GIVEN THE VALUE 250

/* RULE NUMBER: 11

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: NOT {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

> Cambiar el color de las paredes - Confidence=9/10

/* RULE NUMBER: 12

IF:

El tipo de ^luminaria^ que se utiliza es: {Luminaria común (cualquiera disponible en el mercado)}

THEN:

[DEPRLUM] IS GIVEN THE VALUE .8

/* RULE NUMBER: 13

IF:

El tipo de ^luminaria^ que se utiliza es: {Luminaria especialmente estudiada para las condiciones del local}

THEN:

[DEPRLUM] IS GIVEN THE VALUE .9

/* RULE NUMBER: 14

IF:

El tipo de ^luminaria^ que se utiliza es: {Ninguno (lámpara desnuda)}

THEN:

[DEPRLUM] IS GIVEN THE VALUE 1

/* RULE NUMBER: 15

IF:

- El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Incandescente}
- or: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de alta presión}
- or: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de baja presión}

THEN:

[DEPRLAMP] IS GIVEN THE VALUE .9

/* RULE NUMBER: 16

IF:

- El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día}
- or: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente blanco frío}
- or: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)}

THEN:

[DEPRLAMP] IS GIVEN THE VALUE .85

/* RULE NUMBER: 17

IF:

- El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Halógeno (incandescente)}

THEN:

[DEPRLAMP] IS GIVEN THE VALUE .95

/* RULE NUMBER: 18

IF:

[DEPRLUM]>0

and: [DEPRLAMP]>0

THEN:

[D] IS GIVEN THE VALUE (1/[DEPRLAMP])*(1/[DEPRLUM])

/* RULE NUMBER: 19

IF:

EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es: { Bueno.
(Limpieza cada 4 meses, reemplazo del 100% de las lámparas al
80% de su vida útil)}

THEN:

[FM] IS GIVEN THE VALUE .75

/* RULE NUMBER: 20

IF:

EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es: { Regular.
(Limpieza cada 12 meses, reemplazo de las lámparas al 95% de su
vida útil y de aquellas agotadas)}

THEN:

[FM] IS GIVEN THE VALUE .65

/* RULE NUMBER: 21

IF:

EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es: { Malo.
(Limpieza no programada, reemplazo casual e individual de las
lámparas agotadas)}

THEN:

[FM] IS GIVEN THE VALUE .58

/* RULE NUMBER: 22

IF:

[NULUM]>0
and: [LAMPLUM]>0

THEN:

[NUMLAMP] IS GIVEN THE VALUE [NULUM]*[LAMPLUM]

/* RULE NUMBER: 23

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Incandescente}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F1]

/* RULE NUMBER: 24

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente blanco frío}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F2]

/* RULE NUMBER: 25

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F3]

/* RULE NUMBER: 26

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F4]

/* RULE NUMBER: 27

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Sodio de alta presión}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F5]

/* RULE NUMBER: 28

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Sodio de baja presión}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F6]

/* RULE NUMBER: 29

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial} OR {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Halógeno (incandescente)}

THEN:

[FL] IS GIVEN THE VALUE [F7]

/* RULE NUMBER: 30

IF:

[FL]>0

and: [NUMLAMP]>0

and: [CU]>0

and: [FM]>0

and: [LARGO]>0

and: [ANCHO]>0

THEN:

[EMS] IS GIVEN THE VALUE [FL]*[NUMLAMP]*[CU]*[FM]/([LARGO]*[ANCHO])

and: [CONSTOT] IS GIVEN THE VALUE [POTAC]*[NUMLAMP]

/* RULE NUMBER: 31

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos}

and: [EMS]/[D]<[NVMNGEN]

THEN:

> El nivel de iluminación general está por debajo del recomendado.-

Conf. = 10/10

and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 32

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: {[EMS]/[I]}>[NVMNGEN]

and: [ILDEPR]<(1.2*[NVMNGEN])

THEN:

