



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*

---

---

*FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN*

*LA INGENIERÍA DE PROYECTOS EN EL DISEÑO  
E INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN  
TALLER ELÉCTRICO ELECTRÓNICO*

*T E S I S*

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA  
ÁREA: ING. ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

P R E S E N T A :

*DEYANIRA WOJTYLA BACA RODRÍGUEZ*

*ASESOR:*

ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ

*SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO, 2009*

---

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS



Agradezco a mi Padre Celestial, el que me haya dado la vida y salud, así como la oportunidad de disfrutar y compartir con mi familia y amigos una de las etapas más felices de mi vida, porque nunca me dejó flaquear ni perder la fé en los momentos más difíciles, le agradezco profundamente el otorgarme un hogar maravilloso al nacer, sin el apoyo de mis padres y hermanos el placer cotidiano de vivir sería simple monotonía. Es difícil imaginar cómo sería el andar de cada día sin sentir su comprensión, su apoyo inmenso y su amor.

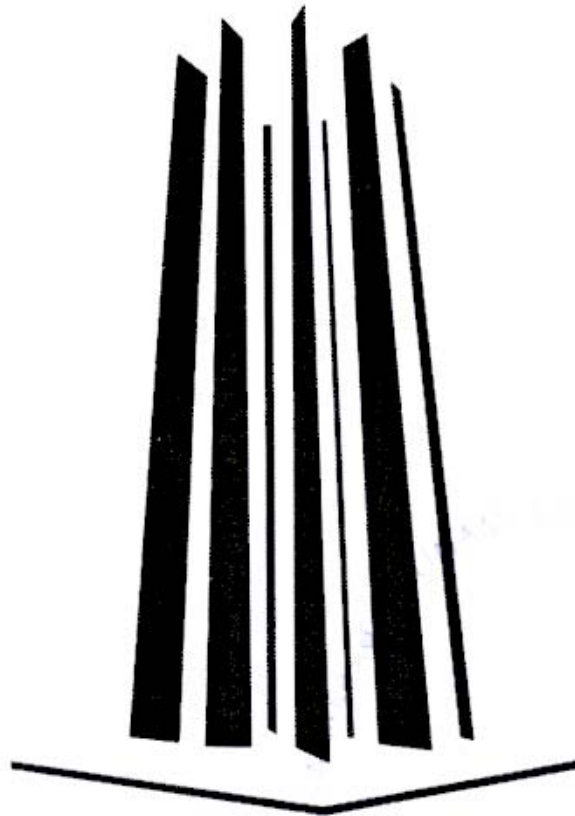
A Elsa, mi Madre, por todos los desvelos que pasó conmigo, por todas sus horas que dedicó en ayudarme con mis tareas y trabajos. Una meta más en mi vida se ha cumplido...mil palabras no bastarían para agradecerte tu apoyo y tu comprensión en cada instante de mi vida, te agradezco por tu compromiso y entrega permanente como Madre, el cual siempre ha estado presente, tanto en mis deseos como en mis acciones para superarme y consolidarme como ser humano...por todo esto te ofrezco todo mi agradecimiento, mi respeto y mi amor.

A Enrique, mi Padre, quien me brindó dos grandes regalos: el primero, la vida, y el segundo, la libertad para vivirla. A ti, quien sin escatimar esfuerzo alguno has sacrificado parte de tu vida para brindarme mi formación y educación, por enseñarme que la lucha en aquello que se requiere y gusta, no es de fuerza, sino de tesón y coraje.

A mis abuelitos, muy particularmente a mi abuelita Consuelo, sé que me ve, y está orgullosa de mí, sin su apoyo no hubiese podido encaminar mi formación académica.

A mis hermanos Karol, Erik y Michel, con su gran entrega me enseñaron lo que es saborear el triunfo y aprender de las derrotas, con su gran ánimo y consejos me dieron el empuje necesario

---



para seguir adelante, por haberme fomentado el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, quienes me hicieron aprender que el amor, el trabajo y el conocimiento deben de ser manantiales de mi existencia y el reflejo fiel del ejercicio de mis decisiones.

Al Ingeniero Francisco Raúl Ortiz González, mi asesor de Tesis, sus sabios consejos me han venido guiando desde los comienzos de mi carrera mi formación no solamente académica, sino personal, por acompañarme en este camino que hoy culmina en el presente proyecto. Por tener la paciencia ante mis dudas y por escuchar atentamente los problemas que a lo largo de esta Tesis surgieron, sin su apoyo no hubiera podido culminar el presente trabajo.

Sin lugar a duda esta Tesis no pudo haberse realizado sin la formación que recibí durante cinco años en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, gracias a todos y cada uno de los Ingenieros que contribuyeron en mi formación.

A un gran amigo, el cual me brindo su apoyo incondicional y conocimiento para culminar esta etapa de mi vida, quien me mostró que la consumación plena de mi existencia solo se logra con la fé puesta en lo que soy, puedo y hago...gracias Raymundo.

Hoy, que me he convertido en profesionista, me dispongo a conquistar nuevas metas y logros...a todos ustedes les debo este logro...

**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**

---

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO I LA INGENIERÍA MODERNA	1
I.A. ¿QUÉ ES LA INGENIERÍA?	1
I.A.1. LA INGENIERÍA Y LA SOCIEDAD	2
I.B. LOS MODELOS	4
I.B.1. SIMULACIÓN	5
I.B.2. LA OPTIMIZACIÓN	7
I.C. EL DISEÑO	8
I.C.1. EL PROCESO	11
I.C.1.a. LA FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
I.C.1.b. EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA	13
I.C.1.c. LA BUSQUEDA DE SOLUCIONES	15
I.C.1.d. LA DECISIÓN	16
I.C.1.e. LAS ESPECIFICACIONES	17
I.D. LA TÉCNICA	19
I.D.1. LA TECNOLOGÍA	20
I.D.2. DIFERENCIA Y SIMILITUD ENTRE TÉCNICA Y TECNOLOGÍA	21
CAPÍTULO II LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	22
II.A. GRANDES OBRAS DE LA INGENIERIA	22
II.B. INGENIERÍA DE PROYECTOS	25
II.B.1. LOS PARÁMETROS DEL PROYECTO	27
II.B.2. EL ORIGEN DE LOS PROYECTOS	28
II.C. LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO	28

	Página		Página		
II.C.1.	RUTA CRÍTICA Y PERT	29	III.F.3.	CIRCUITOS EN SERIE	58
II.C.2.	¿EN QUÉ CONSISTE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS?	34	III.F.4.	CIRCUITOS EN PARALELO	59
I.D.	EL PROCESO DE DECISIÓN	34	III.F.5.	CIRCUITOS MIXTO	60
II.E.	PLANEACIÓN DE UN PROYECTO	35	III.G.	LEYES FUNDAMENTALES DE LA ELECTRICIDAD	61
II.E.1.	PLANEACIÓN DE LA MEDIDA DEL TIEMPO	36	III.G.1.	LEY DE OHM	61
II.E.2.	LOS DIAGRAMAS DE GANTT	36	III.G.2.	LEYES DE KIRCHHOFF	63
II.F.	PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO	39	III.G.3.	POTENCIA Y ENERGIA	64
II.F.1.	CONTROL DEL DESARROLLO DEL TRABAJO	39	III.G.4.	LEY DE JOULE	65
II.F.2.	OFRECER RESPONSABILIDAD	41	CAPÍTULO IV	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	66
II.F.3.	CONTRATACIÓN DE LOS MATERIALES SUMINISTROS Y SERVICIOS	42	IV.A.	GENERALIADES	66
II.F.4.	COMO SOLUCIONAR LAS DIFERENCIAS	42	IV.A.1.	TUBERÍAS Y CANALIZACIONES	67
II.G.	CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	42	IV.A.1.a.	TUBERÍAS DE USO COMÚN	67
II.G.1.	FINALIZACIÓN DEL PROYECTO	43	IV.B.	CAJAS DE CONEXIÓN	69
CAPÍTULO III	ILUMINACIÓN	45	IV.C.	CONDUCTORES ELÉCTRICOS	70
III.A.	GENERALIDADES	45	IV.D.	ACCESORIOS DE CONTROL	70
III.B.	EL OJO Y LA VISIÓN	46	IV.E.	OBJETIVOS DE UNA INSTALACIÓN	71
III.B.1.	PARTES DEL OJO Y SUS FUNCIONES	46	IV.F.	TIPOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	71
III.B.2.	PERSEPCIÓN VISUAL	47	IV.G.	FUENTES LUMINOSAS	72
III.B.3.	SENSIBILIDAD DEL OJO	48	IV.H.	TIPOS DE LÁMPARAS	73
III.B.4.	ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN	48	IV.I.	INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO	79
III.C.	LA LUZ	49	IV.I.1.	CANTIDAD DE LUZ	79
III.D.	RENDIMIENTO DE COLOR DE LAS FUENTES LUMINOSAS	49	IV.I.2.	CALIDAD DE LUZ	80
III.D.1.	COLORES Y SISTEMA DE MEDIDA	50	IV.I.3.	TIPOS DE ILUMINACIÓN	80
III.E.	MAGNITUDES Y UNIDAD DE MEDIDA	51	IV.I.4.	MÉTODOS DE ILUMINACIÓN	82
III.E.1.	FOTOMETRIA	53	IV.I.5.	REQUISITOS PARA UNA BUENA ILUMINACIÓN	83
III.F.	LA ELECTRICIDAD	53	IV.I.6.	CÁLCULO ELÉCTRICO	84
III.F.1.	UNIDADES Y MAGNITUDES ELÉCTRICAS	56	IV.J.	COSTE DEL ALUMBRADO	89
III.F.2.	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	58			

	<b>Página</b>
<b>CAPITULO V</b>	
<b>EJECUCIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA DEL PROYECTO</b>	<b>92</b>
<b>V.A. GENERALIDADES</b>	<b>92</b>
<b>V.B. INSTALACIÓN A ILUMINAR</b>	<b>93</b>
<b>V.B.1. CÁLCULO DE LUMINARIAS</b>	<b>94</b>
<b>V.B.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS</b>	<b>101</b>
<b>V.C. PROGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>105</b>
<b>V.C.1. RELACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS MATERIALES</b>	<b>106</b>
<b>V.C.2. PERSONAL TÉCNICO</b>	<b>106</b>
<b>V.C.3. COTIZACIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>107</b>
<b>V.D. EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>108</b>
<b>V.E. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO</b>	<b>109</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>116</b>

## *INTRODUCCIÓN*

La práctica de la ingeniería siempre ha estado relacionada con la evolución de las nuevas tecnologías, ya sea para el desarrollo del área eléctrica, industrial, mecánica, etc. Los ingenieros siempre han dedicado mucho trabajo al desarrollo de dispositivos y estructuras que hagan más útiles los recursos naturales. Invento el arado para hacer que el suelo fuera más productivo y pudiera rendir más alimentos; la sierra, para transformar la madera del árbol en objetos útiles; la máquina de vapor, para transformar en trabajo mecánico la energía latente de los combustibles. Estos y miles aparatos, máquinas y estructuras, son el resultado de la ingeniería de proyectos.

El nacimiento de una nueva tecnología comienza desde una idea, definiendo los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto: máquinas y equipos necesarios para el funcionamiento del proyecto, las actividades necesarias para el suministro de los insumos y de los productos; diseño, material, determinar gastos de inversión y costos durante la operación...etc.

El presente trabajo esta orientado a la ingeniería de proyectos para el cálculo y diseño de la iluminación de un taller eléctrico electrónico.

A continuación se describirán los aspectos principales en los que se encuentran comprendidos los capítulos de este trabajo.

El primer capítulo menciona el aspecto conceptual de la ingeniería y de cómo el ingeniero influye en la sociedad, siguiendo los modelos de representaciones icónicas, gráficas y esquemáticas. Estableciendo los principios de optimización, las etapas principales de un proyecto así como las decisiones, siendo un factor importante dentro de un proyecto.



El segundo capítulo hace mención a grandes obras que fueron construidas con ingeniería, se introduce al concepto de un proyecto, sus características, modalidades, y se dan algunos ejemplos de proyectos. La administración de proyectos, el método de Ruta Crítica y Pert, así como sus aplicaciones. La planeación de un proyecto y los diagramas de Gantt así como las etapas para concluir un proyecto.

El tercer capítulo menciona los aspectos principales que deben ser tomados en cuenta, para obtener un mejor resultado en el ámbito de la iluminación, que van desde la visualización como las características principales de la luz, y las principales características que deben ser tomadas para un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica,

El cuarto capítulo presenta los principales aspectos que se deben de tomar en cuenta para el diseño de un sistema eléctrico, hace mención de los elementos principales para un sistema de iluminación, que son en este caso las lámparas y luminarias, indicando los tipos de ellas, sus estructuras, los elementos que la componen, sus características, ventajas y limitaciones, así como los cálculos necesarios para obtener dicho resultado.

Y por último el quinto capítulo presenta la ejecución técnica y administrativa del proyecto.



## ***CAPÍTULO I. LA INGENIERÍA MODERNA***

### ***I.A. ¿QUÉ ES LA INGENIERÍA?***

La ingeniería es una profesión capaz de inventar algo, se puede percatar de las cosas que han sido producto de esta creatividad. La casa o el edificio en que se vive han sido construida con materiales conjugados durante el proceso de la ingeniería, como es el concreto, tabiques y acero estructural.

El agua que se utiliza llega a los hogares por un sistema de distribución por medio del proceso de ingeniería. Los medios que se emplean para transportarse son producto de la ingeniería. La electricidad que hace posible el esparcimiento por medio de la radio, la televisión o el cine, todo producto de la ingeniería. El uso del automóvil, ferrocarriles o aviones, se puede apreciar que son resultados de la ingeniería.

La ingeniería es la aplicación de conocimientos científicos y empíricos, habilidades y actitudes, encaminados a la explotación, modificación y distribución económica y óptima de los recursos naturales para la realización de obras en formas útiles para el uso del hombre.

Un puente esta construido con materiales provenientes de la naturaleza el acero, concreto y asfalto son producto de la naturaleza, la utilización de ellos por una persona capacitada para transformarlos proporciona una forma útil para el uso del hombre. Si esta transformación no fuera económica, los miles de puentes construidos en el todo el mundo no hubieran sido realizados.

**I.A.1. LA INGENIERÍA Y LA SOCIEDAD.**

Las herramientas o medios del trabajo, las máquinas y las construcciones tienen gran influencia sobre la vida del hombre.

Los aparatos, estructuras y procesos tecnológicos creados por los ingenieros influyen significativamente en el bienestar físico y la seguridad personal del hombre.

De hecho, los sistemas económicos, sociales, políticos y militares son afectados y dependen de las obras de ingeniería.

Por ejemplo, el área urbana densamente poblada, con sus altos edificios, e instalaciones, ruido y congestión de tránsito; las carreteras de alta velocidad; las obras hidráulicas, como presas y canales. Todos estos aspectos del ambiente exterior del que la ingeniería es responsable en alto grado.

Las obras de ingeniería afectan indirectamente a la gente en diversas formas, por ejemplo, el aeroplano, el motor eléctrico, la televisión, las armas de fuego, el elevador, la estufa de gas, la computadora, el radar, las instalaciones eléctricas, las de potencia o de iluminación.

También considerar los efectos secundarios, buenos y malos, de las soluciones que se seleccionaron dependerá el juicio que se tenga como ingeniero, para ello se deberá conocer la sociedad a la que afectarán sus soluciones tomadas en cuenta para el bienestar de ella.

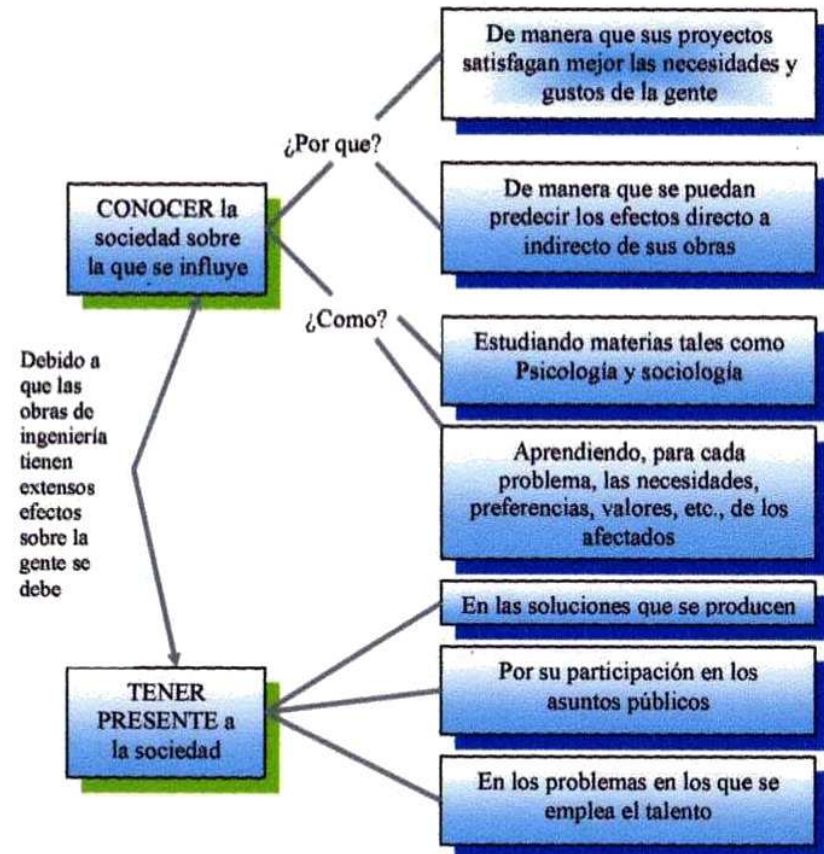


Figura I.1 EL INGENIERO DEBE CONOCER A LA SOCIEDAD A LA QUE AFECTARÁ SUS SOLUCIONES Y TENER EN CUENTA EL BIENESTAR DE ELLA

Para el diseño de una obra el ingeniero debe de tener en cuenta las necesidades de la gente, lo que prefiere y tolera en el intento de maximizar la satisfacción y minimizar la oposición o resistencia

Se ha criticado a los ingenieros el mostrar poco interés sobre las aplicaciones de sus obras, sin embargo muchas de estas criticas están mal dirigidas; por ejemplo, cuando una compañía fabricante de automóviles eleva la potencia de sus autos sin ninguna razón, a los ingenieros que diseñaron el motor solo se le puede culpar por seguir ordenes de los dirigentes de la empresa que tomaron esa decisión.

Los ingenieros son creadores tanto de cambios sociales como de cambios físicos, deben de conocer y tomar en cuenta a los beneficiarios y a los usuarios de sus obras.

Un hecho importante es que las sociedades avanzadas y en expansión se han habituado a obtener de los ingenieros mas soluciones para continuar funcionando, creando nuevas fuentes de trabajo ideadas por ellos.

La ingeniería ha estado siempre más cerca y más involucrada en los problemas económicos, sociales y políticos que confrontan los pueblos.

Las ingeniería basada en la ciencia sirve para solucionar problemas, con conocimientos sociales y humanos, por lo tanto se espera que los ingenieros estén mejor informados, mas interesados y muy ligados con los efectos que la técnica produce en la sociedad.



Figura I.2 LAS OBRAS HIDRÁULICAS ES UN PROYECTO DE LA INGENIERÍA MODERNA QUE REQUIERE EL TRABAJO DE MUCHOS INGENIEROS

### I.B LOS MODELOS.

La actividad en la ingeniería requiere el uso de todas aquellas técnicas que puedan contribuir a resolver de una manera más eficaz los problemas que en ella se plantean. Esto es especialmente cierto en la ingeniería de proyectos.

Una de las técnicas que permiten resolver los problemas planteados es la elaboración de modelos, es decir, la representación de la realidad por medio de fotografías, diagramas, maquetas, ecuaciones matemáticas y otras más que permitan comprender mejor la esencia del problema y llegara una solución.

En la ingeniería se hace frecuente el uso de representaciones icónicas (Figura I.3), gráficas (Figura I.4), esquemático (Figura I.5 y I.6).

Un esquema es de gran ayuda para quienes diseñan el sistema que representan, en especial porque contiene tantas partes e interconexiones, A medida de que se complican los dispositivos, estructuras y procesos de la ingeniería, aumenta el empleo que tiene que hacerse de los esquemas o croquis en el diseño de tales sistemas, y para comunicar e informar de su construcción y funcionamiento a otras personas.

Por ejemplo  $R = \frac{V}{I}$  es la expresión matemática que representa a la ley de Ohm. Donde:

La letra  $R$  representa la resistencia eléctrica de un conductor por el que pasa una corriente ( $I$ ) cuando se le aplica una tensión ( $V$ ). Esta representación matemática es un medio de predecir el valor de una variable cuando se conocen los valores de las otras dos.

Por medio del empleo de las matemáticas pueden realizarse predicciones de muchos otros fenómenos así como también el comportamiento de dispositivos, estructuras y procesos construidos por

el hombre. Las matemáticas constituyen un poderoso método de representación. Son un medio eficaz para la predicción y un lenguaje conciso y universalmente comprendido para la comunicación. Sus procedimientos y reglas las hacen ser un medio de razonamiento extremadamente útil, ya que los razonamientos lógicos y operacionales se realizan sin dificultad con el simbolismo matemático,

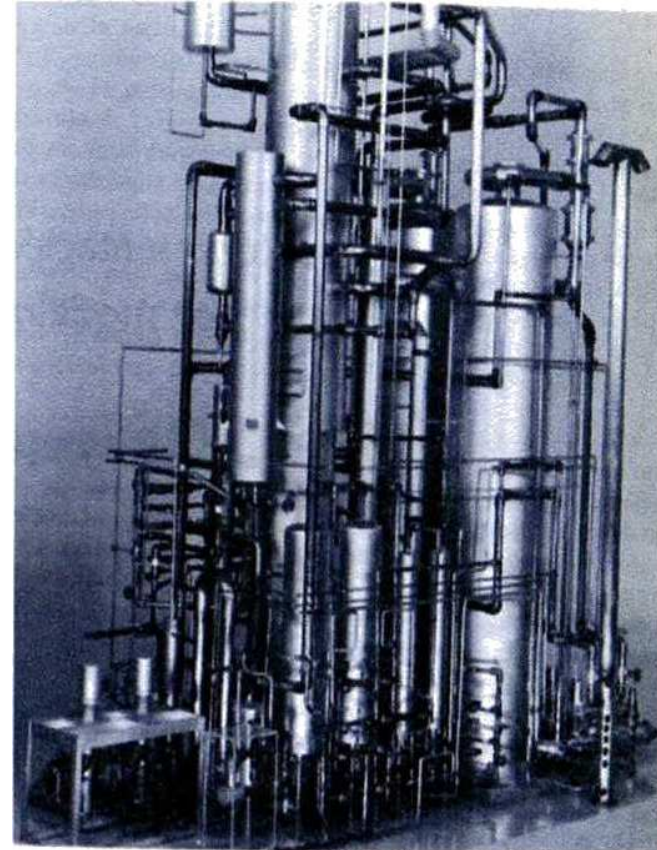


Figura I.3 REPRESENTACIÓN ICÓNICA DEL DISEÑO PROPUESTO PARA UNA INSTALACIÓN PRODUCTORA DE OXIGENO

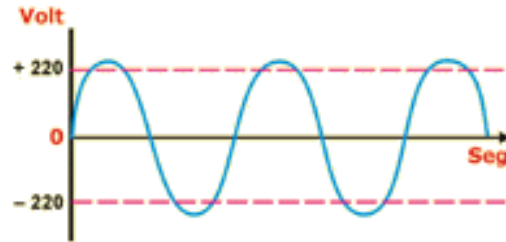


Figura I.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA

### I.B.1. SIMULACIÓN.

La simulación es una representación icónica que puede utilizarse para predecir el comportamiento del objeto real correspondiente. Este es un proceso de experimentación en que se utiliza una representación de un objeto real.

Existen dos formas de simulación, una es la simulación analógica y la simulación digital. En la primera, un caso es la electricidad ya que es el medio más frecuente usado; por ejemplo, la tensión eléctrica o el voltaje podrían representar la presión del vapor en un simulador analógico eléctrico de una planta de energía de vapor.

La segunda, que consiste en la experimentación con un modelo digital. Es un proceso en términos de variables discretas debido a que con una operación ejecutada paso a paso, puede realizarse por medio de aparatos electrónicos.

Un ingeniero puede experimentar con representaciones icónicas, analógicas o digitales con objeto de hacer predicciones acerca del funcionamiento de los objetos reales. La simulación es un medio para

sintetizar experiencia operando un modelo durante cierto tiempo, a fin de saber como funcionará el objeto real.

Para un ingeniero un modelo es algo que describe la naturaleza o comportamiento de un objeto real.

Los ingenieros utilizan los modelos:

- ❖ Para pensar: un modelo es de gran ayuda cuando se trata de representar imágenes ópticas de la naturaleza o comportamiento de un sistema que la mente encuentra difícil de captar. Hay circuitos eléctricos tan complejos que un modelo esquemático o de otro tipo es esencial para su comprensión.

Los modelos icónicos, esquemáticos y gráficos son útiles para proporcionar una vista compacta, global y simplificada del conjunto. Por ejemplo, un ingeniero suele considerar una corriente eléctrica alterna como una onda senoidal en forma de gráfica, en vez de figurarse el movimiento de electrones en un conductor como se muestra en la Figura I.4. A menudo son estas abstracciones las que los ingenieros manipulan en su pensamiento.

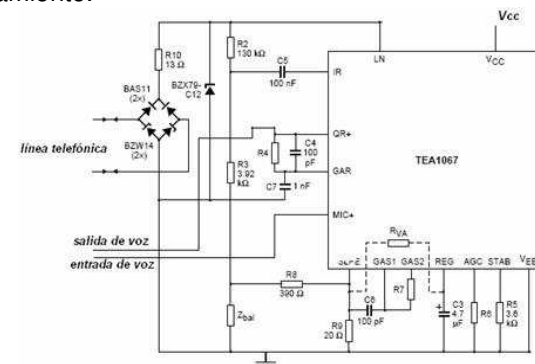


Figura I.5 DIAGRAMA ELÉCTRICO (REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA)

- ❖ Para la comunicación: esta se realiza mediante modelos, los ingenieros utilizan frecuentemente las matemáticas, gráficas, diagramas y modelos operantes, en especial, cuando son complejos los sistemas que desean comunicar.
- ❖ Para la predicción: al resolver los problemas los ingenieros deben evaluar la mayor parte de las soluciones alternativas, los modelos son útiles permitiendo hacer al ingeniero las predicciones, sin la necesidad de crearla físicamente.
- ❖ Para control: cuando se desarrolla un modelo para fines de predicción, el ingeniero desea que los vaticinios del modelo concuerden lo más posible con lo que sucederá finalmente. En ocasiones se desarrolla un modelo y se obliga a que la situación representada se adapte a él. Los diagramas de circuitos eléctricos constituyen un modelo y por supuesto el circuito se alambra de acuerdo con el modelo.

A medida que el costo de tiempo se incrementa en el intento de perfeccionar un modelo, su inversión de desarrollo continúa aumentando, tales costos son de interés para el ingeniero.

Bajo la presión que suele haber para mantener los costos bajos y producir resultados tan pronto como sea posible, ciertamente que no debe invertirse en el refinamiento de los modelos más tiempo del necesario para los fines propuestos.

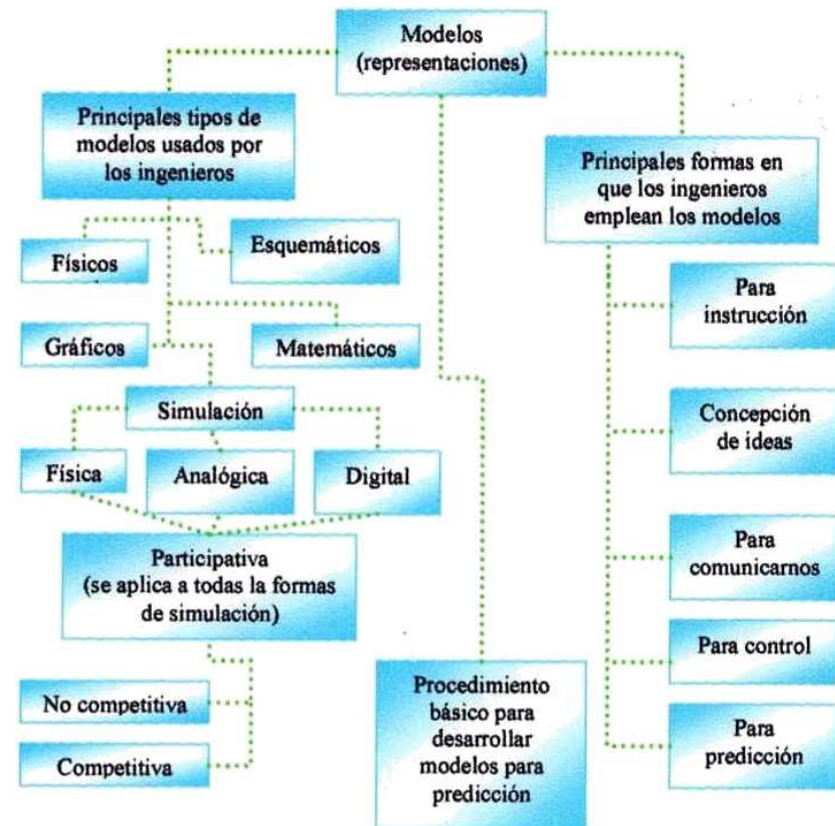


Figura I.6 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA

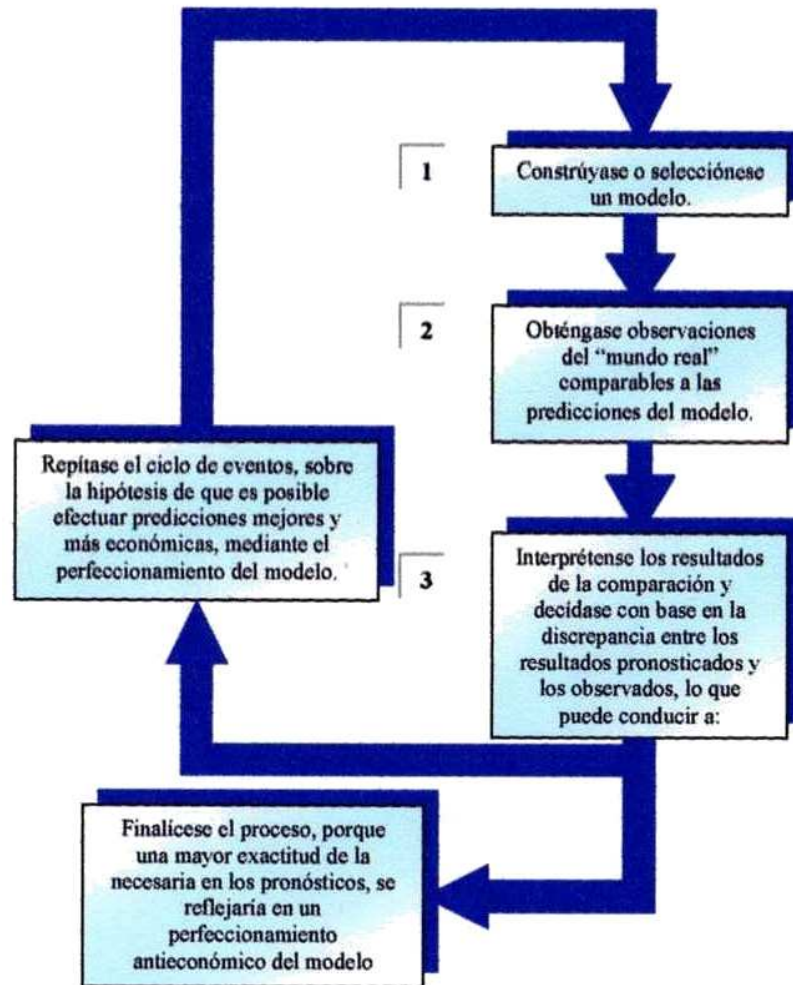


Figura I.7 REPRESENTACIÓN DE UN MODELO ESQUEMÁTICO DE UN PROCESO FUNDAMENTAL EMPLEADO EN EL DESARROLLO DE MODELOS PREDICTIVOS

### I.B.2. LA OPTIMIZACIÓN.

La optimización es el proceso mediante el cual se busca la solución óptima, es decir, es un proceso exploratorio que abarca una búsqueda de soluciones alternativas y su evaluación para localizar la mejor. En consecuencia, en las fases de búsqueda y de decisión del diseño el ingeniero está realizando labores de optimización, la obtención del máximo rendimiento o del menor costo posible es parte integrante de todo diseño.

La tarea de la optimización consiste en encontrar los valores de los parámetros controlables, sujetos a las diversas restricciones impuestas que hacen que es la que se optimiza, pero también puede serlo una medida de rendimiento, alguna combinación o cualquier otra cosa que el ingeniero encargado del diseño quiera maximizar o minimizar.

La optimización es un proceso de intercambio lo cual puede ser necesario si la solución final ha de ser óptima. Las decisiones de los ingenieros comprenden de intercambio, y muchos de tales cambios son difíciles de hacer. Por ejemplo en el cableado de las instalaciones eléctricas, al tender un cable las posibilidades de ruptura se minimizan si se propicia la menor tensión o estiramiento adecuado. Pero esta falta de tensión o de languidez aumentaría la cantidad de cable necesaria, si el cable se tiende con demasiada tirantez, las consecuencias son las contrarias, por lo tanto, hay que efectuar un cálculo.

Un tipo de intercambio en la electrónica ayuda a poder hacer arreglos en algún aparato, también a montar o quitar algún elemento necesario o no necesario respectivamente, cada aparato tiene algo electrónico que le hace funcionar, por ejemplo: un televisor necesita corriente eléctrica alterna para poder funcionar, un descuido en la instalación puede causar un serio daño por eso existen algunas normas de seguridad, así como teorías que describen como van las conexiones o que hace cada elemento, aparato, etc.



Se puede ver claramente algunas de los intercambios que deben hacerse en el diseño de una instalación eléctrica, en el que son importantes las restricciones bajo las normas de construcción e instalación, los sistemas de tubería, ductos, conductores, dispositivos y equipos instalados en un edificio para la alimentación y distribución de energía eléctrica, cajas y registros, empalmes y terminales, centros de carga, interruptores y arrancadores, unidades de alambrado, acometidas y subestaciones bajo la conveniencia bajo las normas y el costo de la instalación.

Un objetivo importante en los trabajos de ingeniería es el “valor óptimo”. En el diseño el ingeniero busca la solución óptima de un problema y se esfuerza en lograrlo por medios óptimos.

Aunque la solución óptima casi siempre es una meta, ciertamente no siempre es una realización. En la práctica se trata solamente de avanzar hacia la solución óptima, buscando continuamente mejores soluciones en forma progresiva hasta que resulte más conveniente dedicar los esfuerzos a otra cosa.



Figura I.8 CICLO DE REPETICIÓN

### I.C. EL DISEÑO.

El diseño es la última etapa del ciclo primario del proyecto, el cual está relacionado con la construcción del prototipo y la valuación en el campo.

El desarrollo de un proyecto parte de un conjunto de necesidades primarias. La búsqueda de información lleva a una serie de conceptos o soluciones posibles.

A partir de esto se realiza una serie de análisis para establecer la viabilidad, se selecciona un concepto, se modela y optimiza para llegar finalmente al diseño.

A lo largo de este proceso se enfrentan diferentes problemas que requieren decisiones y modificaciones. La Figura I.9 muestra este proceso de penetración a la solución del problema.

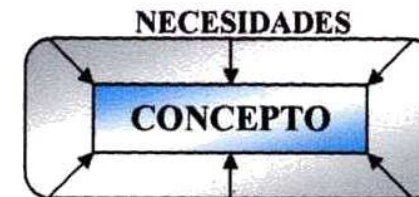


Figura I.9 LAS NECESIDADES LLEVAN A LA GENERACIÓN DE CONCEPTOS

Los conceptos llevan a un proyecto preliminar como se muestra en la Figura I.10.

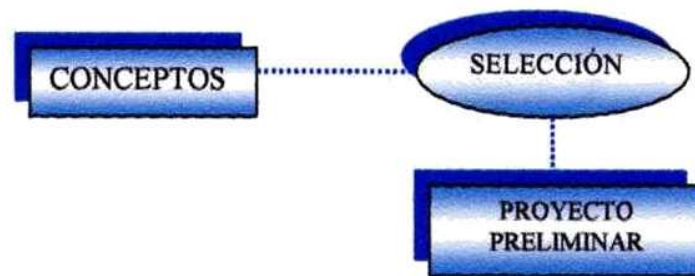


Figura I.10 LOS CONCEPTOS LLEVAN A UNA SELECCIÓN Y FINALMENTE A UN PROYECTO PRELIMINAR

El proyecto preliminar debe ser finalmente elaborado en detalle, tomando en consideración los resultados obtenidos en los distintos análisis efectuados en esa etapa. La elaboración detallada puede dividirse en los siguientes pasos:

1. Diseño de subsistemas.
2. Diseño de componentes.
3. Diseño de partes.
4. Preparación de planos y especificaciones.
5. Construcción de un proyecto.
6. Evaluación del prototipo.
7. Preparación para la producción.

### Diseño de Subsistemas.

El resultado final del proyecto debe ser un sistema que satisfaga las necesidades plantadas en un principio. El conjunto de subsistemas que integre al sistema funcionan de una manera armoniosa para lograr la efectividad deseada. La palabra diseño implica el dibujo de planos y

descripción de sistemas, componentes y partes, y no el proceso cíclico de tomar las decisiones que llevan a una solución.

Los subsistemas son, el primer nivel de detalle al que se llega en la etapa del diseño. Aquí, será necesario determinar con cuidado la función específica de cada subsistema asegurándose que sean compatibles entre sí y que simultáneamente produzcan un resultado óptimo.

### Diseño de componentes.

El siguiente nivel de detalle es la etapa de componentes, es decir, de entidades que en un conjunto forman un subsistema. La secuencia de actividades para el diseño de componentes tiene los mismos objetivos y las mismas restricciones que el diseño de subsistemas, por lo tanto hay que tener en cuenta el aspecto de compatibilidad con el aspecto de optimización.

El diseño de componentes exige un mayor grado de afinación de todos los conceptos y una serie de decisiones que tendrán repercusión sobre el diseño de partes.

### Diseño de partes.

En las decisiones tomadas a este nivel, deben tomarse en cuenta las diferentes alternativas que se presentan, así como el análisis específico para determinar su funcionamiento óptimo. Este paso deja todo listo para la preparación de planos y especificaciones.

Se puede imaginar estos tres pasos del diseño como una separación cada vez más minuciosa y cada vez más definida de la solución, cuidando de mantener la compatibilidad de cada elemento para un funcionamiento certero. La figura I.11 muestra el proceso.

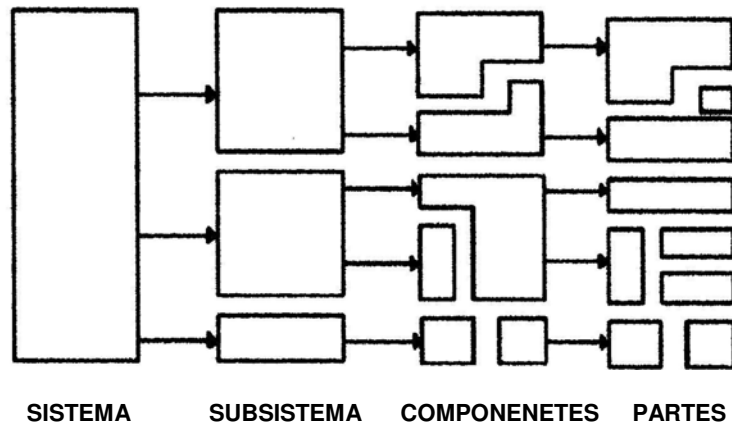


Figura I.11 DETALLE CADA VEZ MAYOR EN EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA.

### Preparación de planos y especificaciones.

De aquí saldrán los planos y las especificaciones que serán la base para la construcción del prototipo. Es necesario indicar claramente las dimensiones de cada una de las partes juntamente con su tolerancia, así como el tipo de material que se va a usar, la calidad del material, los acabados y todos los datos que puedan influir sobre las partes, los componentes y los subsistemas.

Es necesario señalar la forma en que se va a efectuar el ensamblado de todos los elementos y explicar con toda claridad el mejor procedimiento para esta actividad.

### Construcción de un proyecto.

En el caso de un proyecto que requiera repetirse un número de veces el prototipo será el primer sistema que se constituye y su finalidad será verificar sobre el sistema en sí que el fundamento es el previsto. De ahí la necesidad de una solución.

### Evaluación del prototipo.

Para un proyecto único, la evaluación se lleva a cabo durante un periodo determinado de tiempo, verificando su funcionamiento. Lo mismo sucede en la valuación de un prototipo, se establecen pruebas en el laboratorio y pruebas en el campo para la comparación de los resultados obtenidos contra los resultados previstos en la etapa del proyecto preliminar.

Si ambos resultados concuerdan, el proyecto está listo para entrar a la etapa de instalación; si no concuerdan será necesario revisar y modificar el proyecto en sus distintas etapas para lograr los resultados requeridos.

### Preparación para la instalación.

Este paso implica asignar el tiempo y el dinero necesario para la instalación del equipo y de la maquinaria. Se necesitará elaborar un presupuesto de instalación y adquirir el material necesario para iniciarla; así llega el proyecto a su término.

El control de calidad, la valuación del sistema en la instalación y las necesidades cambiantes, siempre llevarán a los ingenieros a desarrollar un nuevo proyecto, ya sea por evolución o por innovación, e iniciar así nuevamente el ciclo de un proyecto en la ingeniería.

**I.C.1. EL PROCESO.**

El proceso de diseño en ingeniería es idear sujetándose a ciertas restricciones respecto a la forma de resolver un problema, un componente, sistema o proceso para llevar a cabo óptimamente un trabajo específico, sujetándose a ciertas restricciones en la solución del problema.

El primer paso es el reconocimiento y comprensión de la meta u objetivo asignado, o bien puede ser una meta impuesta por uno mismo. Este paso en el proceso de diseño es estructurar la meta u objetivo que debe satisfacerse.

El segundo paso es la descripción de una tarea más específica a realizar, la cual cumplirá los objetivos de la meta general. Esta segunda etapa del diseño generalmente requiere que el ingeniero que diseñe tenga una idea nueva, aplicable en una nueva forma a su problema, es decir, necesita formular una manera, un método, o un concepto de cómo lograr que se lleve a cabo la tarea. Algunas veces esto requiere una gran dosis de imaginación, ingenio e inventiva, mientras que en otras basta con una mera aplicación rutinaria o con la revisión de una idea ya existente.

La índole de la solución se determina, en gran parte, por la calidad de la idea o concepto usado en este paso del proceso. Como se muestra en el diagrama de la Figura 1.12, esta etapa es en cierto sentido el corazón del proceso de diseño, etapa a la cual se le denomina la formulación del concepto, se muestra en forma de diagrama de bloque este proceso de diseño completo se han utilizado flechas de dos direcciones para indicar que en la práctica el proceso de diseño no es una trayectoria directa paso a paso. Cualquier solución puede requerir un gran número de iteraciones a través de varias etapas del proceso o bien consideraciones retrospectivas de las mismas.

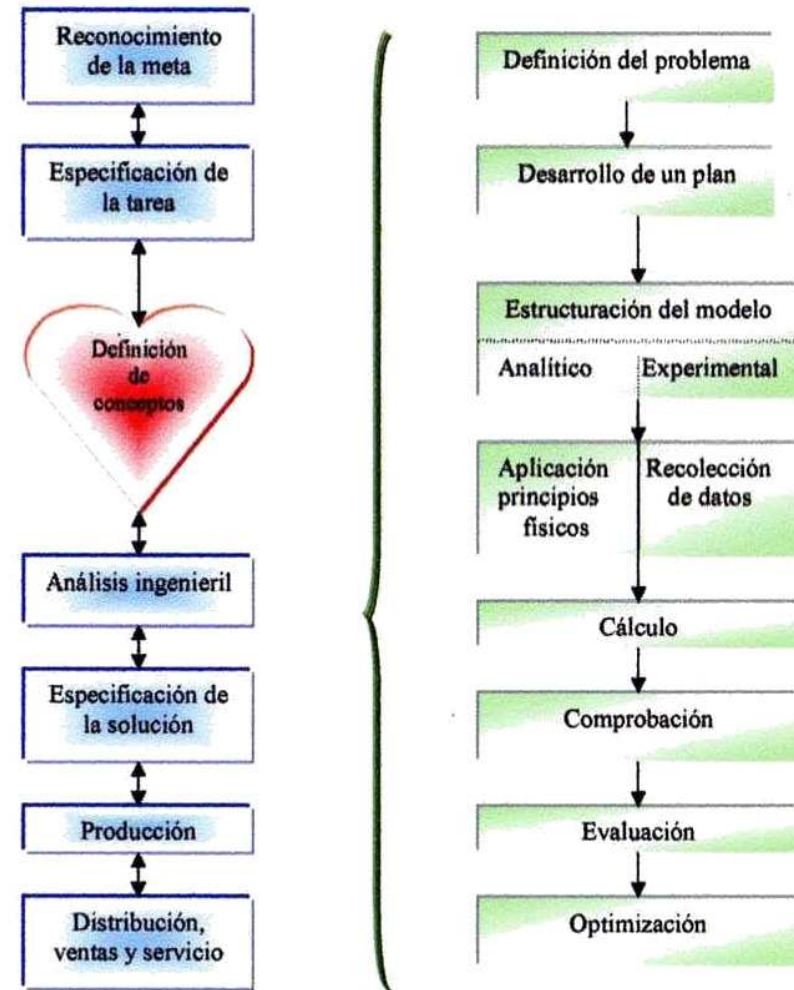


Figura 1.12 DIAGRAMA DEL BLOQUE DEL PROCESO DE DISEÑO

Una vez encontrado y seleccionado la idea para la resolución del problema, el ingeniero debe analizar su idea. Este análisis requiere una clara definición del problema que debe resolverse, y para tal objeto es necesario construir un modelo, ya sea en planos o en el laboratorio, o en ambas formas, el cual deberá ser lo suficientemente sencillo para poderlo elaborar en un tiempo razonable y lo suficientemente complejo para que proporcione resultado significantes. El análisis comprende la comprobación, evaluación, generalización y optimización de los resultados.

Habiendo determinado el análisis, si los resultados son favorables el ingeniero debe transcribir su solución en términos de producción o de instalación. Esta etapa constituye la especificación de la solución.

En los términos de la Figura I.13, la tarea del diseño en ingeniería consiste en encontrar el sistema o la componente que permita obtener una producción especificada previamente, a partir de una entrada dada. Tanto la inventiva como el análisis son parte integrante del diseño en ingeniería.

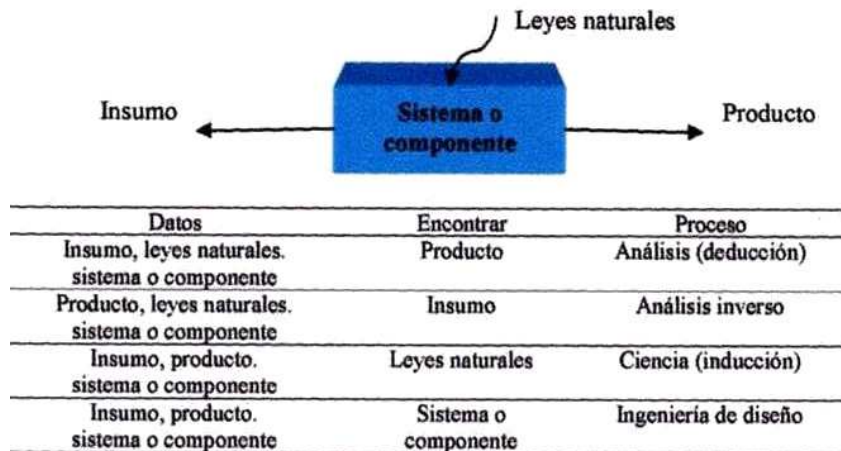


Figura I.13 ESQUEMA DEL PROCESO DE DISEÑO

### I.C.1.a. LA FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La resolución de problemas puede tener consecuencias, el ingeniero debe de definir con toda claridad un problema antes de comenzar a estudiar sus soluciones. Para hacerlo es necesario tener una noción más específica de lo que constituye un problema.