> El nivel de iluminación general es correcto. - Confidence=10/10

and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 33

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se
dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema,
azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro,
amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .71

/* RULE NUMBER: 34

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se
dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema,
azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul
medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .69

/* RULE NUMBER: 35

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .67

/* RULE NUMBER: 36

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .7

/* RULE NUMBER: 37

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, caf, claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .68

/* RULE NUMBER: 38

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .67

/* RULE NUMBER: 39

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .69

/* RULE NUMBER: 40

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .68

/* RULE NUMBER: 41

IF:

El reparto luminoso es: {Directo (Aproximadamente el 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, cafe claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .66

/* RULE NUMBER: 42

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .64

/* RULE NUMBER: 43

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, caf, claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 44

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .6

/* RULE NUMBER: 45

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 46

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .62

/* RULE NUMBER: 47

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .6

/* RULE NUMBER: 48

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, cafe claro, gris mediano)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 49

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, cafe claro, gris mediano)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, caf, claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .62

/* RULE NUMBER: 50

IF:

El reparto luminoso es: {Semidirecto (De 60 a 90% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .61

/* RULE NUMBER: 51

IF:

El reparto luminoso es: {Con lmparas empotradas (colocadas en el plafón; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .64

/* RULE NUMBER: 52

IF:

El reparto luminoso es: {Con lmparas empotradas (colocadas en el plafón; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 53

IF:

El reparto luminoso es: {Con l mparas empotradas (colocadas en el plaf n; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .61

/* RULE NUMBER: 54

IF:

El reparto luminoso es: {Con l mparas empotradas (colocadas en el plaf n; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 55

IF:

El reparto luminoso es: {Con l mparas empotradas (colocadas en el plaf n; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, caf, claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .62

/* RULE NUMBER: 56

IF:

- El reparto luminoso es: {Con l mparas empotradas (colocadas en el plafén; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}
- and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}
- and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .61

/* RULE NUMBER: 57

IF:

- El reparto luminoso es: {Con l mparas empotradas (colocadas en el plafén; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}
- and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}
- and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 58

IF:

- El reparto luminoso es: {Con l mparas empotradas (colocadas en el plafén; el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}
- and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}
- and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .63

/* RULE NUMBER: 59

IF:

El reparto luminoso es: {Con lmparas empotradas (colocadas en el plafén: el 100% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .62

/* RULE NUMBER: 60

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .53

/* RULE NUMBER: 61

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .5

/* RULE NUMBER: 62

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Muy claro (blanco, crema, azul-verde, gris muy claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .47

/* RULE NUMBER: 63

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .53

/* RULE NUMBER: 64

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .49

/* RULE NUMBER: 65

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris claro)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .47

/* RULE NUMBER: 66

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, cafe claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Claro (azul claro, amarillo, verde, gris mediano)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .52

/* RULE NUMBER: 67

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o p neles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, cafe claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul medio, café claro, gris)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .51

/* RULE NUMBER: 68

IF:

El reparto luminoso es: {Con difusor (Con rejillas o paneles que distribuyen la luz)}

and: El color del techo en la zona en estudio es: {Medio (naranja, azul mediano, café claro, gris medio)}

and: El color de las paredes de la zona en estudio es: {Oscuro (azul oscuro, gris oscuro, verde oscuro, acabados en caoba y cedro)}

THEN:

[CU] IS GIVEN THE VALUE .48

/* RULE NUMBER: 69

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Incandescente}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F1]

/* RULE NUMBER: 70

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Fluorescente blanco frío}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F2]

/* RULE NUMBER: 71

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Fluorescente luz de día}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F3]

/* RULE NUMBER: 72

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F4]

/* RULE NUMBER: 73

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Sodio de alta presión}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F5]

/* RULE NUMBER: 74

IF:

- El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
- and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}
- and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Sodio de baja presión}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F6]

/* RULE NUMBER: 75

IF:

- El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
- and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}
- and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Halógeno (incandescente)}

THEN:

[FLOF] IS GIVEN THE VALUE [F7]

/* RULE NUMBER: 76

IF:

- El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
- and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas administrativas}
- and: [FLOF]>0

THEN:

- [EMS] IS GIVEN THE VALUE [FLOF]*[NUMLAMP]*[CU]*[FM]/(([LARGO]*[ANCHO])
- and: [CONSTOT] IS GIVEN THE VALUE [POTAC]*[NUMLAMP]

/* RULE NUMBER: 77

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas
administrativas}
and: ([EMS]/[D])<[NVMNGEN]

THEN:

> El nivel de iluminación en las oficinas está por debajo del
recomendado. - Confidence=10/10
and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 78

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {oficinas
administrativas}
and: [[LDEPR]>[NVMNGEN]
and: [[LDEPR]<(1.2*[NVMNGEN])

THEN:

> El nivel de iluminación en las oficinas es correcto -
Confidence=10/10
and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 79

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}
and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Escaparates} OR
{Vitrinas}

THEN:

[NVMNLOC] IS GIVEN THE VALUE 400
and: [[LLOCPROP] IS GIVEN THE VALUE
(((FLLOC)/[DV]^2)*(COS([ANG]))^3)*[NOLAMLOC]/[AREALOC]

/* RULE NUMBER: 80

IF:

[DV]>0
and: [DH]>0

THEN:

[ANG] IS GIVEN THE VALUE $\text{ATAN}([\text{DH}]/[\text{DV}])$

/* RULE NUMBER: 81

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}
and: Implementos utilizados para exhibir los productos: {Montajes especiales
para exhibición}

THEN:

[NVMNLOC] IS GIVEN THE VALUE 800
and: [ILLOCPROP] IS GIVEN THE VALUE
 $(([\text{FLLOC}]/[\text{DV}]^2) * (\text{COS}([\text{ANG}]))^3) * [\text{NOLAMLOC}]/[\text{AREALOC}]$

/* RULE NUMBER: 82

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}
and: [ILLOCPROP]<[NVMNLOC]

THEN:

> El nivel de iluminación localizada está por debajo del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 83

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: [ILLOCPROP]>[NVMNLOC]

THEN:

> El nivel de iluminación localizada es aceptable. - Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 84

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: Tipo de lámpara empleada para iluminación de productos en exposición y
venta: {Incandescente}

THEN:

[FLLOC] IS GIVEN THE VALUE [FIL]

/* RULE NUMBER: 85

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}

and: Tipo de lámpara empleada para iluminación de productos en exposición y
venta: {Fluorescente blanco frío}

THEN:

[FLLOC] IS GIVEN THE VALUE [F2L]

/* RULE NUMBER: 86

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}
ad: Tipo de lámpara empleada para iluminación de productos en exposición y
venta: {Fluorescente luz de día}

THEN:

[FLLOC] IS GIVEN HE VALUE [F3L]

/* RULE NUMBER: 87

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}
and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos}
and: Tipo de lámpara empleada para iluminación de productos en exposición y
venta: {Halógeno incandescente}

THEN:

[FLLOC] IS GIVEN THE VALUE [F4L]

/* RULE NUMBER: 88

IF:

[EMS]>0
and: [D]>0

THEN:

[ILDEPR] IS GIVEN THE VALUE [EMS]/[D]

/* RULE NUMBER: 89

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: Las zonas del hotel o edificio que se van a evaluar son: {Corredores}

THEN:

[NVMNHOT] IS GIVEN THE VALUE 50

/* RULE NUMBER: 90

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: Las zonas del hotel o edificio que se van a evaluar son:

{Habitaciones}

THEN:

[NVMNHOT] IS GIVEN THE VALUE 75

/* RULE NUMBER: 91

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: Las zonas del hotel o edificio que se van a evaluar son: {Recepción}

THEN:

[NVMNHOT] IS GIVEN THE VALUE 250

/* RULE NUMBER: 92

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:

{Incandescente}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F1]

/* RULE NUMBER: 93

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:

{Fluorescente blanco frio}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F2]

/* RULE NUMBER: 94

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F3]

/* RULE NUMBER: 95

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F4]

/* RULE NUMBER: 96

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de alta presión}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F5]

/* RULE NUMBER: 97

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de baja presión}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F6]

/* RULE NUMBER: 98

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:

{Halógeno (incandescente)}

THEN:

[FHOT] IS GIVEN THE VALUE [F7]

/* RULE NUMBER: 99

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: [FHOT]>0

and: [NUMLAMP]>0

and: [CU]>0

and: [FM]>0

and: (([LARGO]*[ANCHO])>0

THEN:

[EMS] IS GIVEN THE VALUE

(([FHOT]*[NUMLAMP]*[CU]*[FM])/([LARGO]*[ANCHO]))

and: [CONSTOT] IS GIVEN THE VALUE [POTAC]*[NUMLAMP]

/* RULE NUMBER: 100

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: (([EMS]/[D])<[NVMNHOT])

THEN:

> El nivel de iluminación general está por debajo del recomendado. -

Confidence=10/10

and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 101

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: ((EMS)/(D))>[NVMNHOT]
and: [LDEPR]<(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

> El nivel de iluminación general es correcto. - Confidence=10/10
and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 102

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

THEN:

[AUX1] IS GIVEN THE VALUE 0

ELSE:

[AUX1] IS GIVEN THE VALUE 1

/* RULE NUMBER: 103

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Incandescente}

THEN:

> Las lámparas incandescentes no se recomiendan por su alta generación de calor. Sustituir por lámparas fluorescentes (compactas, luz de día o blanco frío). - Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 104

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: $((EMS)/(D)) > (1.2 * [NVMNGEN])$

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Incandescente}

THEN:

[INCAPOTN] IS GIVEN THE VALUE [INCAPOT]-1

and: [FLN] IS GIVEN THE VALUE [FIN]

and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 105

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: $((EMS)/(D)) > (1.2 * [NVMNGEN])$

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Fluorescente blanco frio}

THEN:

[FLRBFOTN] IS GIVEN THE VALUE [FLRBFOT]-1

and: [FLN] IS GIVEN THE VALUE [F2N]

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 106

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: $[ILDEPR] > (1.2 * [NVMNGEN])$

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es: {Fluorescente luz de día}

THEN:

[FLRLDPOTN] IS GIVEN THE VALUE [FLRLDPOT]-1

and: [FLN] IS GIVEN THE VALUE [F3N]

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 107

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNGEN])

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)}

THEN:

[VAPHPOTN] IS GIVEN THE VALUE [VAPHPOT]-1

and: [FLN] IS GIVEN THE VALUE [F4N]

and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 108

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNGEN])

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de alta presión}

THEN:

[VSAPPOTN] IS GIVEN THE VALUE [VSAPPOT]-1

and: [FLN] IS GIVEN THE VALUE [F5N]

and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 109

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: $[ILDEPR] > (1.2 * [NVMNGEN])$

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de baja presión}

THEN:

$[VSBPPOTN]$ IS GIVEN THE VALUE $[VSBPPOT]-1$

and: $[FLN]$ IS GIVEN THE VALUE $[F6N]$

and: $[ILDEPRBAL]$ IS GIVEN THE VALUE 0

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 110

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: Las zonas que se van a evaluar en el centro comercial son: {de
exposición y venta de artículos} OR {oficinas administrativas}

and: $[ILDEPR] > (1.2 * [NVMNGEN])$

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Halógeno (incandescente)}

THEN:

$[HALOINCPOTN]$ IS GIVEN THE VALUE $[HALOINCPOT]-1$

and: $[FLN]$ IS GIVEN THE VALUE $[F7N]$

and: $[ILDEPRBAL]$ IS GIVEN THE VALUE 0

and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 111

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: $([EMS]/[D]) > (1.2 * [NVMNGEN])$

THEN:

$[EMSN]$ IS GIVEN THE VALUE

$([FLN] * [NUMLAMP] * [CU] * [FM]) / ([LARGO] * [ANCHO])$

and: $[ILDEPRN]$ IS GIVEN THE VALUE $[EMSN]/[D]$

and: $[CONSTOTN]$ IS GIVEN THE VALUE $[POTPR] * [NUMLAMP]$

/* RULE NUMBER: 112

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Incandescente}
and: ((EMS)/[D])>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[INCAPOTN] IS GIVEN THE VALUE [INCAPOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F1N]
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 113

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente blanco frío}
and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[FLRBFOTN] IS GIVEN THE VALUE [FLRBFOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F2N]
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 114

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día}
and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[FLRLDPOTN] IS GIVEN THE VALUE [FLRLDPOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F3N]
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 115

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Vapor de mercurio (blanco de lujo o color corregido)}
and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[VAPHGPOTN] IS GIVEN THE VALUE [VAPHGPOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F4N]
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 116

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de alta presión}
and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[VSAPPOTN] IS GIVEN THE VALUE [VSAPPOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F5N]
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 117

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Sodio de baja presión}
and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[VSBPPOTN] IS GIVEN THE VALUE [VSBPPOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F6N]
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 118

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Halógeno (incandescente)}
and: [ILDEPR]>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[HALOINCPOTN] IS GIVEN THE VALUE [HALOINCPOT]-1
and: [FHOTN] IS GIVEN THE VALUE [F7N]
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE 0
and: > El nivel de iluminación está muy por encima del recomendado. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 119

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}
and: ([EMS]/[D])>(1.2*[NVMNHOT])

THEN:

[EMSN] IS GIVEN THE VALUE
{([FHOTN]*[NUMLAMP]*[CU]*[FM])/([LARGO]*[ANCHO])}
and: [ILDEPRN] IS GIVEN THE VALUE [EMSN]/[D]
and: [CONSTOTN] IS GIVEN THE VALUE [POTPR]*[NUMLAMP]

/* RULE NUMBER: 120

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}
and: El tipo de balastro utilizado es: {Magnético} OR {Magnético de alta
eficiencia}

THEN:

> Cambiar el tipo de balastro por uno de mayor eficiencia. De
preferencia se recomienda el tipo electrónico de alta
eficiencia. - Confidence=10/10
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE ([ILDEPR]*1.2)-[ILDEPR]

/* RULE NUMBER: 121

IF:

EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es: {Bueno.
(Limpieza cada 4 meses, reemplazo del 100% de las lámparas al
80% de su vida útil)}

THEN:

> El mantenimiento es bueno, mantenerlo así. - Confidence=10/10

and: [EMSMANT] IS GIVEN THE VALUE 0

/* RULE NUMBER: 122

IF:

EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es: {Regular.
(Limpieza cada 12 meses, reemplazo de las lámparas al 95% de su
vida útil y de aquellas agotadas)}

THEN:

> Para minimizar la depreciación del equipo y mantener los niveles de
iluminación, se recomienda acortar los periodos entre limpiezas
y sustituir el 50-100% de las lámparas simultaneamente para
mantener la uniformidad en el nivel de iluminación. -

Confidence=10/10

and: [EMSMANT] IS GIVEN THE VALUE $(([ILDEPR]/[FM])* .75) - [ILDEPR]$

/* RULE NUMBER: 123

IF:

EL mantenimiento que se da al equipo de iluminación es: {Malo.
(Limpieza no programada, reemplazo casual e individual de las
lámparas agotadas)}

THEN:

> Implementar un programa de limpieza y sustitución de lámparas
preferentemente en periodos que coincidan entre sí. Esto
logrará mejorar el nivel de iluminación y reducir el costo por
mano de obra. - Confidence=10/10

and: [EMSMANT] IS GIVEN THE VALUE $(([ILDEPR]/[FM])* .75) - [ILDEPR]$

/* RULE NUMBER: 124

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}
and: El tipo de balastro utilizado es: {Electromagnético}