Hay problemas en los que se pretende lograr una transformación de una forma o condición en otra, por ejemplo los generadores sincrónicos o alternadores que son máquinas utilizadas para convertir potencia mecánica en potencia eléctrica (CA). En todo problema existe un estado original de cosas y un estado de cosas al que el solucionador de problemas busca la manera de llegar.

Una solución es un medio de lograr la transformación que se desea, es difícil concebir un problema para el que sólo haya una solución; para la mayoría de los problemas hay más soluciones posibles que las que se pueden investigar. Pero en un problema hay algo más que encontrar una solución; es necesario hallar el medio más adecuado para lograr la transformación deseada, por ejemplo en una instalación eléctrica óptima es importante que los materiales que se utilicen en la instalación eléctrica sean los indicados y adecuados, y que esto evitará la posibilidad de accidentes provocados por cortocircuito o por sobrecargas en la instalación.

A la base sobre la que se debe dar preferencia a una solución se le llama comúnmente criterio, por ejemplo, las características de las líneas de transmisión, el proyectista debe de conocer que deben ser confiables, pase lo que pase siempre se tenga energía, la regulación aproximadamente del  $\pm$  la eficiencia donde las pérdidas sean mínimas, el balanceo (voltaje y corriente defasada), interferencia (mínimo) a la economía y la seguridad es un criterio que debe ser tomado en cuenta en la mayor parte de los problemas de ingeniería.

Otra característica común a todos los problemas son las restricciones, una restricción es una característica de la solución que no se puede

eludir, es decir, es una “condición obligada” de una solución para que se la pueda considerar como tal.

La solución a un problema no es el problema mismo, la solución esta por eliminar los aspectos inadecuados y comenzar por definir un problema, y partiendo de tal definición, ir por síntesis a una mejor solución mediante un procedimiento inteligente de resolución de problemas, por lo tanto primeramente se debe de identificar la transformación que se desea, este primer paso del procedimiento de resolución de problemas es la formulación del problema, siendo amplia y hay que elaborarla en primer término.

En el ámbito hay problemas cuya solución no es del todo satisfactoria, porque los que lo resolvieron lo atacaron con una “visión estrecha”; aplicando formulaciones amplias a los problemas hay grandes probabilidades de lograr soluciones con gran mejoría. La sociedad tiene necesidad de ingenieros que ataquen los problemas con visión amplia y saliéndose de todo convencionalismo.

Todo problema se puede formular textualmente o en forma de diagrama, en papel o en su mente. En muchos casos bastará con usar unas cuantas palabras o elaborar un sencillo croquis. El método de la caja negra que se emplea para visualizar problemas es un método de formulación diagramático. Se puede mostrar la utilidad de este enfoque aplicándolo a un tipo de problema que a menudo se define en forma poco satisfactoria: un problema de procesamiento de información.



Figura I.14 CONCEPTO DE LA CAJA NEGRA

Todo problema comienza con una amplia formulación siguiendo de un análisis del problema. La formulación del problema es un paso crucial en todo proyecto de ingeniería. Es en esta etapa en la que se determina el significado básico del proyecto, en este punto es en el que el ingeniero decide qué problema es el que va a resolver. En cambio, el análisis del problema por lo general requiere bastante tiempo, involucra gran cantidad de consultas, observaciones, meditación, reunión de datos y negociaciones acerca de las restricciones.

### ***I.C.1.b. EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA.***

Para poder analizar el análisis del problema intervienen ciertas variables, que se indican a continuación:

#### **ENTRADA, que interviene en la fase de formulación.**

Es una información vaga y mezclada con hechos sin importancia y confusos, acerca de lo que se necesite o se quiere.

#### **SALIDA, una provechosa formulación del problema.**

Se convierte en entrada para la siguiente fase del proceso de diseño, el análisis del problema.

#### **Análisis del problema.**

Es necesario identificar el estado original y el estado al que se pretende llegar, pero también identificar las entradas y las salidas del problema.

Una parte importante en la resolución de un problema es obtener información detallada en cuanto a la entrada y salida. Antes que el ingeniero pueda resolver satisfactoriamente su problema, debe tener cifras estimadas confiables de las variables de entrada y de salida, así como de sus limitaciones, restricciones y criterios mencionados anteriormente.

Siendo que el criterio es un valor contra el cual se juzgan las soluciones, algunas soluciones son más atractivas que otras, un criterio pasa o no pasa de una restricción. En el diseño de un aparato domestico, decir que importa el consumo de energía equivale a decir que el consumo de energía es un criterio, se establece una restricción si se dice que será inaceptable toda solución en que se consuma más de 10 watts.

### Variables de solución.

Las maneras en que pueden diferir las soluciones que se dan a un problema se llaman variables de solución, es una característica de la solución que tiene libertad de alterar el que resuelve el problema. Es el punto central de las tareas de resolución del problema del ingeniero, para ello es necesario considerar.

- ❖ criterio (“medida de eficacia”): es una variable dependiente y en función, a su vez de una o más variables de solución.
- ❖ Variables de solución: son variables independientes, (controlables y alterables)

La tarea del ingeniero consiste en encontrar la combinación de valores de las variables de solución que maximice al criterio.

Cada restricción es un límite que se impone a los intervalos de valores que se pueden asignar a cierta variable de solución, establecido por previa decisión, por las leyes de la física y las normatividades.

### Uso.

Es el alcance al que se usara su solución. Se hace importante en todos los casos en que el costo total es materia de preocupación, es decir, la suma del costo que representa llegar a una solución, el costo de hacerla físicamente y el costo ligado a su utilización.

### Volumen de producción o de instalaciones.

La cantidad que tiene efecto significativo en el tipo de solución que resulte óptimo, y es obvio que el ingeniero deberá saber que volumen de producción o la cuantificación de la instalación se espera antes de que comience a pensar en las soluciones.

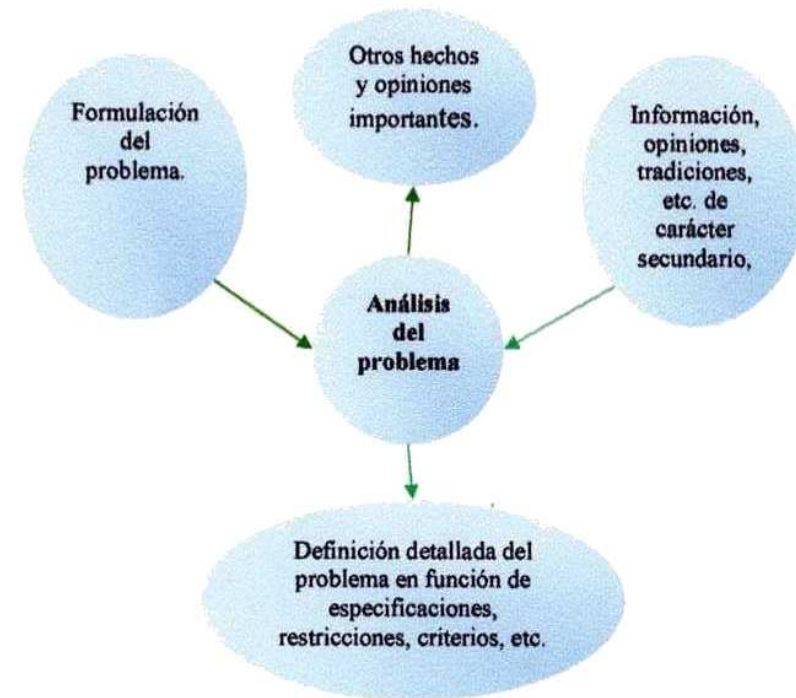


Figura I.15 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA

### ***I.C.1.c. LA BUSQUEDA DE SOLUCIONES.***

En esta fase se buscan activamente las soluciones posibles y uno se inclina a lo que es una verdadera búsqueda o investigación. La acumulación de conocimientos humanos proporciona soluciones “ya hechas” para algunas partes de la mayoría de los problemas. El buscar tales soluciones es un proceso relativamente directo, que consiste en explorar la memoria, consultar libros, informes técnicos y aplicar soluciones.

Las propias ideas son producto del proceso mental llamado invención.

La inventiva es la facultad de una persona para inventar o idear soluciones valiosas, la inventiva dependerá de la actitud mental, los conocimientos, el esfuerzo que se desarrolla, el método que se emplee en la búsqueda de ideas y capacidad o aptitud.

#### **Mejoramiento de la inventiva (la actitud correcta).**

La actitud mental es un impulso permanente a hallar mejores soluciones, para llegar a tener mayor inventiva es desarrollar una actitud positiva hacia la posibilidad de que uno pueda encontrar mejores soluciones a cualquier problema que ataque. Cada vez que se determine una nueva solución hay que determinar a encontrar una mejor y continuar así, la fecha límite para el proyecto, o la presión de otros problemas que se necesiten.

#### **Mejoramiento de la inventiva (ampliación de los conocimientos).**

Cuando se tiene una idea se combinan dos o más porciones del conocimiento en una forma nueva para uno. Por lo tanto, cuanto mayor sea el caudal de conocimientos, mayor será la cantidad de materia prima de la que se podrá disponer para producir soluciones. Cuanto mayor sea el número de materias que abarquen tales conocimientos, mejores serán las posibilidades de lograr ideas notables que sean efectivas.

#### **Mejoramiento de la inventiva (aplicación de mayor esfuerzo).**

Existe una gran diferencia entre tener un destello ocasional de genio y producir en forma continua, bajo presión, ideas y más ideas para resolver un problema dado en el tiempo limitado del que se dispone.

Este último requiere esfuerzos. De manera que para llevar al máximo la inventiva se tendrá que estar dispuesto a pensar prolongada y duramente, y aun dudar un poco.

#### **Mejoramiento de la inventiva (influencia del método).**

Al llevar a cabo al máximo el número y la variedad de soluciones que se puedan aplicar, ampliando el espacio de solución tanto como resulte práctico, retirando a su vez las fronteras que limitan el espacio, liberándolo de restricciones imaginadas o que se han impuesto, entrando a todas las áreas de posibilidades para la solución óptima.

#### **Método para introducir un sistema de búsqueda.**

Un método excelente para lograr tener un sistema son las variables de solución, considerando una cada vez y tratar de crear muchas posibilidades para cada una, es decir soluciones parciales que son soluciones alternativas que se generan para una variable de solución, el ingeniero tiene que evaluar las soluciones parciales que al combinarlas y evaluarlas en repetidas ocasiones, hasta lograr sintetizar una solución completa que sea la combinación óptima de soluciones parciales.

Otra manera de sistematizar la búsqueda es basándose en cada criterio, por ejemplo, medios para llevar al máximo la confiabilidad o para llevar al mínimo el costo de fabricación. El ingeniero puede reordenar en forma sistemática las soluciones parciales para encontrar una de alto rendimiento.



### Terminación prematura de la búsqueda.

Hay una tendencia a suspender la búsqueda de soluciones antes de que sea necesario o deseable hacerlo. Lo anterior es probable que suceda si prematuramente se hacen los detalles o evaluaciones de las soluciones. Si se empieza a trabajar en los detalles de la primera idea que se tenga se puede considerar que se termine la búsqueda, gastando tiempo en los detalles y dejando la búsqueda de otras soluciones distintas. Es mejor formar solo conceptos de solución en esta fase, un concepto de solución es la esencia, el alma, la naturaleza general de una solución en particular.

En la ingeniería hay demasiadas soluciones que son el producto de manuales o de prácticas tradicionales que no tienen más virtud que su longevidad. Cuanto más se sepa acerca de una rama especializada del conocimiento, será mayor el número de soluciones rutinarias con que se estará familiarizando y tanto más fácil será confiar excesivamente en la fuente de soluciones de rutina,



Figura I.16 PREMATURA DE LA BUSQUEDA

### I.C.I.d. LA DECISIÓN.

En la fase de búsqueda de soluciones el ingeniero aumenta el número y la variedad de las posibles soluciones, la fase de decisión es un procedimiento para la eliminación o reducción de estas alternativas a la solución preferida.

Antes de llegar a una decisión inteligente en ingeniería, es necesario que:

- 1) Se deben seleccionar los criterios, y determinar su atención. El criterio es la relación de beneficio a costo, que es el beneficio que se espera de una solución referida al costo que representa crearla y usarla, El costo es el gasto total en que se incurre para fabricar e instalar un dispositivo.
- 2) Se debe predecir el funcionamiento de las soluciones alternativas respecto a estos criterios. La predicción de que tan buenos deben ser los resultados que se logren de cada alternativa, es la parte más difícil del proceso de toma de decisiones. Para hacer estas predicciones, el ingeniero tendrá que apoyarse principalmente en el criterio personal y en los experimentos que haga con una versión de su proyecto que pueda trabajar.
- 3) Se deben comparar las alternativas con base en los funcionamientos pronosticados. Para hacer una selección inteligente entre las alternativas, éstas se deben comparar en forma significativa con respecto a los criterios. Al considerar criterios para los que sean factibles las predicciones pecuniarias, por lo general se tabulan estas cifras, o se agregan en alguna forma, de manera que se puedan comparar fácilmente los costos y los beneficios.
- 4) Se debe hacer la elección.

El rigor y el detalle al que se lleven a cabo dichos pasos varían mucho de un problema a otro, dependiendo de la complejidad de las soluciones que se estén evaluando, de su competitividad, de la importancia de la decisión y de otras circunstancias.

La calidad estética es un criterio tan difícil de explicar como de medir, requiere que el diseñador anticipe las reacciones de los demás, de muchas personas, enfrentando una gran variedad de respuestas individuales. Su diseño final será lo que el diseñador crea que debe ser agradable a la vista de los que miren su creación.

Existen muy pocas creaciones de la ingeniería en que los humanos no tengan que intervenir, ya sea para usarlas, para operarlas o para mantenerlas funcionando, por lo cual un criterio muy importante que se debe considerar en cada problema es la facilidad de manejo u operabilidad del objeto que se diseñe.

La seguridad es un criterio para la protección del consumidor y el aumento de la responsabilidad legal del fabricante por los daños que pueda ocasionar el producto, la consideración de la seguridad sea un aspecto de importancia primordial.

La confiabilidad es uno de los criterios que prueba que no falle el componente o sistema en cuestión durante un periodo específico y en condiciones prescritas. Éste y otros criterios como el de facilidad de reparación, de mantenimiento, de disponibilidad y el de facilidad de operación, requieren muchas de las creaciones de la ingeniería moderna y la dependencia de las mismas agrega importancia a dichos criterios.

### ***I.C.1.e. LAS ESPECIFICACIONES.***

Al concluir la fase de decisión se tiene la alternativa elegida en forma de concepto de solución. Este concepto constituye la esencia, el alma de la solución y abarca las características más importantes y los

principios en que se basa la operación de la solución; carece aún de detalles tales como los materiales que se usarán, dimensiones exactas y aspectos semejantes; no está todavía en forma presente.

En consecuencia, el desarrollo de un concepto de solución no determina el punto final del contacto del ingeniero con un problema.

El resultado de todo esto es la fase de especificación del proceso de diseño, la cual, entre otras cosas, termina con la obtención de planos acotados al detalle de la solución final.



Figura I.17 FASE DE ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO

La fase de especificación puede involucrar mucho trabajo de detalles, los ayudantes técnicos relevan al ingeniero de algo de esta carga, pero en general él es quien tiene que especificar los tipos y las propiedades de los materiales que se han de usar, las dimensiones exactas y sus tolerancias, los métodos de sujeción, las temperaturas de trabajo, las tensiones eléctricas y otros factores.

La entrega del informe final da por terminadas las tareas de diseño del ingeniero para un proyecto dado. El profesional tiene que extender su labor, para ganar la aceptación de su diseño, a supervisar su instalación y operación, y a cumplir con otras funciones posteriores a la especificación que se identifican en la figura siguiente.

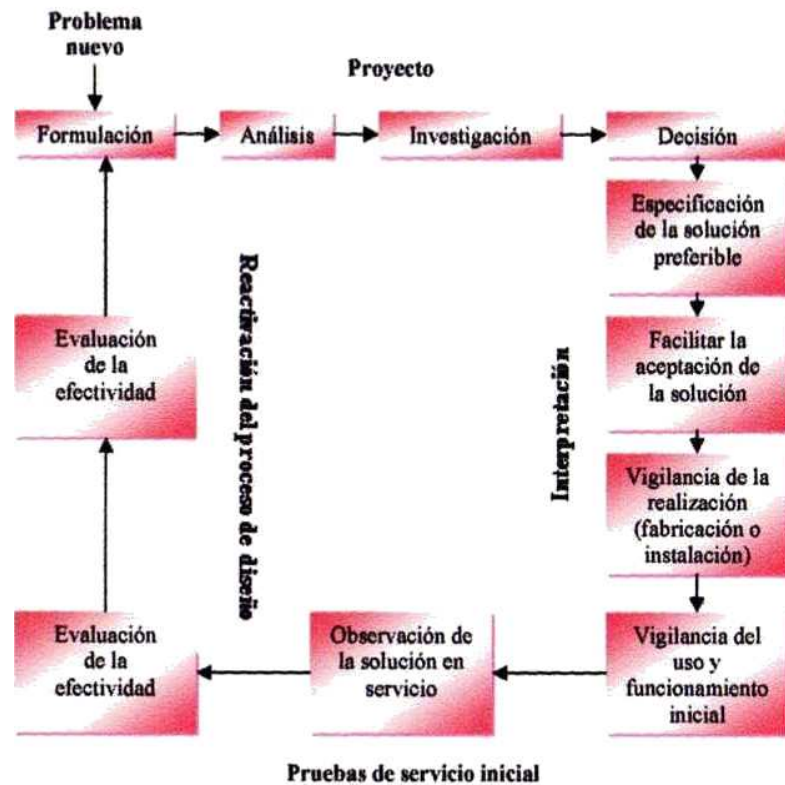


Figura I.18 EL CICLO DEL DISEÑO

### Seguimiento.

El seguimiento periódico de las soluciones que están en uso tiene especial valor como medio para mejorar diseños futuros.

La evaluación periódica de las soluciones que están en uso aporta también una base para decidir cuándo hay que rediseñar, se describen mejores métodos, nacen nuevas demandas, se acumulan nuevos conocimientos, cambian las condiciones y ocurre la depreciación física.

En consecuencia, se llega a un punto en la vida de un diseño en que resulta ventajoso buscar una mejor solución.

Un departamento de ingeniería puede decidir en forma inteligente en qué momento emprender un rediseño solamente si hace una evaluación periódica de las soluciones conocidas que se han dado a los problemas dentro de su medio.

Se completa el ciclo de diseño cuando, después de que se ha ideado una solución para un problema, y de que se ha usado durante un lapso de varios años, hay indicaciones de que se puedan lograr ventajas del rediseño, y se inicia de nuevo el proceso de diseño de una mejor solución.

En la Figura I.19 se ve una representación de la aceptación que comienza con un enunciado vago del objetivo, termina con la especificación de una solución, y abarca todas las actividades y eventos que se realizan entre el principio y el final.

Es una serie de pasos o etapas que determinan la evolución de una solución.

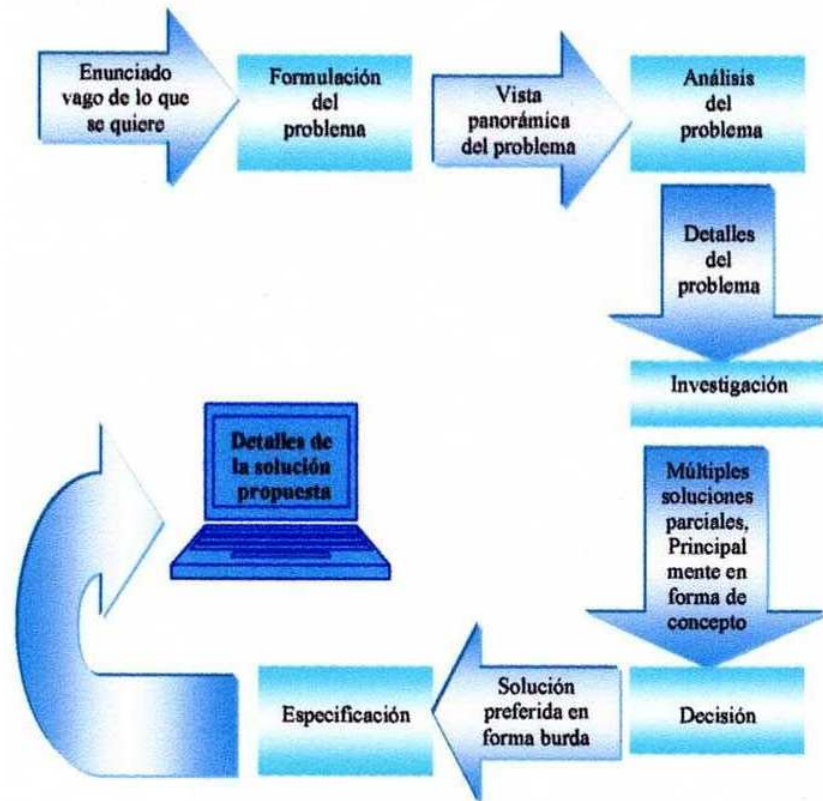


Figura 1.19 FASES DEL PROCESO DE DISEÑO QUE MUESTRAN LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE CADA FASE

En el inicio de todo proyecto de diseño está implícita la suposición de que hay una solución económicamente factible para el problema, de que la inversión que se haga en la ingeniería y demás recursos que se utilicen para desarrollar una solución será recuperable y además dejará una utilidad.

*“Desde el momento en que se inicia un proyecto se pone a prueba la hipótesis de que se debe obtener una solución que produzca utilidad.”*

### I.D. LA TÉCNICA.

La técnica es el procedimiento o el conjunto de procedimientos que tienen como objetivo obtener un resultado determinado ya sea en el campo de la ciencia, de la tecnología, implica el conocimiento de las operaciones como el manejo de las habilidades, tanto de las herramientas como los conocimientos técnicos y la capacidad de inventiva.

La técnica surge de su relación con el medio y se caracteriza por ser consciente, reflexiva, inventiva y fundamentalmente, individual.

El campo de la técnica responde al interés y a la voluntad del hombre de transformar su entorno, buscando nuevas y mejores formas de satisfacer sus necesidades o deseos. Esta actividad humana y su producto resultante es lo que llamamos técnica.

Una técnica es una manera de lograr eficientemente una tarea de una manera que no es inmediatamente obvia o directa, De ahí que:

- 1) Tecnología, el estudio de técnicas, o una colección de las mismas.
- 2) Cualquier cosa que puede ser hecha a través de herramientas o algoritmos.

- 3) En el arte la técnica incluye herramientas, procesos, estructuras, formas, y detalles, así como también la manera en que éstos son usados y combinados, siendo un ejemplo el collage.

La técnica para una instalación eléctrica es importante tomar en cuenta los elementos que la componen como son:

- 1) Los materiales que sean utilizados sean los indicados y adecuados, pues esto evitará la posibilidad de accidentes provocados por cortocircuito o por sobrecargas en la instalación.
- 2) El trazo de la instalación eléctrica; antes de iniciar la instalación de la tubería y el cableado es necesario planear los sitios en donde se colocarán los sockets, los contactos, los apagadores y el interruptor para conocer el recorrido de la instalación.
- 3) Las instalaciones, una vez determinado el lugar de cada elemento de la instalación en la casa, se precederá a llevarla a cabo.
- 4) Equipos como son: motores, bombas, centros de carga, tableros de alumbrado y distribución, interruptores termomagnéticos, interruptores de navajas, interruptores a presión, interruptores de flotador, alternadores para bombas, arrancadores manuales, arrancadores magnéticos, unidades de alumbrado, lámparas, balastaras y reactores, transformadores, etc.

Una de las técnicas que se usa en una instalación eléctrica es la de la fase de alambrado, cualquier descuido puede ocasionar un siniestro en la instalación eléctrica completa.

### ***I.D.1. LA TECNOLOGÍA.***

La tecnología es el conjunto de conocimientos propios de un arte industrial así también como el conocimiento de un arte u oficio sin importar su rango.

Es la propiedad para aplicar los conocimientos de la ciencia en los procesos de producción. La tecnología es así el lazo de unión de las ideas científicas y la aplicación práctica de dichas ideas.

La palabra tecnología data del siglo XVIII, cuando la técnica, históricamente empírica, comienza a vincularse con la ciencia y se empiezan a sistematizar los métodos de producción. La tecnología surge al enfocar determinados problemas técnicos-sociales con una concepción científica y dentro de un cierto marco económico y sociocultural; está íntimamente vinculada con la ciencia y la complementariedad entre ambas se incrementa cada vez más.

La tecnología es el conjunto ordenado de conocimientos y los correspondientes procesos que tienen como objetivo la producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta la técnica, la ciencia y los aspectos económicos, sociales y culturales involucrados, El alcance del término se extiende a los productos resultantes de esos procesos que deben responder a necesidades o deseos de la sociedad y tener como propósito contribuir a mejorar la calidad de vida.

Cuando la tecnología busca una solución a los problemas que se plantean en la sociedad, lo hace relacionando a la técnica (sus conocimientos, herramientas y capacidad inventiva), con la ciencia (el campo de los conocimientos científicos) y con la estructura económica y sociocultural del medio (las relaciones sociales, las formas organizativas, los modos de producción, los aspectos económicos, el marco cultural, entre otros aspectos). Resumiendo, se puede decir que la ciencia está asociada al deseo del hombre de conocer, mientras que

la técnica y la tecnología lo están a la voluntad del hombre de hacer, para satisfacer sus deseos y necesidades.

**I.D.2. DIFERENCIA Y SIMILITUD ENTRE TÉCNICA Y TECNOLOGÍA.**

A continuación se especifican las diferencias que hay entre la técnica y la tecnología:

TÉCNICA	TECNOLOGÍA
<b>Objetivo Compartido:</b> Actuar en la realidad satisfaciendo los intereses de los sujetos.	
<b>Es Procedimental.</b> En la técnica se habla de procedimientos (los procedimientos puestos en práctica al realizar una actividad) y las herramientas.	<b>Es Procesal.</b> En la tecnología se habla de procesos, los que involucran técnicas, conocimientos científicos y también empíricos, aspectos económicos y un determinado marco sociocultural.
<b>Es constitutiva del hombre.</b> Las técnicas han acompañado al hombre desde su origen.	<b>Es contingente.</b> Surge con la ciencia.
<b>Es unidisciplinaria.</b> Ej. Fabricación artesanal.	<b>Es multidisciplinaria.</b> Ej. Producción industrial, sumamente integrada en los procesos productivos industriales y estrechamente vinculada al conocimiento científico.
Intereses individuales.	Intereses colectivos.

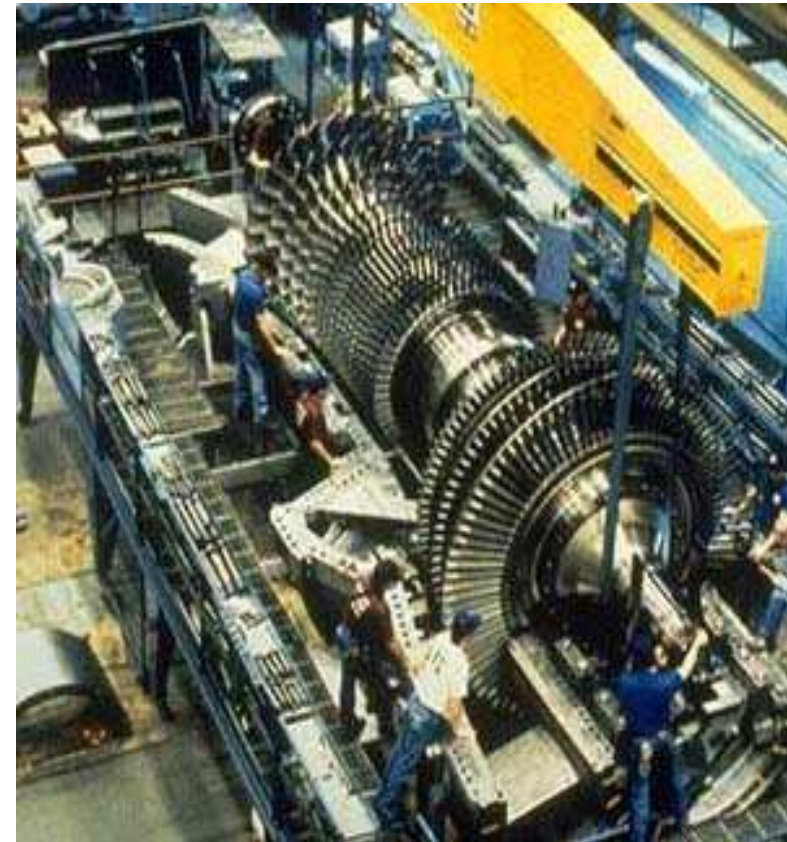


Figura I.20 TURBINA DE GAS

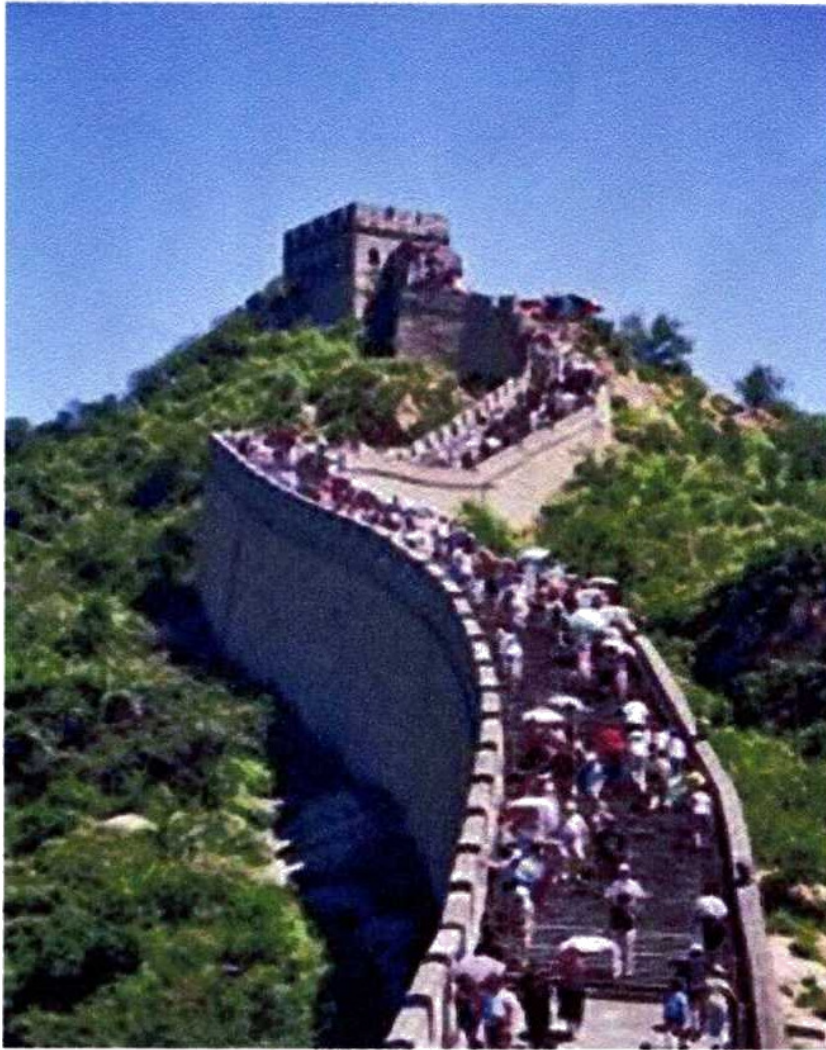


Figura II.1 LA GRAN MURALLA CHINA

## ***CAPÍTULO II. LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS***

### ***II.A. GRANDES OBRAS DE LA INGENIERÍA***

#### **La gran muralla china**

La Gran Muralla es un símbolo de la genialidad china, tiene más de 2,000 años de construida, permanece como una de las grandes maravillas del mundo, una proeza de la ingeniería que ha sido muy pocas veces igualada en los 22 siglos desde que empezó su construcción.

Extendiéndose por más de 6,000 kilómetros, desde las montañas de Corea hasta el Desierto de Gobi, participaron por lo menos veinte estados y dinastías a lo largo de un período de dos mil años. Un millón de soldados dieron diez mil torres para mantener a los bárbaros fuera del reino medio.

Los sectores que subsisten actualmente, colocados extremo con extremo, conectarían Madrid con Moscú, y miles de ladrillos utilizados para edificarla se pusieron en un único muro de cinco metros de alto y uno de ancho, este podría dar la vuelta a la tierra y aún sobrarían.

Los primeros emperadores Ming la reconstruyeron casi completamente, extendiéndola hacia el oeste a lo largo de 6,400 kilómetros, nunca volvería a desempeñar un papel tan significativo en la historia de China. Con la llegada de los manchúes, que controlaron el territorio a ambos lados, la muralla empezó a desmoronarse.

### La torre Eiffel

Es una estructura diseñada por el ingeniero francés Gustave Eiffel con ocasión de la exposición universal de 1889 en París. Es considerada sin lugar a dudas como el símbolo indiscutible de Francia y de la ciudad de París en particular, siendo el monumento más visitado del mundo.



Figura II.2 LA TORRE EIFFEL

#### Características técnicas.

Tiene una altura de 300 metros (m) (324 m. con todo y la antena de radio) con un peso de 7,300 toneladas (Ton), se calcula su peso en más de 10,000 Ton. (debido al museo, restaurantes, almacenes y tiendas que alberga en la actualidad).

Cerca de 200 obreros unieron 18,038 piezas de hierro, usando dos millones y medio de bulones, y siguiendo el diseño estructural de Maunce Koechlin.

El riesgo de accidentes en la construcción era alto, ya que a diferencia de los rascacielos modernos, la torre es una estructura abierta sin pisos intermedios, con la excepción de las dos plataformas.

Los estudios sobre el proyecto comenzaron en 1884, su construcción comenzó a pesar de todos los obstáculos en 1887 y se terminó 26 meses más tarde en 1889.

Estaba previsto en sus comienzos la destrucción de la torre metálica después de la Exposición Universal de 1900. Las pruebas de transmisión radiofónica efectuadas por la armada francesa antes de la fecha fatídica del proyecto de demolición, salvaron finalmente la torre.

Los materiales utilizados fueron: hierro forjado regido bajo la forma de 18,038 piezas entrecruzadas fijadas por 2,500,000 remaches. La estructura de la obra maestra de Gustave Eiffel es muy aireada y la robustez de sus materiales, con peso de 7,300 toneladas.

Desde el suelo hasta el mástil de la bandera la torre medía 312.27 metros en 1889, hoy mide 324 metros, con sus antenas. Actualmente, diferentes cadenas de televisión francesa han instalado sus antenas en la cumbre de la torre.

La "Dama de Metal" es iluminada por 352 proyectores de 1,000 watts centellando cada media hora por noche con 20,000 bombillas y 800 parpadeantes.

Para dar más vida y elegancia a la torre, 4 reflectores con luces de xenon de 6,000 watts que giran de manera permanente en la cumbre, consta de 1,665 escalones para los visitantes deportivos, ascensores transparentes que suben hasta el segundo piso, donde se encuentran una gran cantidad de boutiques de souvenirs.

#### La Pirámide del Sol.

La pirámide del sol, con su fachada principal hacia el poniente y su resonancia de contexto en el cerro Atlachique, se levanta en el costado oriente de la calzada de los Muertos. Es la estructura monumental más antigua (su construcción sí inició hacia el año 100 A.C.) y la más grande de la ciudad de Teotihuacan, con sesenta y cinco metros de altura y una base cuadrangular de 225 metros por lado, dominando el territorio urbano convirtiéndose en los tiempos actuales en símbolo de la presencia prehispánica en el mundo moderno.



La escala dimensional del edificio pone de manifiesto el destino de la construcción religiosa teotihuacana: asegurar la presencia constante de la divinidad dentro de un contexto creado para y desde ella, y en donde la figura humana ocupa un lugar totalmente secundario. El sacerdote-arquitecto teotihuacano no utiliza la vertical como vínculo celestial, el cosmos del altiplano central mexicano dista mucho de la concepción católica occidental divina.

En Teotihuacan la divinidad habita un universo paralelo al de la humanidad, como dice Eulalia Guzmán: “El concepto del espacio indefinido, vacío, no existe; el universo se divide en regiones, donde habitan dioses y almas, conforme una jerarquía determinada”, de tal suerte que los dioses no están arriba, sino coexisten simultáneamente en las cuatro direcciones cardinales; por ello la pirámide teotihuacana no busca el despliegue vertical como cualidad formal, en su lugar aparece el vértigo de la línea horizontal que extendida dentro de un margen matemáticamente determinado, dilata en el paisaje la comunión hombre- deidad”.

En Teotihuacan la arquitectura no busca la singularidad del monumento aislado, sino la extensión de la masa sobre la geografía dentro de un propósito de transformación del paisaje recurriendo al desplazamiento de la línea horizontal en dos sentidos: primero, sobre la vertical creando planos; y, segundo, dilatándose longitudinalmente dando lugar a cuerpos de tres dimensiones.

La Calzada de los Muertos es un ejemplo notable de esta voluntad de diseño, las fachadas de los basamentos laterales extienden sus planos horizontales de tal manera que dinamizan la visual del contexto.

En este caso, como en el resto de la arquitectura de la ciudad, aparece un elemento que obrando como contrapunto contribuye a acentuar la presencia de los ritmos: la escalinata. Ubicada siempre al centro de la fachada principal, la escalinata enmarcada por sus dos alfardas y desprendida hacia el frente, contribuye a elevar el tono plástico de las formas, primero, segmentando la extremidades

horizontales a la vez que mediante un cambio de proporción las densifica con los escalones, y segundo, dotando al conjunto de la peculiar movilidad que provoca el sombreado de elementos dispuestos con inclinación diagonal.

### **Talud y tablero.**

Si bien en general el contorno de la pirámide se refiere a la silueta de las colinas, la vocación formal teotihuacana tiende a espiritualizar la materia a través de la geometrización de sus componentes, de esta manera surgen los dos elementos compositivos claves de la arquitectura de la ciudad: el talud y el tablero.

Se trata de una combinación de dos planos horizontales en donde el inferior (talud) reposa hacia el fondo formando un ángulo próximo a los cuarenta y cinco grados, y el superior (tablero) enmarcado por una moldura recta, proyecta una sombra sobre el elemento inferior.

El efecto visual de este binomio es variable dependiendo de la posición del sol respecto del edificio en cuestión; cuando la iluminación no es directa los cuerpos del basamento ganan en solidez óptica, sin dejarse de percibir las líneas profundas que provoca la moldura perimetral al enmarcar el tablero.

Cuando la luz se proyecta frontalmente, los cuerpos horizontales parecen desprenderse de la masa tectónica y flotar sobre la fachada sin perder nunca posición (a pesar de la inclinación de los rayos solares).

Arte clásico en su expresión atemporal, nada tiene que ver con fantasías que satisfagan propósitos terrenos; todo en Teotihuacan aparece enmarcado, sujeto definido, Raúl Floras Guerrero referirá en tomo a la primacía del rectángulo teotihuacano, manifestada desde el sistema talud- tablero hasta la conformación general de los edificios: “...rectángulo rígido y absoluto, sublime, eterno e infinito, como debía ser la religión en ese momento...”.



Figura II.3 LA PIRÁMIDE DEL SOL

### II.B. INGENIERÍA DE PROYECTOS.

Un proyecto es una actividad cíclica y única para tomar decisiones, en la que el conocimiento de las bases de la ciencia de ingeniería, la habilidad matemática y la experimentación se conjugan para poder transformar los recursos naturales en sistemas y mecanismos que satisfagan las necesidades humanas.

Previamente definimos la ingeniería como una actividad científica de transformación económica de los recursos naturales, se dice que un proyecto es una actividad cíclica porque se repite muchas veces con el fin de alcanzar la meta prefijada, el proceso se repite una y otra vez para ir modificando cierto elemento del conjunto.

El proyecto también es una actividad única puesto que los criterios, los cálculos y las especificaciones que sirven de base para obtener un sistema o un mecanismo, no se utilizarán en su forma original para otro proyecto.

Un sistema es un conjunto ordenado de elementos que funcionan en forma coordinada para lograr un fin.

Las características básicas del proyecto son identificación de las necesidades existentes, acumulación de la información pertinente, formulación de las soluciones posibles, análisis de estas soluciones, valuación física y económica de las soluciones, optimización de las soluciones para encontrar una solución específica con base a ciertos criterios, diseño detallado del sistema, valuación en el campo y proyecto por evolución.

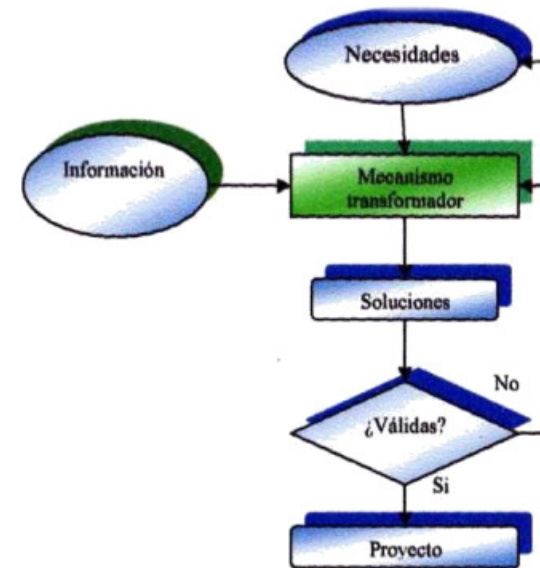


Figura II.4 EL PROCESO CÍCLICO PERMITE SATISFACER LAS NECESIDADES TOTALMENTE, REPITIENDO EL PROCEDIMIENTO DE TRANSFORMACIÓN LAS VECES QUE SEAN NECESARIAS HASTA ALCANZAR LA META DESEADA

**Identificación de las necesidades existentes.**

Un estudio del mercado o una tendencia identificada por un ingeniero son el punto inicial de un proyecto, es importante cuantificar estas necesidades porque la ingeniería está sometida a un criterio económico y una falsa identificación puede traer consigo soluciones que no satisfagan las necesidades reales del consumidor provocando algún fracaso económico.

**Acumulación de la información pertinente**

La información acumulada permitirá desarrollar válidamente un proyecto, siempre y cuando esta información sea útil. Esta etapa puede parecer tediosa y es a veces difícil de llevar a cabo por la aparente falta de información.

Sin embargo, cuando el ingeniero logra obtenerla verá recompensando ampliamente su esfuerzo en esta actividad, esto permitirá cuantificar mejor sus resultados y obtener mayor validez en los mismos.

**Formulación de las soluciones posibles.**

Mediante la formulación de múltiples soluciones se podrá alcanzar un nivel más elevado y más satisfactorio de un proyecto, la tendencia a proporcionar una solución única debe evitarse puesto que al iniciar un proyecto el ingeniero no se encuentra en posición de valuar todos los criterios que la rigen.

**Análisis de soluciones.**

Es el primer proceso eliminatorio de las soluciones. Debe hacerse tomando como base los criterios establecidos en la identificación de las necesidades existentes, el análisis cuidadoso, en función de las necesidades, eliminará algunas de las soluciones propuestas.

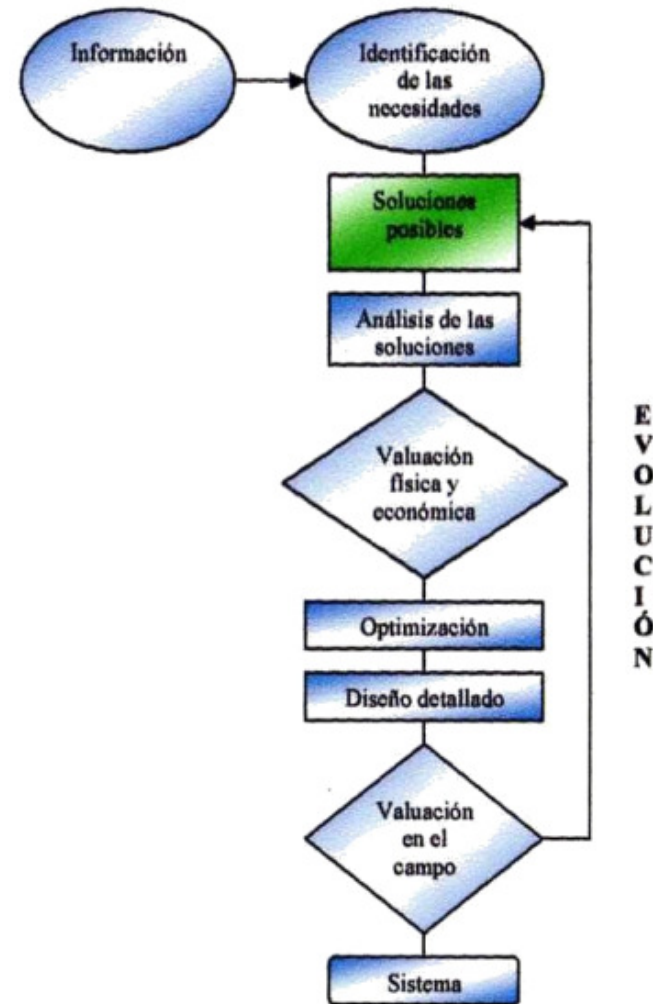


Figura II.5 CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO

**Valuación física y económica de las soluciones.**

Las soluciones deben valorarse desde el punto de vista de su realización física, si es posible construir el sistema con los materiales existentes, y si además, tiene justificación desde el punto de vista económico, en este paso se eliminarán de nuevo algunas soluciones, como se muestra en la Figura II.6.

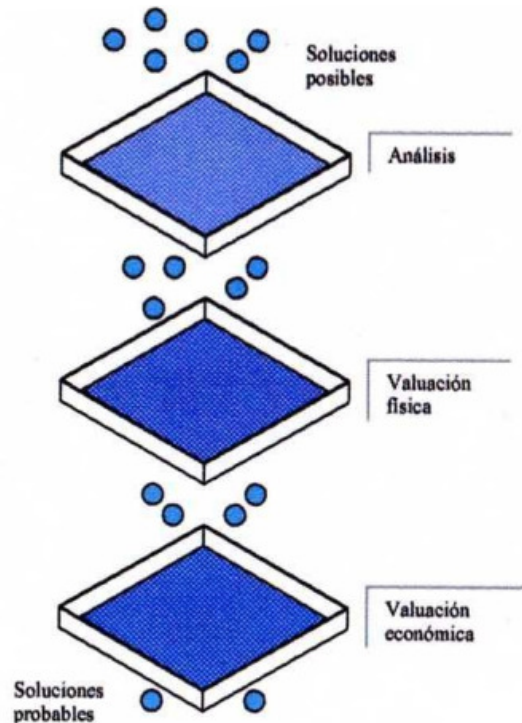


Figura II.6 PARA OBTENER SOLUCIONES ÚTILES PARA EL PROBLEMA, ES NECESARIO PASAR TODAS LAS SOLUCIONES POSIBLES POR VARIOS TAMICES QUE LAS VAYAN SELECCIONANDO HASTA OBTENER DOS O TRES QUE SE VALUARÁN DE NUEVO Y SE OPTIMIZARAN

La optimización de las soluciones y el diseño detallado se han mencionado en el capítulo anterior.

**Valuación en el campo.**

Una vez obtenido el sistema físico o prototipo es necesario efectuar la valuación bajo condiciones reales, con el fin de identificar las ventajas y las fallas de su comportamiento

**Proyecto por evolución.**

En base a las valuaciones llevadas a cabo en la etapa anterior se podrá mejorar el sistema por evolución, modificando aquellos criterios que se aplicaron y que se comprobaron que no eran totalmente válidos.

**II.B.1. LOS PÁRAMETROS DEL PROYECTO.**

Durante la duración del proyecto el directivo se concentra en tres parámetros básicos: calidad, costo y tiempo. Un proyecto bien manejado es aquel que se termina con el nivel de calidad especificado en o antes del plazo fijado para el mismo y dentro del presupuesto asignado.



Figura II.7 PÁRAMETROS DEL PROYECTO

### II.B.2. EL ORIGEN DE LOS PROYECTOS.

Los proyectos nacen de problemas u oportunidades. En el trabajo pueden iniciarse por la alta gerencia, los clientes o miembros del personal. El proyecto surge cuando alguien reacciona ante cierto nivel de frustración rodeando un problema o cuando alguien ve una oportunidad para una nueva empresa.