THEN:

> Se recomienda cambiar por balastros electrónicos. El costo inicial de los mismos es alto pero la vida de las lámparas se alarga sustancialmente y el costo por mantenimiento y reemplazo se reduce en gran medida. - Confidence=10/10
and: [ILDEPRBAL] IS GIVEN THE VALUE ([ILDEPR]*1.12)-[ILDEPR]

/* RULE NUMBER: 125

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}
and: El encendido y apagado del equipo de iluminación es: {Solamente se enciende al inicio de la jornada y se apaga al final de la misma} OR {Poco frecuente}
and: El modo de encendido de las lámparas de acuerdo con el balastro usado es: {Encendido rápido modificado}

THEN:

> Este tipo de encendido reduce el voltaje del filamento después de que la lámpara es encendida, pero reduce la vida de la misma. Esto puede ahorrar aproximadamente 1.5 Watt/lámpara pero reduce la vida a 15,000 hrs. - Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 126

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}
and: El encendido y apagado del equipo de iluminación es: {Frecuente}
and: El modo de encendido de las lámparas de acuerdo con el balastro usado es: {Encendido instantáneo}

THEN:

> Cambiar por balastos de encendido rápido. Dadas las condiciones de encendido y apagado del equipo, los balastos de encendido instantáneo reducen notablemente la vida de la lámpara, además de ser de alto voltaje y no pueden desvanecer el nivel de luz. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 127

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}

and: El modo de encendido de las lámparas de acuerdo con el balastro usado es: {Precalentamiento}

THEN:

> Cambiar por balastos de encendido rápido. Dadas las condiciones de encendido y apagado del equipo, los balastos de encendido instantáneo reducen notablemente la vida de la lámpara, además de ser de alto voltaje y no pueden desvanecer el nivel de luz. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 128

IF:

El tipo de reflector que se utiliza es: {Típico liso}

THEN:

> Cambiar por reflectores facetados o especulares para reducir el calor generado y no disminuir la cantidad de luz emitida. -
Confidence=10/10

/* RULE NUMBER: 129

IF:

El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}

and: ^^Tipo de lámpara^^ utilizada {T10} OR {T12}

THEN:

> Sustituir por lámparas T8. - Confidence=10/10

and: [AHOFLR] IS GIVEN THE VALUE [CONSTOT]*.7

/* RULE NUMBER: 130

IF:

[ILDEPRBAL]>=0

and: [EMSMANT]>=0

THEN:

[INCTOT] IS GIVEN THE VALUE [ILDEPRBAL]+[EMSMANT]

/* RULE NUMBER: 131

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Hotel o edificio habitacional}

and: [ILDEPR]>[NVMNHOT]

and: [ILDEPR]<(1.2*[NVMNHOT])

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}

and: El tipo de balastro utilizado es: NOT {Electrónico}

THEN:

> Cambiar el tipo de balastro por uno de mayor eficiencia. De preferencia se recomienda el tipo electrónico de alta eficiencia.- Conf. = 7/10

/* RULE NUMBER: 132

IF:

El tipo de edificio a evaluar es: {Centro comercial}

and: [ILDEPR]>[NVMNGEN]

and: [ILDEPR]<(1.2*[NVMNGEN])

and: El tipo de lámpara empleada en la zona para iluminación general es:
{Fluorescente luz de día} OR {Fluorescente blanco frío}

and: El tipo de balastro utilizado es: NOT {Electrónico}

THEN:

> Cambiar el tipo de balastro por uno de mayor eficiencia. De preferencia se recomienda el tipo electrónico de alta eficiencia. - Confidence=7/10

/* RULE NUMBER: 133

IF:

[COSTKWH]>0

THEN:

[COSTACT] IS GIVEN THE VALUE [COSTKWH]*[CONSTOT]

and: [COSTRED] IS GIVEN THE VALUE [COSTKWH]*[CONSTOTN]