El proyecto existe al tomarse a decisión de hacer algo sobre el problema u oportunidad y habitualmente, se le asigna al administrador del proyecto la responsabilidad de llevarlo a cabo.

### II.C. LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO.

En toda labor a la que un ingeniero se dedica, es necesario no sólo mantener un control sobre lo que se está haciendo, sino establecer de antemano lo que se va a hacer. Es decir que existe la necesidad de definir los factores siguientes:

- 1) ¿Qué meta es la que se quiere alcanzar?
- 2) ¿Con qué elementos se cuenta para poder alcanzar esta meta?
- 3) ¿Qué limitaciones existen para poder alcanzarla?

Estas tres características son básicas y requieren un esfuerzo especial para poder organizarlas de una manera efectiva. La organización de estos factores y su control es lo que se llama la administración de un proyecto.

Al iniciar la organización de un proyecto se establece la meta que se piensa alcanzar, siendo ésta por lo general, la terminación del proyecto, es decir, entregar al jefe o al gerente aquellos planos, especificaciones o sistemas físicos que se le han encomendado al ingeniero.

Lo que se quiere alcanzar pueden ser los resultados de un estudio económico de cierto renglón con recursos naturales abundantes o un estudio sobre la modificación de una operación que se lleva a cabo en una línea de ensambles. Administrar, por lo tanto, es organizar y controlar, sólo por medio de la administración efectiva se logran proyectos profesionales.

El ciclo administrativo consta de cinco elementos:

- 1) Establecer las metas deseadas.
- 2) Desarrollar los planes de acción para lograr esas metas.
- 3) Determinar los horarios y las erogaciones de cada paso.
- 4) Controlar y valorar el progreso.
- 5) Tomar una decisión y actuar de la manera apropiada para poder implementarla.

La Figura II.8 muestra un esquema de este ciclo.

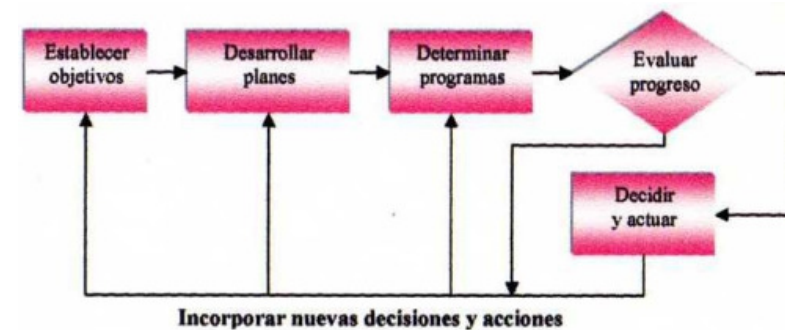


Figura II.8 CILO ADMINISTRATIVO

Para poder administrar un proyecto existen diversas herramientas que se encuentran al alcance del ingeniero como hacer una lista de lo que se piensa y ver si en efecto se está llevando a cabo, otras son más complejas pero están basadas en una metodología que permite organizar de una manera concisa cualquier proyecto y lleva a cabo los cinco pasos enumerados con anterioridad.

Dos de estas técnicas son: el Método de Ruta Crítica (MRC) y PERT (siglas en inglés para Evaluación de Programas y Técnicas de Revisión). Estos dos métodos se emplean con frecuencia en los proyectos medianos y en la totalidad de los proyectos mayores.

El Método de Ruta Crítica y PERT son armas poderosas para la administración de un proyecto ya que todo lo que se lleva a cabo en éste se realiza por primera vez, son muy útiles también para la planeación de un proyecto esto es al no existir antecedentes, es necesario organizar el trabajo de tal forma que no tome ni más tiempo ni más dinero de lo estrictamente necesario, estos dos métodos deben ser del dominio de todo ingeniero de proyectos.

### II.C.1. RUTA CRÍTICA Y PERT.

La base de estos dos métodos de planeación consiste en un diagrama o red de actividades que muestra la dependencia de cada actividad en la que se tiene que desarrollar una función del tiempo, del costo, de los recursos usados o de una combinación de estos elementos.

La diferencia más general entre la Ruta Crítica y PERT consiste en la manera de calcular los tiempos necesarios para completar un proyecto. Mientras que en el Método de Ruta Crítica (MRC) se determina la duración de una actividad por medio de un tiempo único, por ejemplo: saber el valor de una resistencia, igual a dos minutos; el método de PERT usa un enfoque del tiempo distinto, se da el tiempo más optimista en que se completará el trabajo, el

tiempo más pesimista en el que se completará el trabajo y el tiempo más probable, por ejemplo: hacer la instalación en una habitación: tiempo optimista: medio día, tiempo pesimista: dos días, tiempo más probable: un día.

La Figura II.9 muestra estos dos enfoques y la manera gráfica de visualizar las diferencias.

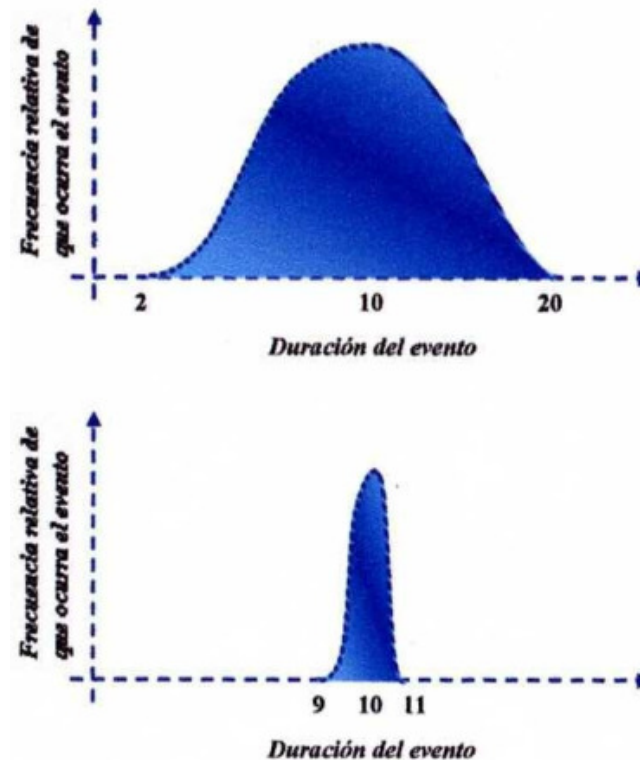
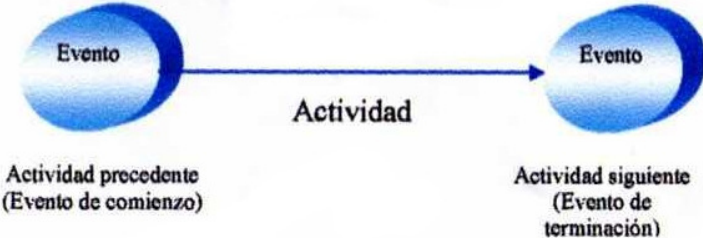


Figura II.9 ENFOQUES DISTINTOS DEL PERT Y DEL MRC

Por lo general se emplea el MRC en los proyectos en donde ya se ha tenido más experiencia y los tiempos de cada actividad ya están bastante definidos. El método de PERT se emplea en aquellos proyectos en donde no se conoce con certeza la duración de cada actividad y por lo tanto hay que hacer una estimación, con cierto nivel de seguridad.

En el diagrama PERT hay tres integrantes: los eventos representados mediante círculos u otras figuras convenientes, cerradas; las actividades representadas por flechas que conectan los círculos; y las no actividades que conectan dos eventos y que se representan como flechas formadas por líneas de puntos. (Una no-actividad representa una dependencia entre dos eventos que no requieren ningún trabajo.)



Los diagramas PERT son más útiles si muestran el tiempo planificado para terminar una actividad en la línea de actividades. El tiempo se registra en una unidad apropiada para el proyecto, siendo la más común los días, aunque también suelen usarse las horas, las semanas y a veces los meses. Algunos diagramas muestran dos números para los tiempos estimados un estimado alto y un estimado bajo.

Los diagramas PERT más sofisticados se trazan en una escala de tiempo, con una proyección horizontal de las flechas de conexión trazada para representar el tiempo requerido para sus actividades. En el proceso de confeccionar el diagrama a escala, quizá algunas

flechas de concesión sean mayores de lo que requiere la terminación de la tarea; esto representa el tiempo muerto en el proyecto y se representa por un punto grueso al final del periodo de tiempo apropiado, seguido de una flecha.

Formada por una línea de puntos que lo conecta con el evento que le sigue.

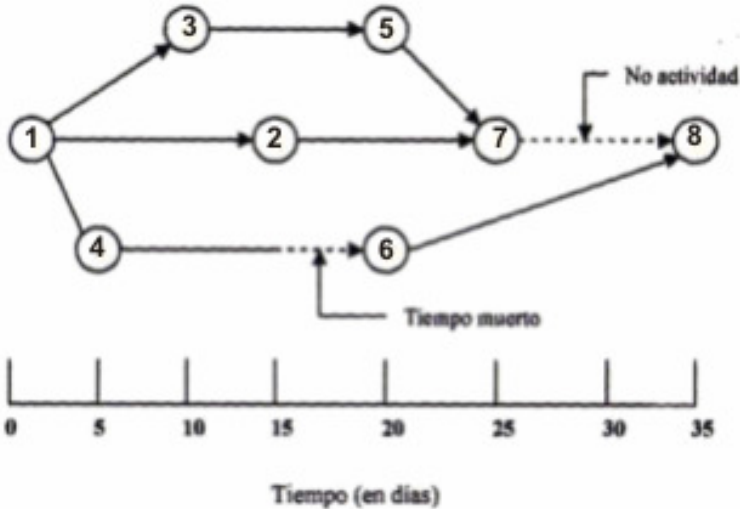


Figura II.10 UN DIAGRAMA PERT TRAZADO EN ESCALA DE TIEMPO

El diagrama PERT no sólo muestra la relación entre los varios pasos en un proyecto, sino que también sirve como una manera fácil para calcular el camino crítico, que es el camino más largo a través de la red y, como tal, identifica los pasos esenciales que deben completarse a tiempo para evitar una demora y para terminar el proyecto.

A continuación se muestra el diagrama PERT para el estudio de un caso: un proyecto de remodelación.

Definición del proyecto: Remodelar el edificio No. 7 para proporcionar cuatro oficinas adicionales a fines del tercer trimestre a un costo que no exceda \$17,500.  
 Nota: los números dentro de los círculos corresponden a los pasos listados más abajo. Los números en las líneas muestran los días necesarios para completar el paso siguiente:

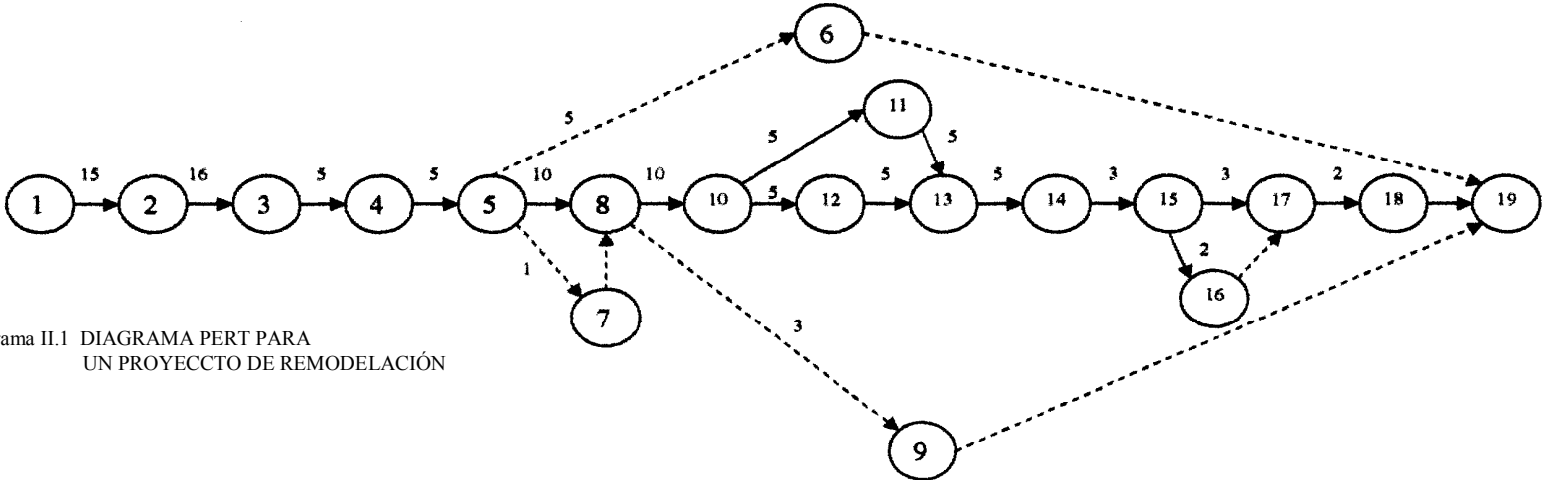


Diagrama II.1 DIAGRAMA PERT PARA UN PROYECTO DE REMODELACIÓN

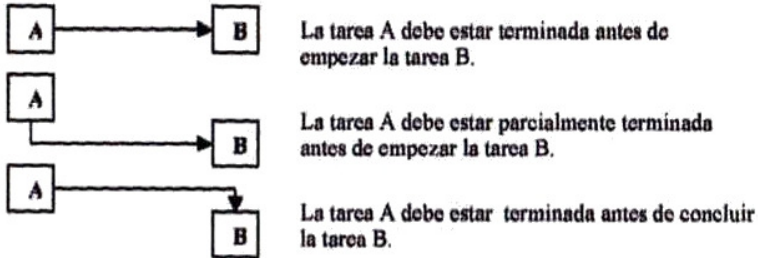
Pasos en el proyecto con sus tiempos estimados (en días)

1	Comienzo del proyecto	-
2	Terminación de los planes del trabajo	15
3	Obtención del permiso de construcción	16
4	Echar los cimientos	5
5	Instalación del techo/paredes	5
6	Terminación del techo	5
7	Instalación de las ventanas	1
8	Instalación de paneles exteriores	10
9	Pintura exterior	3
10	Alambrado eléctrico	10

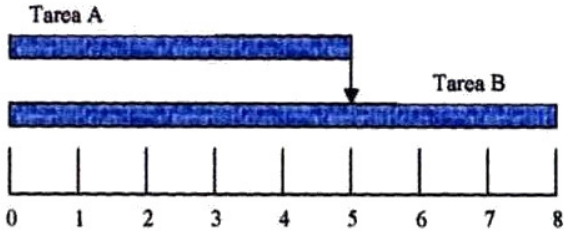
11	Calefacción/airea acondicionado	5
12	Aislamiento	5
13	Instalación de las planchas	5
14	Instalación y guarnición de las puertas	5
15	Pintura interior	3
16	Instalación de accesorios eléctricos	2
17	Limpieza general	3
18	Instalación de los pisos	2
19	Terminación del proyecto	-



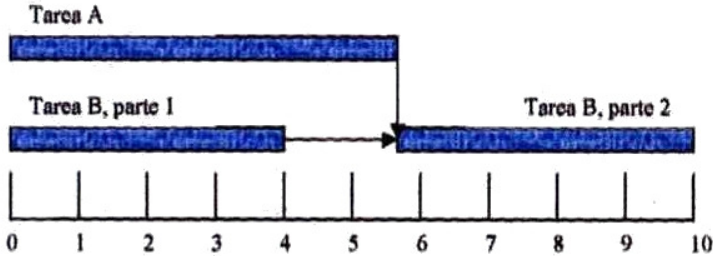
En el MRC se identifican sistemáticamente todas las correlaciones de las tareas, una manera de hacerlo es usar un diagrama de tareas, también conocido como diagrama prioritario, este diagrama describe cada uno de los tres tipos característicos de correlación en forma gráfica.



Las flechas verticales se conoce como "actividades fantasma" muestra que la tarea B no puede empezar hasta que la tarea A sea terminada, debe de ser vertical para mostrar que no debe transcurrir tiempo entre el cumplimiento de la tarea A y el comienzo de la tarea B. La duración de las tareas, puede hacerse como el esquema siguiente:



Se puede notar que la tarea B puede proseguir hasta cierto punto en el que se necesitará información acerca de la tarea A. si se hubiera encontrado que sólo tres días de trabajo productivo se podrían efectuar en la tarea B sí haber terminado la tarea A, el programa del proyecto sería:



Aún cuando la duración óptima de la tarea B haya sido establecida en ocho días, se necesitaron 10 para terminar con esta tarea. Los dos días adicionales se utilizaron en espera de que se terminare la tarea A antes de empezar con la segunda parte de la tarea 6. Este retraso se muestra con la flecha horizontal que conecta la parte 1 y 2 de la tarea 8. Estas flechas horizontales se conocen como "tiempo flotante".

A continuación se muestra el esquema de actividades para un estudio ambiental con las siguientes tareas con el MRC.

- A. Desarrollo de antecedentes.
- B1. Selección de sitios para estudios de caso.
- B2. Preparación de los documentos abreviados.
- B3. Desarrollo de los datos del plan gerencial.
- B4. Visitas a los lugares de estudio.
- B5. Análisis de las muestras de desechos.
- C1. Desarrollo de los modelos de costo,
- C2. Diseños preliminares para los sitios de estudio seleccionados.
- C3. Estimación de costos para los estudios de caso.
- D. Evaluación de tratamiento, recuperación y reciclaje.
- E. Valorar el impacto de los costos.
- F. Evaluar el modelo de costos.
- G1 a. Preparar los reportes de antecedentes.
- G1 b. Preparar el reporte de las visitas.
- G1 c. Preparar el reporte de muestras y análisis.
- G2. Preparar borrador del reporte.
- G3. Reporte final,
- H. Gerencia del proyecto.

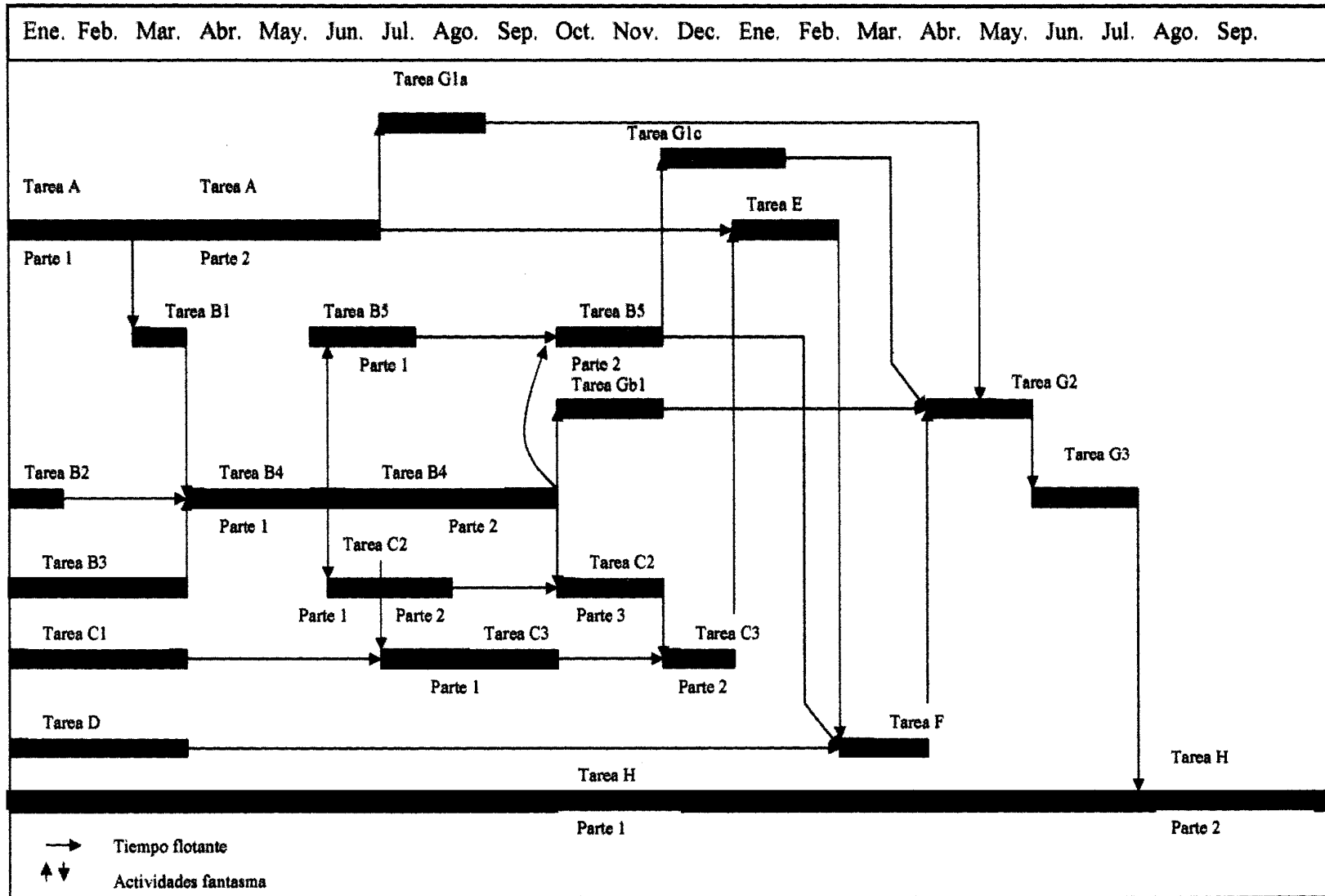


Diagrama II.2 ESQUEMA DEL RMS PARA UN ESTUDIO AMBIENTAL

Aunque la diferencia de los dos enfoques esté basada en la probabilidad de que ocurra un evento dentro del tiempo previsto, ninguno de los dos métodos es único. En tiempos recientes ha habido una tendencia para mezclarlos y llamarlos: "Métodos de planeación tipo PERT". Sin embargo, la esencia de éstos es semejante aunque el PERT requiera un mayor número de manipulaciones.

Las ventajas de los métodos de planeación son múltiples, algunas de las cuales se enumeran a continuación:

1. Se logra una planeación más lógica de las actividades que hay que desarrollar.
2. La planeación se puede llevar a cabo con un mayor plazo de tiempo.
3. Se simplifica la coordinación de un proyecto entre los distintos elementos que le integren.
4. Se ahorra dinero debido a que no existen actividades inesperadas que hay que llevar a cabo.
5. Se pueden comunicar las ideas de una manera gráfica más concisa.

Por medio del MRC se puede llevar a cabo un control más efectivo de los gastos que hay que hacer en el desarrollo de un proyecto ya que, por lo general, en las empresas todos los costos se centralizan y las erogaciones se hacen en función de las actividades y no de los proyectos.

A veces se piensa que el proyecto más económico en costos de dinero es el más económico bajo cualquier concepto. Esto no es siempre cierto, el valor del tiempo es también grande, si un proyecto está parado por una situación, implica que este proyecto durará un mes más de lo previsto, la maquinaria o los operarios que se utilizan no estarán produciendo y estos costos son tan reales como la cantidad de dinero que se paga de multa o que se recibe de utilidad extra si el proyecto termina antes o después de la fecha especificada en el contrato. La comparación de costos y de tiempo

es muy valiosa en cualquier proyecto y el MRC permite llevar a cabo esta comparación de una manera sistemática.

### ***II.C.2. ¿EN QUÉ CONSISTE LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO?***

La administración de un proyecto consiste en una operación con un principio y un fin, llevada a cabo para obtener las metas establecidas dentro de los objetivos de costo, programa y calidad fijados de antemano.

La administración del proyecto reúne y aprovecha al máximo los recursos necesarios para completarlo con éxito. Estos recursos incluyen la habilidad, talento y esfuerzo cooperativo de un grupo de personas; instalaciones, herramientas y equipos; información, sistemas, técnicas y dinero.

### ***II.D. EL PROCESO DE DECISIÓN.***

Una de las dificultades más grandes a la que se enfrenta un ingeniero es la de tomar una decisión correcta. De una decisión dependerán muchos esfuerzos, mucho trabajo y una suma considerable de dinero. Como por lo general no se tiene a la mano toda la información que ayuda a tomar una decisión correcta, es necesario hacer suposiciones y valuaciones que se aproximen a lo más posible a la realidad.

No todas las decisiones, desde luego, tienen la misma importancia, algunas requieren un gran esfuerzo por parte del ingeniero quien, inclusive, llama a otros colegas para que lo asesores.

En un proyecto son tres los elementos que intervienen para tomar una decisión:

1. Las posibles alternativas.
2. Los beneficios que se van a obtener.
3. Las dificultades de llevar a cabo o implantar la decisión.

Las alternativas son necesarias, ya que sin ellas sólo queda un camino que seguir y no hay posibilidad de escoger o decidir. Los beneficios que se piensen obtener están ligados estrechamente a las alternativas, es decir, que cada beneficio es una función de su correspondiente alternativa. Finalmente, la dificultad de implementar cada alternativa debe ser una de las normas que se apliquen en el proceso de decisión para poder seleccionar la que más se adapte a las posibilidades del proyecto.

**La naturaleza de una decisión.**

Existen dos tipos de elementos que se deben tomar en cuenta para efectuar una decisión: los elementos cuantificables y los no cuantificables.

Los elementos cuantificables serian el consumo de automóvil, el rendimiento de un motor, la capacidad de carga de un avión, el precio de una bomba de agua; los que no se pueden cuantificar con tanta facilidad serian por ejemplo: la comodidad de un asiento de avión, la seguridad de un vehículo, el prestigio de una marca, las ventajas políticas de un proyecto, la influencia social de un conjunto urbano, etc.

Sin embargo, para poder efectuar una selección entre varias alternativas es necesario tomar en cuenta estos dos factores.

**Decisiones para proyectos.**

Existen dos tipos de decisiones dentro del marco de la ingeniería de proyectos:

1. Decisiones para proyectar y
2. Decisiones para seleccionar.

En la primera existen dos categorías de elementos: los elementos que se pueden controlar y los elementos que no se pueden controlar. La siguiente tabla muestra estas dos categorías.

Controlables	No controlables
# de varillas en una columna de concreto.	Interferencia causada por la actividad solar.
Fuerza aplicada a una palanca.	Salinidad en la atmósfera.
Voltaje de una línea.	Turbulencia del aire.
Flujo de combustible.	Estado económico de un país.
Altura de una caída de agua.	Vibración de un bulbo.
Generación de calor.	Precipitación pluvial.
Intensidad de un foco.	Terremotos.
Espesor en una llanta.	Demanda de asientos en un ómnibus.

Algunos de los elementos no controlables pueden tratarse de controlarse imponiendo ciertas restricciones, por ejemplo: en la demanda de asientos de un camión de pasajeros, se puede aumentar el precio del pasaje para poder reducir las solicitudes. Pero esto no es siempre posible o deseable.

**II.E. PLANEACIÓN DE UN PROYECTO.**

La planificación es de suma importancia en la administración de proyectos, se debe enumerar detalladamente todo lo necesario para terminar el proyecto con éxito siguiendo las tres medidas vitales de la calidad, el tiempo y el costo.

Cuando más largo y complejo sea el proyecto, más tiempo se debe dedicar a su planeación; esto se debe a la dificultad para realizar libremente objetivos definidos que se extienden a largo plazo. Un buen plan de trabajo no es un informe sino una recopilación de tablas y figuras, que pueden ser usadas como documentos de

referencia inmediata a lo largo de todo el proyecto. El plan de trabajo se debe definir:

- ❖ ¿Qué se debe hacer?
- ❖ ¿Cuándo se debe hacer?
- ❖ ¿Cuánto costará?
- ❖ ¿Quién lo hará?

Un proyecto puede tener hasta tres niveles de definición dependiendo de su tamaño y complejidad.

#### **Nivel 1. Definición de la propuesta.**

Muchos proyectos son definidos durante la preparación de la propuesta. Esta definición debe contener los suficientes detalles para describir cómo será realizado el proyecto y los fundamentos del precio propuesto y de la programación.

#### **Nivel 2. Control del proyecto.**

Después de firmado el contrato puede ser necesario definir más ampliamente el proyecto para que así el gerente pueda controlar adecuadamente el trabajo. En pequeños proyectos la definición de propuesta puede ser muy adecuada para el control del proyecto, pero para proyectos grandes y complejos, el gerente de proyecto debe elaborar detalles adicionales.

#### **Nivel 3. Control de actividades.**

Una vez definido el control del proyecto tal vez sean necesarios más detalles, con el fin de definir los elementos requeridos para realizar cada una de las múltiples actividades, el gerente de proyecto no utiliza esos detalles adicionales para monitorear el progreso total, sino que son instrumentos para comunicar el alcance de cada actividad a la persona o personas responsables.

En proyectos grandes y complejos pueden existir diversos estratos que definen el control de actividad, así como existen varios niveles en la delegación de actividades y sub-actividades.

#### ***II.E.1. PLANEACIÓN DE LA MEDIDA DEL TIEMPO.***

El objetivo al planificar la medida del tiempo es determinar el tiempo más corto necesario para completar el proyecto. La planificación de la medida del tiempo sólo puede hacerse por aquellas personas que tengan experiencia en las mismas actividades o similares.

Existen muchas razones para hacer una planificación cuidadosa del costo del proyecto; un buen plan comprende la identificación de las fuentes de suministros y materiales y esta investigación cuidadosa asegura que los costos son realistas. El objetivo principal de un buen presupuesto consiste en supervisar los gastos de un proyecto mientras se encuentra en progreso y evitar los gastos excesivos.

Las inexactitudes en el presupuesto siempre son inevitables, pero no deben ser consecuencia de un trabajo insuficiente en el plan original. El objetivo es ser tan realista como sea posible.

#### ***II.E.2. LOS DIAGRAMAS DE GANTT.***

El diagrama de Gantt es una barra horizontal que muestra gráficamente la relación del tiempo entre los pasos en un proyecto y se le llama así en honor de Henry Gantt, el ingeniero industrial que introdujo este procedimiento a principios del siglo pasado.

Cada paso de un proyecto está representado por una línea situada en el diagrama en el período de tiempo dentro del cual se ejecutará. Una vez terminado, el diagrama de Gantt muestra la secuencia del flujo de las actividades, como también las que se estén llevando a cabo al mismo tiempo.

Para crear un diagrama de Gantt, se enumeran los pasos necesarios para completar un proyecto y la estimación del tiempo requerido para cada paso. Luego se enumeran los pasos a lo largo del lado izquierdo del diagrama y los intervalos de tiempo a lo largo de la parte inferior. Se traza una línea a través del diagrama para cada paso, comenzando en la flecha de comienzo programada y terminando en la fecha de terminación de dicho paso.

Es posible ejecutar algunos pasos paralelos al mismo tiempo, tomando uno más tiempo que el otro; esto permite alguna flexibilidad sobre cuándo comenzar el paso más corto, siempre y cuando el plan se haya terminado a tiempo, para continuar con los pasos siguientes. Esta situación se puede mostrar con una línea de puntos que continúe hasta el momento en que el paso debe terminarse.

Cuando el diagrama de Gantt esté terminado se podrá ver el total del tiempo mínimo para el proyecto, la secuencia apropiada para los pasos pueden estarse ejecutando al mismo tiempo.

También es posible aumentar la utilidad del diagrama de Gantt, este paso debe terminarse, haciéndose también un diagrama del progreso actual; por lo general esto se hace trazando una línea de un color diferente debajo de la línea original para mostrar las fechas actuales de comienzo y terminación de cada paso.

Esto permite evaluar rápidamente si el proyecto se está llevando a cabo dentro de los plazos o no.

Los diagramas de Gantt son limitados en cuanto a la posibilidad de mostrar la interdependencia de las actividades. En los proyectos en que los pasos fluyen en una simple secuencia de eventos, pueden darle al administrador del proyecto la información adecuada; sin embargo, cuando varios pasos se están ejecutando a la vez y existe un alto nivel de interdependencia entre diferentes pasos.

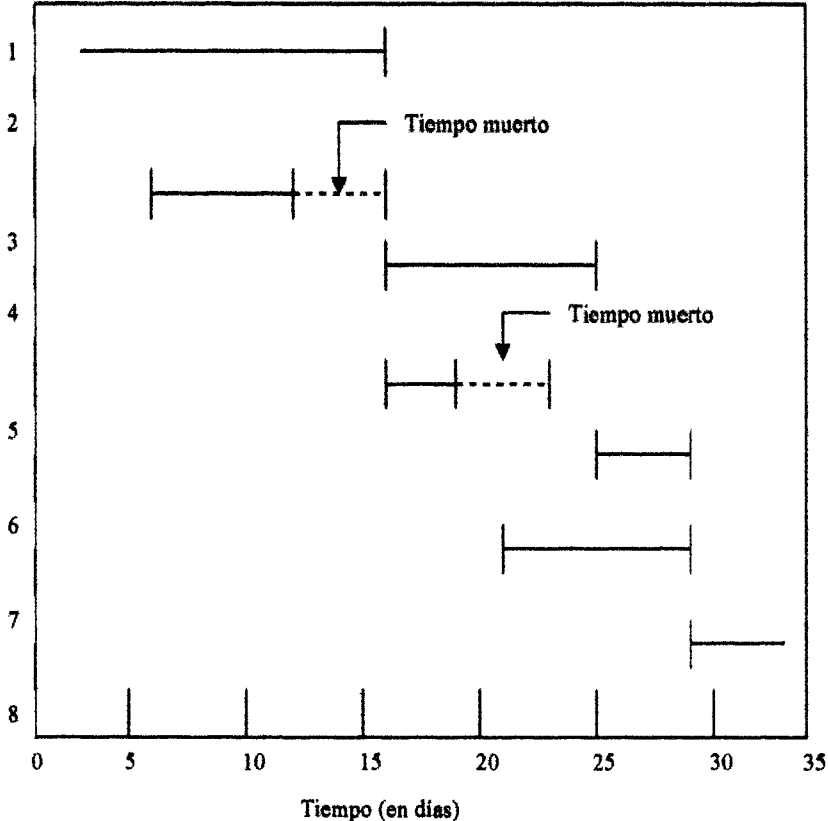
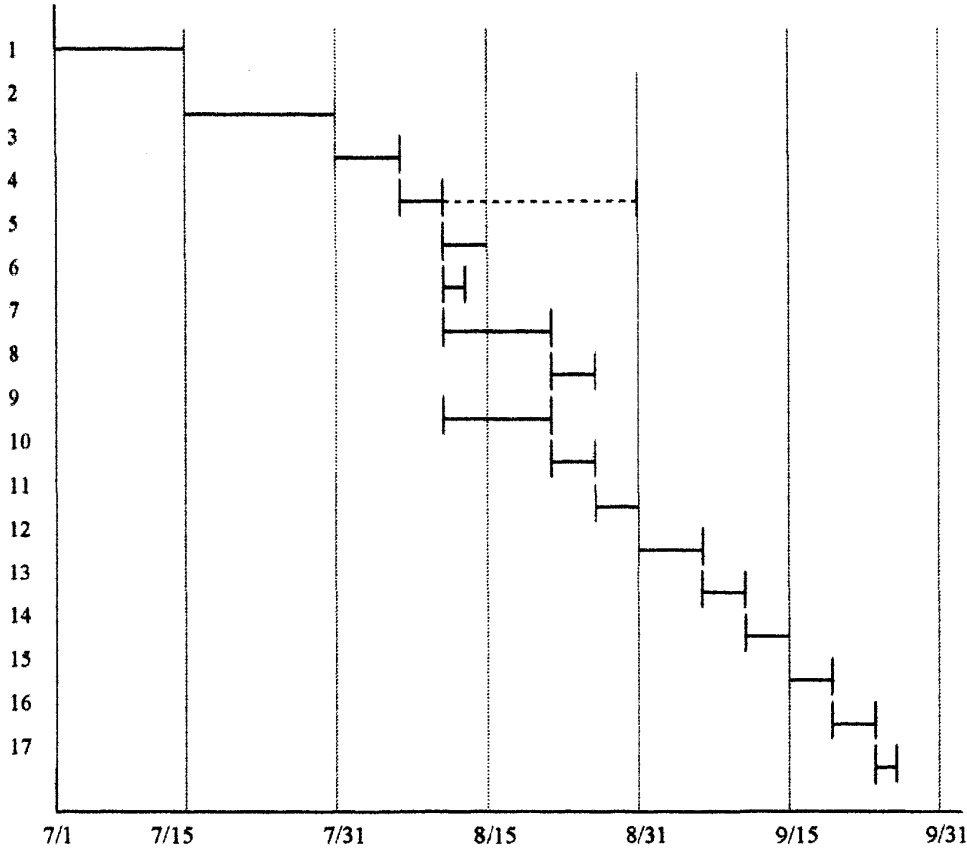


Figura II.11 EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE GANTT

Definición del proyecto: Remodelar el edificio # 7 para proporcionar cuatro oficinas adicionales a fines del tercer trimestre a un costo que no exceda \$17,500.



Pasos en el proyecto con sus tiempos estimados		
1	Trazar los planos de trabajo.	15
2	Obtención del permiso de construcción.	16
3	Formar /echar los cimientos.	5
4	Encuadrar las paredes y el techo.	5
5	Instalación del techo.	5
6	Instalación de las ventanas.	1
7	Instalación de tablas exteriores.	10
8	Pintura exterior.	3
9	Instalación del alambrado eléctrico.	10
10	Instalación de la calefacción y aire acondicionado.	5
11	Aislamiento.	5
12	Instalación de las planchas.	5
13	Instalación y guarnición de las puertas.	5
14	Pintura interior.	3
15	Instalación de accesorios eléctricos.	2
16	Limpieza general.	3
17	Instalación de los pisos.	2

Diagrama II.3 DIAGRAMA DE GANTT

**II.F. PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO.**

Durante la práctica del proyecto el administrador del proyecto coordina todos los elementos del proyecto. Esto incluye progresivo control de trabajo para ver si se está ejecutando de acuerdo con el plan; relegar una actividad a los que están trabajando en el proyecto; contratar los materiales, suministros, servicios y resolver las diferencias entre las personas comprendidas en el proyecto.

**II.F.1. CONTROL DEL DESARROLLO DEL TRABAJO.**

El administrador del proyecto debe consultar constantemente las especificaciones y estar seguro de que el grupo del proyecto también las considere. Si el proyecto se desvía de sus especificaciones originales, no habrá garantía alguna de que el éxito previsto en los estudios de viabilidad llegue a convertirse en realidad; el producto o resultado del proyecto no cumplirá con el estándar de ejecución.

Existe un cierto número de herramientas disponibles para ayudar a los administradores a controlar los proyectos y asegurarse de que se cumpla debido a los parámetros definidos de calidad, duración y presupuesto. Durante la planificación los diagramas de Gantt, PERT o MRC son herramientas muy útiles para seguir de cerca cómo va la medida del tiempo del proyecto en relación con los planes. También se encuentran cuatro diagramas adicionales muy útiles para el control del proyecto;

- ❖ Diagramas de identificación de los puntos de control.
- ❖ Diagramas del control del proyecto.
- ❖ Diagramas de hechos importantes.
- ❖ Diagramas del control del presupuesto.

**Diagramas de identificación de los puntos de control.**

Una técnica que facilita el control de un proyecto es invertir algún tiempo en pensar qué puede suceder de malo dentro de cualquiera de los tres parámetros. Después se identifica cuándo y cómo se puede saber que hay algo que no marcha como es debido y qué se haría para corregir el problema, se llegara a suceder, El diagrama de identificación de los puntos de control es una manera fácil de resumir esta información.

ELEMENTO DE CONTROL	¿QUÉ PUEDE PASAR DE MALO?	¿CÓMO Y CUANDO SE SABE?	¿QUÉ SE HARIA SI SUCEDE?
Calidad	El trabajo de los artesanos está por debajo de lo deseado	Al inspeccionar personalmente cada etapa del proyecto.	Hacer que se vuelva hacer el trabajo mal hecho.
Costo	El costo de cualquier subunidad podría excederse.	Al hacerse los contratos de compra.	Primero, se busca otros proveedores y luego se considera materiales alternativos.
Puntualidad	El tiempo para completar cualquier subunidad podría excederse del planificado.	Al supervisar de cerca el desarrollo actual contra el calendario de trabajos.	Buscar maneras para mejorar la eficiencia y tratar de ganar tiempo en pasos posteriores, autorizando el trabajo en tiempo extraordinario si el presupuesto lo permite.

Figura II.12 EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL



**Diagramas del control del proyecto.**

Es otra herramienta muy útil que utiliza el presupuesto y los planes de los calendarios de trabajo en un informe rápido sobre el estado del proyecto; compara lo actual con lo planificado, calcula las variaciones en cada una de las subunidades terminadas y lleva la variación acumulativa para todo el proyecto.

Para preparar un diagrama de control del proyecto se consulta la estructura de la división del trabajo y se enumera todas las subunidades del proyecto, después se usa el calendario del trabajo para hacer una lista del tiempo planificado para completar cada subunidad y se utiliza el presupuesto para listar el costo esperado de cada una.

Proyecto: Remodelar el edificio # 7 para proporcionar cuatro oficinas adicionales a fines del tercer trimestre a un costo que no exceda \$17,500.								
PASOS DEL PROYECTO	COSTO				CALENDARIO			
	PRESUPUESTO	ACTUAL	VARIACION	TOTAL	PLANIFICADO	ACTUAL	VARIACIÓN	TOTAL
1. Trazar planes de trabajo	500	450	(50)	(50)	15	15	-	0
2. Obtener permiso de construcción	50	50	-	(50)	16	15	(1)	(1)
3. Formar/echar cimientos	2,500	2,750	250	200	5	3	(2)	(3)
4. Enmarcar ventanas/techos	2,200	2,100	(100)	100	5	5	-	(3)
5. Instalación del techo	1,250	1,500	250	350	5*	6	1	(3)
6. Instalación de ventanas	750	750	-	350	1*	1	-	(3)
7. Instalar paneles exteriores	3,800	3,350	(450)	(100)	10	9	(1)	(4)
8. Pintura exterior	300				3			
9. Alambrado eléctrico	650				10*			
10. Calefacción/Aire acondicionado	1,800				5			
11. Aislamiento	750				5			
12. Instalar paneles	900				5			
13. Instalar puertas	700				5			
14. Pintura interior	350				3			
15. Instalar accesorios eléctricos	150				2			
16. Limpieza	150				3			
17. Instalar cubiertas de piso	400				2			
18. Terminación del proyecto	17,400				84			

Tabla II.1 EJEMPLO DE TABLAS DE COSTOS DEL PROYECTO.

**Diagramas de hechos importantes.**

Presenta un amplio cuadro de calendario de trabajos y fechas de control de un proyecto, listando los eventos claves que pueden identificarse claramente por otros o que requieren su aprobación antes que el proyecto pueda seguir adelante. El diagrama de hechos importantes no es muy útil en la plantación, que es cuando se necesita mayor información; sin embargo, es útil durante la puesta en marcha porque proporciona un resumen conciso del desarrollo del proyecto.

HECHO IMPORTANTE	TERMINACIÓN PLANIFICADA	TERMINACIÓN ACTUAL
1.-Terminación de los cimientos.	Agosto 5	Agosto 2
2.-Terminación de encuadre.	Agosto 10	Agosto 7
3.-Terminación del exterior.	Agosto 25	
4.-Terminación del alambrado eléctrico.	Agosto 20	
5.-Instalación de la calefacción y acondicionado.	Agosto 25	
6.-Terminación del interior.	Septiembre 22	

Figura II.13 EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE HECHOS IMPORTANTES

**Diagrama de control de presupuesto.**

Por lo general son de dos tipos: el primero es una lista de subunidades de un proyecto comparando los costos actuales con el presupuesto; son semejantes a los diagramas de control del proyecto y, el segundo, consiste en un gráfico de los costos presupuestados en comparación con los actuales.

Pueden usarse tanto lo gráficos de barras como los lineales, los gráficos de barras relacionan por lo general los costos presupuestados con los actuales por subunidades, mientras que los gráficos lineales relacionan los costos del proyecto acumulados y planificados con los costos actuales durante un período de tiempo.

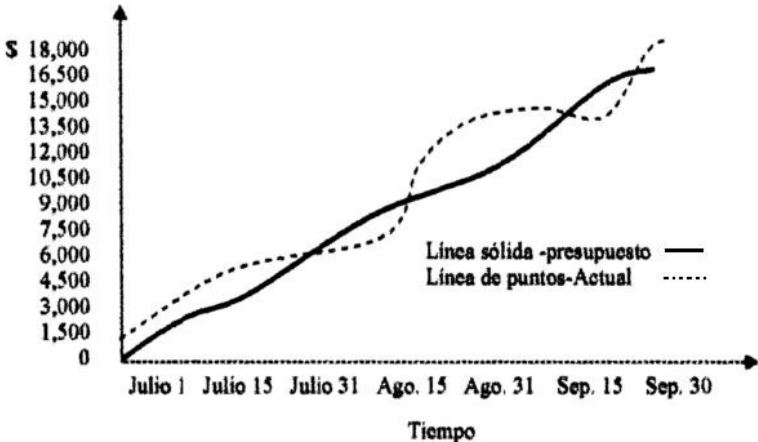


Figura II.14 EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE CONTROL DE PRESUPUESTO

**II.F.2. OFRECER RESPONSABILIDAD.**

Los administradores de proyectos hayen muchas oportunidades de ofrecer responsabilidades a quienes toman parte en la ejecución del proyecto. Mediante responsabilidades los individuos conocen el efecto que su comportamiento tiene sobre los demás y cómo contribuye al éxito total del proyecto; todo esto sirve para mantener una buena ejecución y corregir lo incorrecto.



Figura II.15 CICLO CONTINUO CUANDO EXISTE RESPONSABILIDADES

**II.F.3. CONTRATACIÓN DE LOS MATERIALES, SUMINISTROS Y SERVICIOS.**

La contratación es un proceso importante que ocupa hasta el 20% del tiempo de un administrador, La negociación al contratar los materiales, suministros y servicios llega a ser una manera de solucionar las diferencias, y puede contribuir significativamente al éxito del proyecto.

La negociación es una discusión entre dos partes con el fin de llegar a un acuerdo sobre los asuntos que las separan, cuando ninguna de dichas partes puede o no desea usar su poder para forzar un resultado.

**II.F.4. COMO SOLUCIONAR LAS DIFERENCIAS.**

La habilidad para solucionar las diferencias es una cualidad importante de los administradores de proyectos, puede resolverse a mi manera, a su manera o a nuestra manera. Como resultado se obtienen cuatro estrategias:

- ❖ Demandado.
- ❖ Solucionando problemas.
- ❖ Pactando.
- ❖ Cediendo.

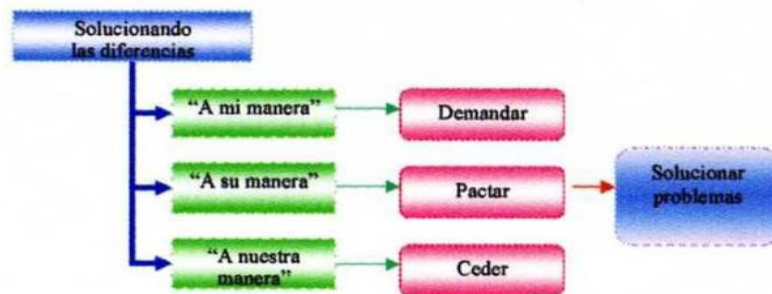


Figura II.16 MODELO PARA SOLUCIONAR LAS DIFERENCIAS

**II.G. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.**

La administración de proyectos enseña que para alcanzar el objetivo deseado del proyecto se debe seguir un proceso específico. No existe ninguna excepción a esta regla. El proceso se conoce como "ciclo de vida".

Los proyectos (como las personas) tienen un ciclo de vida que implica un crecimiento gradual conforme se establecen las definiciones y se desarrollan las características de trabajo una completa implantación a medida que se realiza el trabajo y conclusión de las fases conforme se completa el trabajo y el proyecto llega a su final. Este ciclo (Figura II.10) es invariable, aunque no se reconoce o respeta por completo.

Un proyecto se inicia como una idea incipiente que se explora para determinar su factibilidad financiera y económica en la etapa de factibilidad. Se decide la capacidad, se hace la localización de planta, se arreglan los aspectos financieros se acuerdan el presupuesto total y los programas y se establece la organización preliminar.

Generalmente, al final de la primera etapa hay una decisión formal de "continuar/no continuar". En la segunda etapa, llamada de Diseño, el trabajo es similar a la primera etapa en lo que respecta a la organización y a la administración, sólo que es más comprensible y detallado.

Se extiende la definición técnica del proyecto, se vuelven a evaluar el presupuesto, el financiamiento y la calendarización; se define la estrategia contractual; se tramitan las licencias; y se definen los sistemas logísticos y de infraestructura.

En la etapa tres (llamada a menudo fase de producción), se adquieren los equipos de Manufactura, de Construcción y de Instalación, se realiza la obra civil y se instalan los equipos y los

medios de producción. Esta fase difiere dramáticamente de las dos anteriores.

Dentro de cada fase general de un modelo de ciclo de vida, se pueden establecer una serie de objetivos y tareas que lo caracterizan.

#### **Fase de factibilidad (¿qué hacer?)**

- ❖ Estudio de viabilidad.
- ❖ Conocer los requisitos que debe satisfacer el sistema (funciones y limitaciones de contexto).
- ❖ Asegurar que los requisitos son alcanzables.
- ❖ Formalizar el acuerdo con los usuarios.
- ❖ Realizar una planificación detallada.

#### **Fase de diseño (¿cómo hacerlo? soluciones en coste, tiempo y calidad)**

- ❖ Identificar soluciones tecnológicas para cada una de las funciones del sistema.
- ❖ Asignar recursos materiales para cada una de las funciones.
- ❖ Proponer (identificar y seleccionar) subcontratos.
- ❖ Establecer métodos de validación del diseño.
- ❖ Ajustar las especificaciones del producto

#### **Fase de construcción**

- ❖ Generar el producto o servicio pretendido con el proyecto.
- ❖ Integrar los elementos subcontratados o adquiridos externamente.
- ❖ Validar que el producto obtenido satisface los requisitos de diseño previamente definidos y realizar, si es necesario, los ajustes necesarios en dicho diseño para corregir posibles lagunas, errores o inconsistencias.

#### **Fase de mantenimiento y operación**

- ❖ Operación: asegurar que el uso del proyecto es el pretendido.
- ❖ Mantenimiento (nos referimos a un mantenimiento no habitual, es decir, aquel que no se limita a reparar averías o desgastes habituales este es el caso del mantenimiento en productos software, ya que en un programa no cabe hablar de averías o de desgaste):

#### ***II.G.1. FINALIZACIÓN DEL PROYECTO.***

El objetivo de la administración de proyectos es obtener la aceptación por parte del cliente del resultado obtenido. Esto quiere decir que el cliente esté de acuerdo en que se cumplieron las especificaciones de la calidad de los parámetros del proyecto.

Es importante ser claros sobre lo que se espera obtener como resultado del proyecto. Por ejemplo, se pueden producir estos tres resultados enteramente distintos: el resultado del proyecto ejecute las funciones especificadas; se construyó de acuerdo con el diseño aprobado; o solucione el problema del cliente.

El proyecto puede estar terminado o no al entregarse los resultados al cliente. Con frecuencia existen requisitos de documentación, por ejemplo, manuales de operaciones, terminación de los planos y un informe final que, por lo general, se hace después de la entrega.

Finalmente, es necesario reasignar los miembros del grupo de trabajo; disponer del equipo, material y suministros sobrantes y dismantelar las instalaciones que se hicieron como ayuda.

El paso final de todo proyecto debe ser una revisión para evaluarlo; esta consiste en volver a revisar todo el proyecto para ver si que pueda contribuir al éxito de proyectos futuros. La mejor forma de hacer esta revisión es por el núcleo central del grupo de trabajo del

proyecto y, posteriormente dar forma habitual y empezar con una discusión conjunta.

A continuación una lista de comprobación de la conclusión del proyecto:

- 1) Verificar el resultado para ver si trabaja operativamente.
- 2) Escribir un manual de operaciones.
- 3) Completar los planes finales.
- 4) Entregar el resultado del proyecto al cliente.
- 5) Capacitar al personal del cliente para trabajar con el resultado del proyecto.
- 6) Reasignar al personal del proyecto.
- 7) Disponer del equipo, materiales y suministros sobrantes.
- 8) Dejar las instalaciones operadas.
- 9) Resumir los mayores problemas enfrentados y soluciones.
- 10) Documentar los adelantos tecnológicos realizados.
- 11) Resumir las investigaciones y desarrollos futuros.
- 12) Resumir las lecciones aprendidas al tratar con las interrelaciones.
- 13) Escribir informes sobre la evaluación de la ejecución de todo el personal del proyecto.
- 14) Dar informes sobre la evaluación de la ejecución de todo el personal del proyecto.
- 15) Completar la auditoria final.
- 16) Escribir el informe final.
- 17) Llevar a cabo la revisión del proyecto con la alta gerencia.
- 18) Declarar el proyecto terminado.



## ***CAPÍTULO III. ILUMINACIÓN***

### ***III.A. GENERALIDADES***

La finalidad principal del diseño de iluminación es la luz, que se define como energía radiante visualmente evaluada. La iluminación en lo que respecta al área industrial debe tener presente un gran número de luminarias ya que deben abarcar espacios muy grandes y extensos, también deben poseer características distintas a luminarias convencionales o residenciales como poseer mayor potencia, brillo, incandescencia y aceptar los cambios bruscos de voltaje.

Estos tipos de luminarias se crearon con el fin de facilitar los procesos producidos de distinto trabajos industriales, además de relacionar la cantidad de luz utilizada con respecto a las ubres realizadas. Para esto es necesario analizar la tarea visual a desarrollar y determinar la cantidad y tipo de iluminación que proporcione el máximo rendimiento visual y cumpla con las exigencias de seguridad y comodidad como también seleccionar el equipo de alumbrado que proporcione la luz requerida de la manera satisfactoria.

Los principios de medición, métodos de control y fundamentos de sistema de iluminación, así como el diseño de equipos en estos campos, están estrechamente relacionados con los establecidos desde hace mucho en la práctica de la iluminación.

### III.B. EL OJO Y LA VISIÓN

Dado el propósito del alumbrado es hacer posible la visión, cualquier estudio del mismo debe empezar con unas consideraciones sobre el ojo y el proceso visual. Solo cuando el ingeniero luminotécnico entiende el mecanismo del ojo y la forma en que éste opera, puede llevar a cabo satisfactoriamente su función principal, cuando es la de proporcionar luz para la realización de las tareas visuales con un máximo de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y de fatiga.

El ojo es un órgano viviente extraordinariamente adaptable, y opera en un campo de niveles de iluminación variables ente límites que guardan entre sí una relación de más de un millón a uno. Además, los continuos cambios necesarios para una buena visión en condiciones continuamente variables se efectúan automáticamente, sin esfuerzo consciente.

#### III.B.1. PARTES DEL OJO Y SUS FUNCIONES

La visión se efectúa por medio de un mecanismo orgánico compuesto por los ojos, el nervio óptico y el cerebro. El cerebro interpreta los impulsos que son transmitidos por el nervio óptico, que, a su vez, los toma del ojo que es el receptor.

El ojo se compone de las siguientes partes principales:

- 1) Párpado: pliegue de la piel que protege el ojo y que ayuda a regular la cantidad de luz que le llega.
- 2) Cornea: es la porción transparente de la esclerótica, que se encuentra al frente del sistema refractor del cual forma parte. La esclerótica es la membrana envolvente o parte blanca del ojo.

- 3) Iris: es la parte coloreada del ojo que funciona como un diafragma<sup>1</sup>, controlando la cantidad de luz que penetra en él.
- 4) Pupila: es la abertura en el centro del iris, a través de la cual la luz entra en el ojo. El tamaño de la abertura es controlada por la acción de músculos involuntarios.
- 5) Cristalino: es una lente colocada detrás del iris, que tiene la propiedad de variar en su curvatura para enfocar con precisión con los objetos que se desean ver.
- 6) Músculos ciliares: forman un anillo que ajusta automáticamente la tensión sobre el cristalino, cambiando su curvatura para poder enfocar los objetos según la distancia.
- 7) Retina: es la superficie interna del ojo, altamente sensible a la luz. En su superficie terminan innumerables ramificaciones nerviosas que provienen del nervio óptico. Estas terminales son de dos clases y se conocen como conos y bastoncitos.
- 8) Conos: son los sensores que definen los detalles y perciben el color, pero son insensibles en bajos niveles de iluminación. Se encuentran principalmente concentrados cerca del centro de la retina, en la fóvea, área de 0.3 milímetros de diámetro aproximadamente y compuesta solamente de conos. Es la fóvea donde el ojo involuntariamente enfoca la imagen del objeto que debe ser examinado.
- 9) Bastoncitos: son los sensores que hacen posible la visión periférica y se encuentran fuera de la región de la fóvea, aumentando en número hacia las regiones de la retina alejados de la fóvea. Los bastoncitos no discriminan los colores ni favorecen la visión precisa, pero son sensibles a movimientos y a oscilaciones luminosas.
- 10) Punto ciego: es el punto de entronque del nervio óptico con la retina. No tiene ni conos ni bastoncitos por lo cual los

<sup>1</sup> Componente óptico que restringe la apertura de un sistema óptico.

estímulos de luz no producen ninguna sensación visual, en esa área.

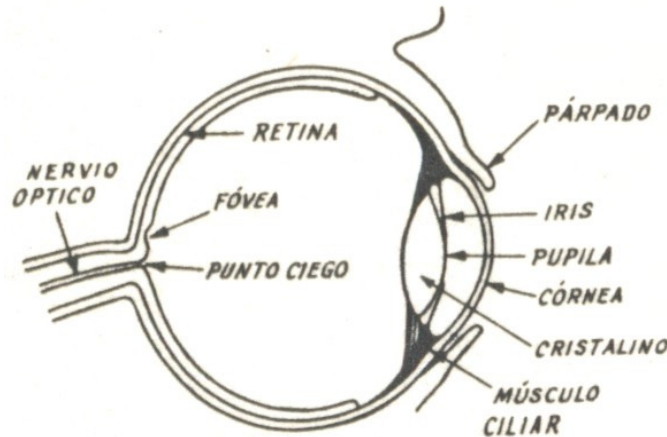


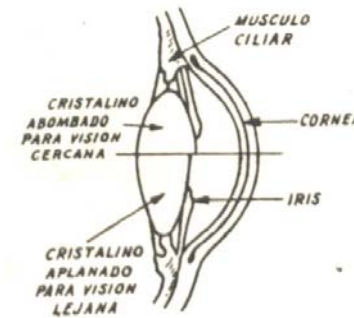
Figura III.1 PARTES PRINCIPALES DEL OJO HUMANO

### III.B.2. PERCEPCIÓN VISUAL

La visión se produce cuando un estímulo externo, luz, penetra en el ojo, el cual responde por medio de un proceso de acomodación y un proceso de adaptación.

#### Acomodación.

La efectúan varios músculos, especialmente los ciliares, afectando la forma del cristalino para enfocar con precisión el objeto deseado, a la distancia en que se encuentra. Si el objeto está lejano, como



sucede cuando se observa un paisaje, los músculos ciliares hacen que el cristalino se estire al máximo de su forma plana.

Mientras más cerca se encuentra el objeto que se ve, la acción muscular produce un aumento en la convexidad del cristalino, lo cual hace posible que los rayos de luz converjan sobre la fóvea.

La acomodación incluye, al mismo tiempo, cambios en el diámetro de la pupila que se agranda mientras mayor es la distancia a que se encuentra el objeto que se está viendo. Ver Figura III.2.

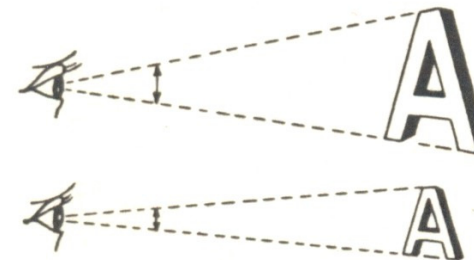


Figura III.2 CAMBIO EN LA FORMA Y POSICIÓN DEL CRISTALINO PARA DIFERENTES TIPOS DE VISIÓN

#### Adaptación.

El ojo se ve obligado a funcionar en una gran diversidad de niveles de iluminación, lo cual se realiza al variar las dimensiones de la pupila y los procesos fotoquímicos en la retina.

La adaptación es más rápida cuando los cambios se deben a incrementos de luz y mucho más lenta cuando la adaptación se



provoca por disminuciones de luz. Los tiempos de adaptación son variables, también, de un individuo a otro.

### III.B.3. SENSIBILIDAD DEL OJO

Con grandes variaciones para cada individuo, el ojo tiene respuestas diferentes para cada longitud de onda. Sin embargo, se ha llegado a determinar una curva estándar de sensibilidad, que es de distribución normal y que tiene el punto de máxima sensibilidad alrededor de los 550 nanómetros para una buena iluminación.

Cuando se presentan condiciones de baja iluminación la curva se corre hacia el azul, teniendo su máxima sensibilidad alrededor de 510 nanómetros. Este fenómeno se conoce con el nombre de "Efecto Purkinje". Ver Figura III.3

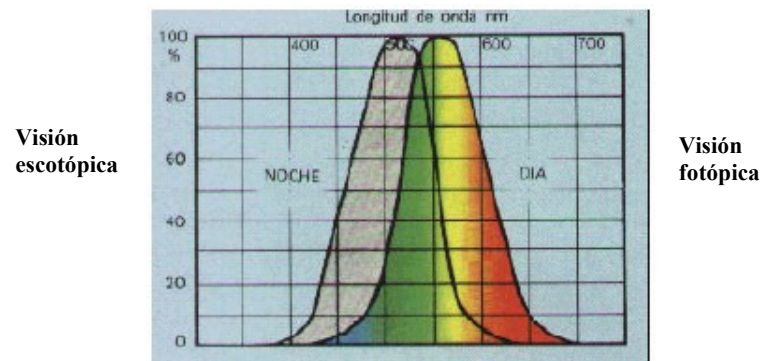


Figura III.3 EFECTO PURKINJE

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 550 nanómetros que corresponde al color amarillo verdoso y la mínima a

los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina "visión fotópica"<sup>2</sup>. En el crepúsculo y la noche, ("visión escotópica") se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva, ver Figura III.3, hacia las longitudes de onda más bajas, quedando sensibilidad máxima en la longitud de onda de 510 nanómetros. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo. Es de suma importancia el tener en cuenta estos efectos cuando se trabaje con bajas iluminancias.

### III.B.4. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN

Toda instalación de alumbrado se proyecta para la distribución de la luz según la finalidad de su uso. Esta distribución se representa numéricamente o por medio de gráficas mediante diversos métodos.

Cuando se analiza un sistema de alumbrado el punto de partida debe ser el conocimiento exacto del uso que va tener la luz:

- Simplemente para ver (alumbrado público).
- Para visión general o lectura (alumbrado de casas y oficinas).
- Para trabajos de detalles (trabajos mecánicos finos).
- Para inspección.
- Para identificación de colores.

Los aspectos anteriores se pueden presentar solos o combinados entre sí, por lo cual la selección de lámparas que deben utilizarse debe hacerse cuidadosamente, algunos tipos de lámparas se describen en el capítulo IV.

<sup>2</sup> Actúan ambos sensores de la retina: los conos, fundamentalmente sensibles al color y los bastoncitos, sensibles a la luz.

### III.C. LA LUZ

Aproximadamente el 80% de las impresiones sensoriales humanas son de naturaleza óptica; esto evidencia la importancia de la luz, natural y artificial, como vehículo de información para el desarrollo de cualquier actividad.

La luz es la sensación producida en el ojo humano por las ondas electromagnéticas. Se trata de campos electromagnéticos alternativos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones,

Al igual que todos los movimientos ondulatorios, las ondas electromagnéticas se caracterizan por una longitud de onda  $\lambda^3$  y por una frecuencia ( $f$ )<sup>4</sup>. Estas dos magnitudes se relacionan con la velocidad de propagación ( $u^5$ ) mediante la ecuación:  $u = \lambda * f$

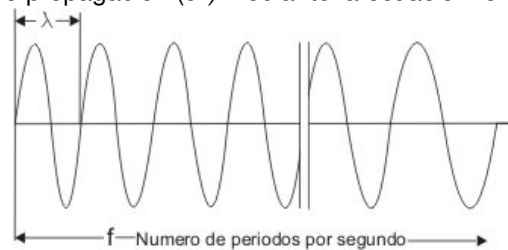


Figura III.4 ONDAS ELECTROMAGNETICAS

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es de unos 300,000 kilómetros por segundo. La longitud de onda de las ondas electromagnéticas visibles suele medirse en nanómetros (nm)<sup>6</sup>

<sup>3</sup> Léase *lamda*.

<sup>4</sup> Número de periodos por segundo.

<sup>5</sup> Léase *un*.

<sup>6</sup> Un nanómetro es igual a una milmillonésima de metro.

Se dice de una luz que es monocromática si esta constituida por ondas electromagnéticas de igual longitud de onda, que revelan un solo color (por ejemplo, las lámparas de vapor de sodio de baja presión).

### III.D. RENDIMIENTO DE COLOR DE LAS FUENTES LUMINOSAS

Una buena restitución de los colores por parte de una fuente de luz artificial está condicionada al hecho de que esta emita todos los colores del espectro. Si faltara uno cualquiera de ellos, este no podría ser reflejado.

Las propiedades de una lámpara a los efectos de la reproducción de los colores se valoran mediante el Índice de Rendimiento Cromático (IRC). Este factor se determina comparando la luz emitida por la lámpara objeto de examen con la luz de una fuente patrón (por ejemplo, la luz diurna o luz emitida por una lámpara de incandescencia) que tenga la misma temperatura de color.

Para este propósito se utilizan ocho colores, de características bien definidas. Observando (o midiendo sus radiaciones) primero la fuente patrón y después aquella que se está probando, se determina el grado de desviación del color.

El índice de rendimiento cromático de una lámpara con el de la luz tomada como patrón, de índice 100. En base a este criterio se clasifican las fuentes artificiales de luz. Una lámpara fluorescente tiene un rendimiento cromático óptimo si el IRC este comprendido entre 85 y 100, o si el IRC se encuentra entre 70 y 85. Si el IRC se sitúa entre 50 y 70 se considera discreto el rendimiento cromático,

Todo esto presupone la existencia de unos métodos para “definir y medir” los colores.

### III.D.1. COLORES Y SISTEMA DE MEDIDA

La valoración individual de un color depende de numerosos factores fisiológicos y psicológicos. Así por ejemplo, el haz de luz que precedente del objeto observado llega al ojo (y determina la visión del color), depende tanto de la composición espectral de la radiación como de la capacidad del ojo para percibir una determinadas radiaciones mas que otras. El órgano receptor de la vista es la retina, que se compone de dos sistemas distintos: el sistema de los conos<sup>7</sup> del que depende la visión con fuerte iluminación así como la de los colores; el sistema de los bastoncillos<sup>8</sup> del que depende la visión con iluminación escasa, acromática.

Debido a que la visión de los colores es subjetiva, resulta indispensable definir un sistema de valoración que no de lugar a equívocos. La medición instrumental del color es necesaria tanto en la fase de producción como en la de comercialización ya que el color es considerado como una característica importante de las materias primas y del producto industrial acabado.

Es posible obtener cualquier gradación de color sumando entre sí, en las proporciones debidas, los tres colores fundamentales (rojo, verde, azul) la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) ha establecido un método con el que es posible calcular las características espectrales de las fuentes primarias normalizadas, capaces de reproducir todos los colores por mezcla aditiva. Dicho método se representa por medio del triángulo de los colores o diagrama tricromático.

Esta es da la máxima utilidad ya que permite determinar las dos características fundamentales del color: la longitud de onda y la

pureza (o saturación). Se puede definir por completo cualquier color sí se conocen las dos coordenadas (x,y). Así, por ejemplo, el color  $x=0,50$ ,  $y=0,40$  será naranja, en tanto que al color  $x=0,55$ ,  $y=0,35$  será también naranja pero con una tonalidad mas viva. En tanto que los términos “tonalidad clara, viva, cálida” pueden presentarse a diferentes interpretaciones, esto no ocurre con el empleo del diagrama tricromático.

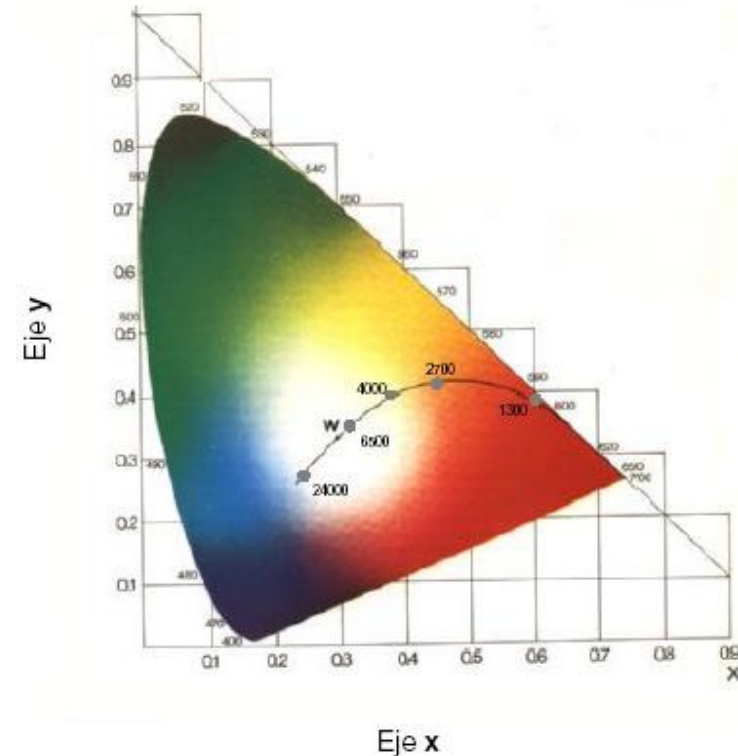


Figura III.5 DIAGRAMA TRICROMATICO (O DE TRIANGULO DE COLORES) A LO LARGO DE LA CURVA ACAMPANADA SE HAYAN SITUADO LOS COLORES ESPECTRALES REFERIDOS POR MEDIO DE SU LONGITUD DE ONDA

<sup>7</sup> Unos siete millones de células concentradas en la zona central del ojo.

<sup>8</sup> Unos 130 millones de células dispuestas particularmente en la periferia de la retina.

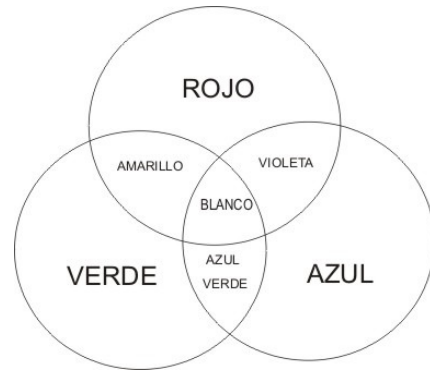


Figura III.6 PROYECTANDO SOBRE UNA PANTALLA BLANCA LA LUZ PROCEDENTE DE TRES FUENTES LUMINOSAS COLOREADAS CON LOS COLORES FUNDAMENTALES (ROJO, VERDE, AZUL) SE OBTIENE POR SUPERPOSICIÓN, TRES COLORES BASICOS (AMARILLO, VIOLETA, AZUL-VERDE,) Y TERNARIO (BLANCO)

### III.E. MAGNITUDES Y UNIDAD DE MEDIDA

La luz, al igual que las ondas de radio, los rayos X o los gamma es una forma de energía. Si la energía se mide en joules (J) en el Sistema Internacional, para qué necesitamos nuevas unidades. La razón es más simple de lo que parece. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume, por ejemplo, una bombilla se convierte en luz. Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.



**Intensidad luminosa:** es la densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada.

Su símbolo es  $I$  y su unidad la candela (cd), la candela es la cantidad física básica internacional en todas las mediadas de luz; las demás unidades se derivan de ella. Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamada cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica.

Una vela de cera tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa de aproximadamente una candela.

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\Omega}$	Símbolo: $I$
	Unidad: candela (cd)

**Flujo luminoso:** luz emitida por unidad de tiempo, la luz es una forma de energía radiante en movimiento, ordinariamente, sin embargo, el elemento tiempo puede despreciarse, y el flujo luminoso se considera comúnmente como una magnitud definida.

Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm), un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de un metro cuadrado, esta superficie es una sección de un metro cuadrado de una esfera de un metro de radio, en cuyo centro se encuentra una fuente puntual uniforme de una candela.

Flujo luminoso	Símbolo: $\Phi$
	Unidad: lumen (lm)

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una bombilla, en todas las direcciones del espacio. Por contra, si pensamos en un proyector es fácil ver que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que necesitamos conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso definimos la intensidad luminosa.



Figura III. 7 DIFERENCIA ENTRE FLUJO E INTENSIDAD LUMINOSA

Las medidas del flujo de las fuentes luminosas se efectúan por procedimientos de laboratorio que requieren equipos especiales. No obstante, la cantidad de lúmenes que incide sobre una superficie puede evaluarse con la ayuda de un luxómetro normal. Para ello se obtendrán en primer lugar las lecturas en luz en valor puntos de la superficie, con objeto de hallar un valor promedio, y se multiplica a continuación este valor medio obtenido por el área de la superficie en metros cuadrados.

Sus ecuaciones fundamentales para calcular los lúmenes incidentes sobre una superficie:

$$F = E \times S$$

Donde:  $F$  = flujo en lúmenes

$E$  = nivel de iluminación en lux (ver iluminancia).

$S$  = superficie en  $m^2$ .

Su aplicación principal de lumen sirve para expresar cantidades de flujo luminoso: la emisión total de una fuente, la emisión en una zona angular determinada, la cantidad de luz reflejada, absorbida o transmitida por un objeto, la cantidad de luz incidentes sobre una superficie, etc. El método de los lúmenes para calcular el nivel de iluminación (ver capítulo IV) se basa en el flujo luminoso emitido por

las fuentes y en la distribución del mismo dentro de la zona considerada.

### Iluminancia.

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su símbolo es  $E$  y su unidad es el lux (lx) que es un lumen/metro cuadrado ( $lm/m^2$ ). Un lux es la iluminación en un punto (A) sobre una superficie, en una dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela.

De la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una iluminación de un lux.<sup>9</sup>

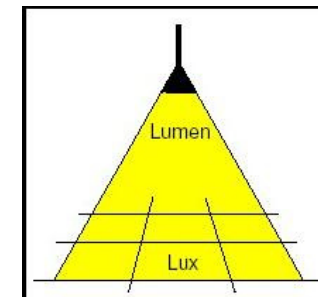


Figura III.8 FLUJO LUMINOSO POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Cuando se ilumina con una linterna objetos situados a diferentes distancias se puede observar que iluminando a una corta distancia la pared es iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia.

<sup>9</sup> Numero de lux incidentes sobre una superficie lúmenes/área en  $m^2$ .

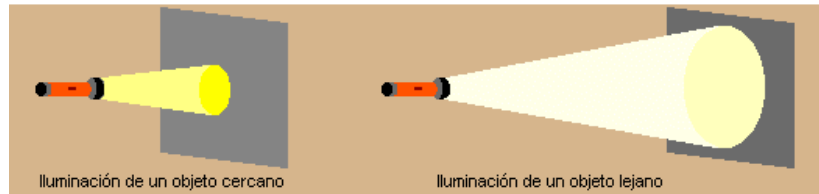


Figura III.9 CONCEPTO DE ILUMINANCIA

Iluminancia	Símbolo: E	$lux = \frac{lumen}{m^2}$
$E = \frac{\Phi}{S}$	Unidad: lux (lx)	

**Luminancia.<sup>10</sup>**

Es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la misma. El ojo ve brillo, no iluminación, todos los objetos visibles tienen brillo, que normalmente es independiente de la distancia de observación.

Su símbolo es B y su unidad es la candela por centímetro cuadrado  $cd/cm^2$ . También es posible encontrar otras unidades como el stilb (1 sb = 1  $cd/cm^2$ ) o el nit (1 nt = 1  $cd/m^2$ ).

**III.E.1. FOTOMETRÍA**

Cuando se habla en fotometría, de magnitudes y unidades de medida, se definen una serie de términos y leyes que describen el comportamiento de la luz y sirven como herramientas de cálculo. Pero no son suficientes para la selección de luminarias, aunque no invalida los resultados y conclusiones obtenidas para una determinada luminaria, obliga a buscar nuevas herramientas de

<sup>10</sup> El término técnico es brillo fotométrico o luminancia, pero en el lenguaje ordinario se usa frecuentemente la palabra brillo.

trabajo, que describan mejor la realidad, como son las tablas, gráficos y programas informáticos.

De todos los parámetros planteados, uno de los más importantes es la forma de la distribución del flujo luminoso que depende de las características de las luminarias empleadas, como se muestra en la Figura III.10.



Figura III.10 INFLUENCIA DE LA LUMINARIA EN FORMA DE HAZ DE LUZ

A menudo no se da mucha importancia a este tema, como pasa en la iluminación interior, pero será fundamental si se quiere optimizar alguna instalación de alumbrado interior o en iluminación exterior de calles, decorativa, de industrias o de instalaciones deportivas.

**III.F. LA ELECTRICIDAD**

La electricidad es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros. Se puede observar de forma natural en los rayos, que son descargas eléctricas producidas por el rozamiento de las partículas de agua en la atmósfera (electricidad estática) y es parte esencial del funcionamiento del sistema nervioso.

La electricidad es la base del funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia como los trenes de alta velocidad, y asimismo de todos los dispositivos electrónicos. Además es esencial para la producción de sustancias químicas como el aluminio y el cloro.

La electricidad es una forma de energía que tiene dos ventajas principales sobre las demás formas de energía, una de ellas es que se transporta fácilmente y sin pérdidas de energías y la otra es que se transforma fácilmente en cualquier otro tipo de energía y viceversa.

También se denomina electricidad a la rama de la física que estudia las leyes que rigen el fenómeno y a la rama de la tecnología que se usan en aplicaciones prácticas. Desde que en 1831, Faraday descubriera la forma de producir corrientes eléctricas por inducción<sup>11</sup> se ha convertido en una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su facilidad de generación y distribución y a su gran número de aplicaciones.



Figura III.11 LA ELECTRICIDAD EN UNA DE SUS MANIFESTACIONES NATURALES: EL RELÁMPAGO

La corriente eléctrica no es otra cosa que la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico<sup>12</sup> cerrado, que se mueven

<sup>11</sup> Fenómeno que permite transformar energía mecánica en energía eléctrica.

<sup>12</sup> Para que circule la corriente eléctrica es necesario que se unan una serie de elementos, y a ese conjunto de elementos se le llama circuito eléctrico.

siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM).<sup>13</sup>

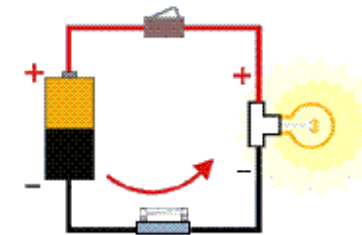


Figura III.12 EN UN CIRCUITO ELÉCTRICO CERRADO LA CORRIENTE CIRCULA SIEMPRE DEL POLO NEGATIVO AL POLO POSITIVO DE LA FUENTE DE FUERZA ELECTROMOTRIZ (FEM)

Para que una corriente eléctrica circule por un circuito es necesario que se disponga de tres factores fundamentales:

- 1) Una fuente de fuerza electromotriz (FEM) como, por ejemplo, una batería, un generador o cualquier otro dispositivo capaz de bombear o poner en movimiento las cargas eléctricas negativas cuando se cierre el circuito eléctrico.
- 2) Un camino que permita a los electrones fluir, ininterrumpidamente, desde el polo negativo de la fuente de suministro de energía eléctrica hasta el polo positivo de la

<sup>13</sup> Se denomina fuerza electromotriz (FEM) a la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica. Para ello se necesita la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos o polos (uno negativo y el otro positivo) de dicha fuente, que sea capaz de bombear o impulsar las cargas eléctricas a través de un circuito cerrado.

propia fuente. En la práctica ese camino lo constituye el conductor o cable metálico, generalmente de cobre.

- 3) Una carga o consumidor conectado al circuito que ofrezca resistencia al paso de la corriente eléctrica. Se entiende como carga cualquier dispositivo que para funcionar consume energía eléctrica como por ejemplo, una bombilla o lámpara para alumbrado, el motor de cualquier equipo, una resistencia que produzca calor (calefacción, cocina, secador de pelo, etc.), un televisor o cualquier otro equipo electrodoméstico o industrial que funcione con corriente eléctrica.

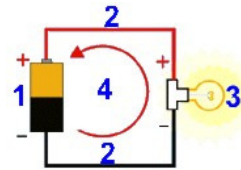


Figura III.13 1. FUENTE DE FUERZA ELECTROMOTRIZ (FEM).  
2. CONDUCTOR. 3. CARGA O RESISTENCIA CONECTADA AL CIRCUITO. 4. SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Cuando las cargas eléctricas circulan normalmente por un circuito, sin encontrar en su camino nada que interrumpa el libre flujo de los electrones, decimos que estamos ante un “circuito eléctrico cerrado”. Si, por el contrario, la circulación de la corriente de electrones se interrumpe por cualquier motivo y la carga conectada deja de recibir corriente, estaremos ante un “circuito eléctrico abierto”.

Por norma general todos los circuitos eléctricos se pueden abrir o cerrar a voluntad utilizando un interruptor que se instala en el camino de la corriente eléctrica en el propio circuito con la finalidad de impedir su paso cuando se acciona manual, eléctrica o electrónicamente.

En la práctica, los dos tipos de corrientes eléctricas más comunes son: corriente directa (CD) o continua y corriente alterna (CA). La corriente directa circula siempre en un solo sentido, es decir, de polo

negativo al positivo de la fuente de fuerza electromotriz que la suministra. Esa corriente siempre fija su polaridad, como el caso de las pilas, baterías y dinamos<sup>14</sup>

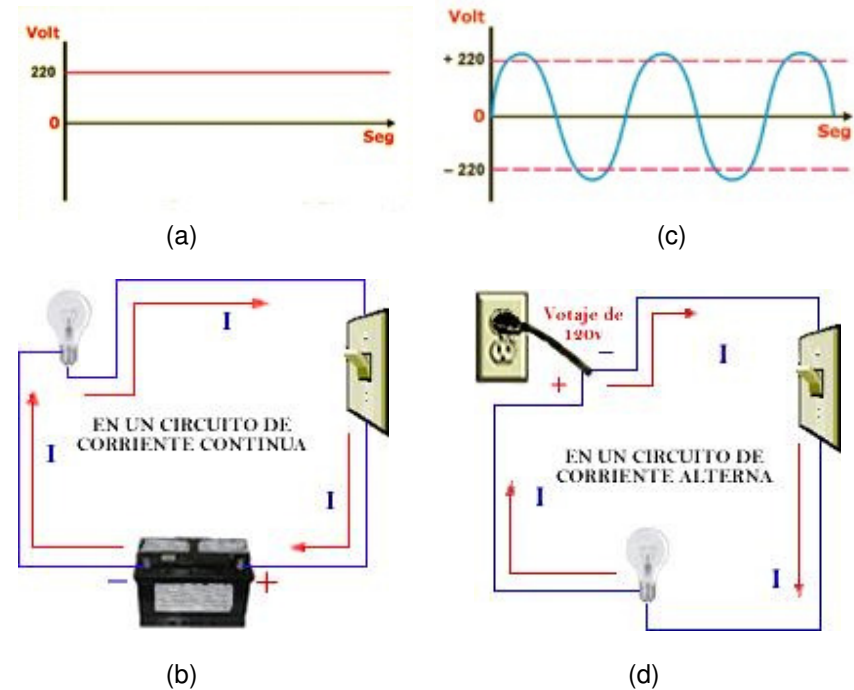


Figura III.14 (a) GRÁFICO DE LA CORRIENTE DIRECTA (CD) O CONTINUA (CC) (b) CIRCUITO DE LA CORRIENTE DIRECTA (c) GRÁFICO DE LA SINUSOIDE QUE POSEE UNA CORRIENTE ALTERNA (CA), (d) CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA.

La corriente directa es muy utilizada en los aparatos electrónicos portátiles que requieren de un voltaje relativamente pequeño.

<sup>14</sup> El dinamo es un generador de energía eléctrica, transforma la energía mecánica en eléctrica mediante el fenómeno de la inducción magnética.



Generalmente estos aparatos no pueden tener cambios de polaridad, ya que puede acarrear daños irreversibles en el equipo.

La corriente alterna es el tipo de corriente más empleada en la industria y es también la que consumimos en nuestros hogares. La corriente alterna de uso doméstico e industrial cambia su polaridad o sentido de circulación 50 ó 60 veces por segundo, según el país de que se trate. Esto se conoce como frecuencia<sup>15</sup> de la corriente alterna.

### III.F.1. UNIDADES Y MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Para expresar en forma cuantitativa los efectos de la electricidad, ha de haber unidades para las distintas magnitudes de potencial, corriente y potencia, del mismo modo que son necesarias unidades para las longitudes, áreas, velocidades y peso. A continuación definiremos las magnitudes y sus unidades de los elementos que intervienen en la electricidad, en el sistema internacional de unidades (SI).

#### Intensidad de la corriente eléctrica.

Mediante la representación de una analogía hidráulica se puede entender mejor el concepto de intensidad de la corriente eléctrica. Si tenemos dos depósitos de líquido de igual capacidad, situados a una misma altura, el caudal de salida de líquido del depósito que tiene el tubo de salida de menos diámetro será menor que el caudal que proporciona otro depósito con un tubo de salida de más ancho o diámetro, pues este último ofrece menos resistencia a la salida del líquido. Ver Figura III.15.



Figura III.15 ANALOGÍA HIDRÁULICA EL TUBO DEL DEPÓSITO "A", AL TENER UN DIÁMETRO REDUCIDO, OFECE MÁS RESISTENCIA A LA SALIDA DEL LÍQUIDO QUE EL TUBO DEL TANQUE "B", QUE TIENE MAYOR DIÁMETRO. POR TANTO, EL CAUDAL O CANTIDAD DE AGUA QUE SALE POR EL TUBO "B" SERÁ MAYOR QUE LA QUE SALE POR EL TUBO "A".

Por lo tanto la intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de Electrones que recorre un conductor por unidad de tiempo. Se representa por letra *I*. Su unidad de medida es el ampere (llamado también amperio<sup>16</sup>) que se identifica con la letra *A*.

#### Resistencia eléctrica.

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica. Ver Figura III.16.

<sup>15</sup> Es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.

<sup>16</sup> Un amperio equivale al paso de una carga eléctrica de un culombio por segundo, o lo que es lo mismo, el paso de 6,3 trillones de electrones cada segundo.

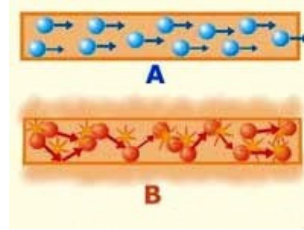


Figura III.16 A.- ELECTRONES FLUYENDO POR UN BUEN CONDUCTOR ELÉCTRICO, QUE OFRECE BAJA RESISTENCIA. B.- ELECTRONES FLUYENDO POR UN MAL CONDUCTOR ELÉCTRICO, QUE OFRECE ALTA RESISTENCIA A SU PASO. EN ESE CASO LOS ELECTRONES CHOCAN UNOS CONTRA OTROS AL NO PODER CIRCULAR LIBREMENTE Y, COMO CONSECUENCIA, GENERAN CALOR.

La corriente eléctrica se representa por la letra  $R$ , y se mide mediante el ohmímetro u óhmetro. La unidad de medida de la resistencia eléctrica es el ohmio<sup>17</sup> y se representa por la letra griega ( $\Omega$ )<sup>18</sup>. La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección y varía con la temperatura.

#### Voltaje, tensión o diferencia de potencial.

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un

<sup>17</sup> El ohmio se define como la resistencia que opone al paso de corriente eléctrica, una columna de mercurio de 106,3 centímetros de longitud y un milímetro de sección.

<sup>18</sup> omega

conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

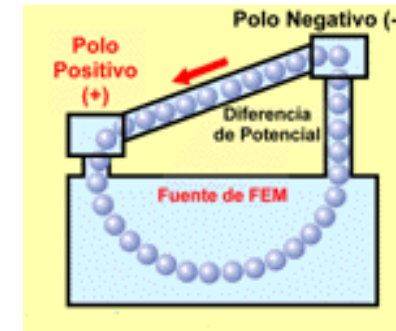


Figura III.17 LAS CARGAS ELÉCTRICAS EN UN CIRCUITO CERRADO FLUYEN DEL POLO NEGATIVO AL POLO POSITIVO DE LA PROPIA FUENTE DE FUERZA ELECTROMOTRIZ.

La diferencia de potencial entre dos puntos de una fuente de FEM se manifiesta como la acumulación de cargas eléctricas negativas (iones negativos o aniones), con exceso de electrones en el polo negativo (-) y la acumulación de cargas eléctricas positivas (iones positivos o cationes), con defecto de electrones en el polo positivo (+) de la propia fuente de FEM.

En otras palabras, el voltaje, tensión o diferencia de potencial es el impulso que necesita una carga eléctrica para que pueda fluir por el conductor de un circuito eléctrico cerrado. Este movimiento de las cargas eléctricas por el circuito se establece a partir del polo negativo de la fuente de FEM hasta el polo positivo de la propia fuente.

A la fuerza electromotriz se la representa mediante la letra  $E$ , y a la diferencia de potencial mediante la letra  $V$ . A la diferencia de potencial se le llama comúnmente tensión o voltaje eléctrico, su

unidad es el voltio y se mide mediante un aparato llamado voltímetro.

### III.F.2. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Independientemente de que se trate de circuitos elementales o complejos, es la combinación de la fuente de energía, conductores eléctricos y accesorios de control y protección necesarios para el correcto aprovechamiento de la energía por él o los aparatos receptores.

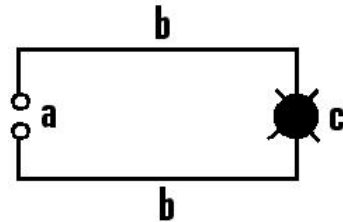


Figura III.18 CIRCUITO FUNDAMENTAL

El circuito elemental mostrado en la Figura III.18 consta esencialmente de:

- a) Fuente de energía.
- b) Conductores eléctricos<sup>19</sup>
- c) Receptor

Puede también indicarse como la existencia de:

- a) Tensión (proporcionada por la fuente).
- b) Corriente (que circula por los conductores).
- c) Resistencia (de los propios conductores sumada a la resistencia interna del receptor).

<sup>19</sup> Un conductor es un material que permite el paso de corriente eléctrica, y que permite llevar la corriente a donde se necesite.

Básicamente existen dos tipos de circuitos en Serie y en Paralelo, los de serie se utilizan en conexiones sencillas en donde la batería se une con una resistencia y luego vuelve a la batería. Y el paralelo es el que se encuentra comúnmente en las casas o edificios. Existe otro tipo de circuitos el cual es el mixto en donde se une el circuito en serie y el paralelo.

### III.F.3. CIRCUITOS EN SERIE

Cuando el circuito se conecta en serie, los elementos conductores están unidos uno a continuación del otro; ver Figura III.19, es por ello que toda la corriente eléctrica debe circular a través de cada uno de los elementos, de tal forma que, si se abre el circuito en cualquier parte, se interrumpe totalmente la corriente.

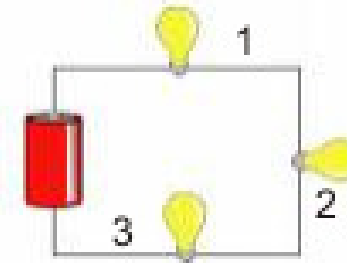


Figura III.19 CIRCUITO SERIE

La conexión en serie circula la misma corriente en cada foco, pues los electrones que pasan del punto 1 al 2 también lo hacen del punto 2 al 3, por eso no se acumulan en ninguna parte. Por ende, el flujo de cargas por unidad de tiempo, es decir, la corriente eléctrica, es la misma en cualquier parte del circuito en serie. Si se retira cualquier foco de su lugar, el circuito quedará abierto y ya no fluirá la corriente. Pocos son los casos en los cuales la conexión es en serie, por ejemplo, los focos del árbol de navidad que tienen un solo cable.

**Conexión de resistencias en serie.**

Cuando las resistencias se conectan en serie, se unen por sus extremos una a continuación de la otra, ver Figura III.20, de tal manera que la intensidad de corriente que pasa por una, sea la misma en las de más, por tanto, se interrumpe en una, también se interrumperá en las otras.

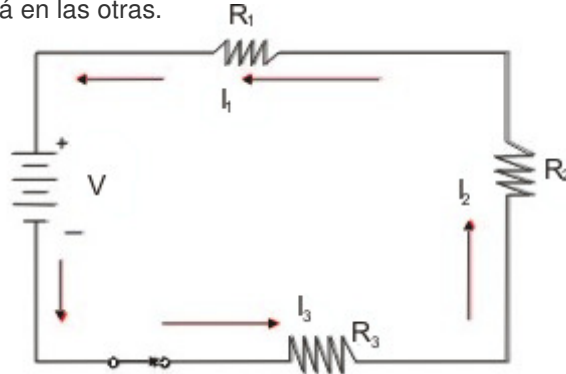


Figura III.20 CIRCUITO EN SERIE. DONDE  $I_1$  ES LA CORRIENTE EN LA RESISTENCIA  $R_1$ .  $V$ , ES EL VOLTAJE DE LA FUENTE.

Al conectar dos o más resistencias en serie, se puede calcular la resistencia equivalente de la combinación, la cual, por definición, es aquella que presenta la misma oposición al paso de la corriente por tanto, puede sustituir al sistema en serie del circuito. Para ello, se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

Donde:  $R_e$  = resistencia equivalente.  
 $R_1 + R_2 + R_n$  = suma del valor de las resistencias 1, 2, hasta n números de ellas.

**III.F.4. CIRCUITOS EN PARALELO**

Si el circuito se encuentra en paralelo, los elementos conductores se hallan separados en varios ramales y la corriente eléctrica se divide en forma paralela entre cada uno de ellos; ver Figura III.21, así, al abrir el circuito en cualquier parte, la corriente no será interrumpida en los demás.

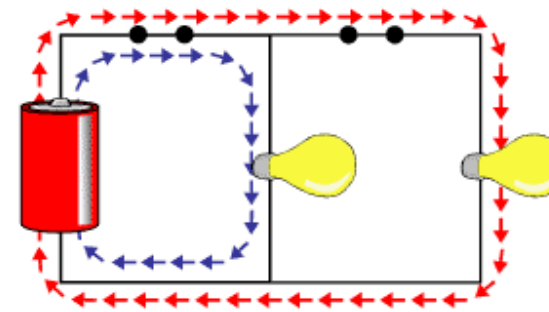


Figura III.21 CIRCUITO PARALELO

En la conexión en paralelo la corriente se divide y pasa en cantidades iguales a través de cada foco, si ambos son del mismo valor. Al retirar un foco, sólo seguirá circulando la mitad de la corriente porque la mitad de la trayectoria conductora se ha eliminado.

**Conexión de resistencias en paralelo.**

Cuando las resistencias se conectan en paralelo sus terminales se unen en dos nodos comunes que se enlazan a la fuente de energía o voltaje, ver Figura III.22.

En esta conexión la corriente eléctrica se divide en cada uno de los ramales o derivaciones del circuito y dependerá del número de resistencias que se conecten en paralelo; de tal manera que si una

resistencia es desconectada las demás seguirán funcionando, pues la corriente eléctrica no se interrumpe en ellas.

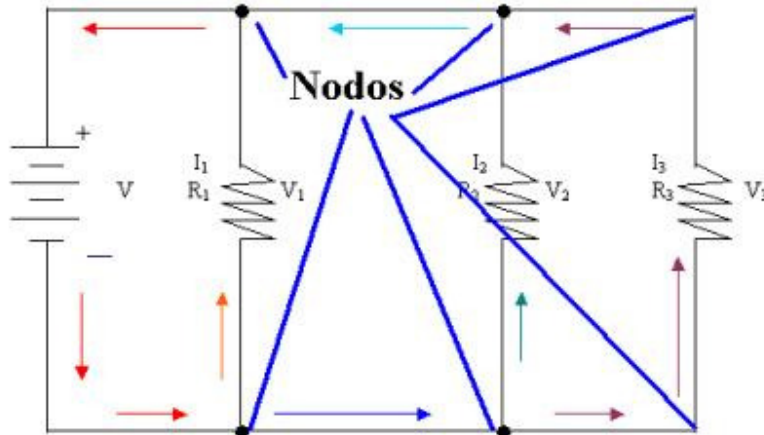


Figura III.22 CIRCUI TO PARALELO SE DEFINE UN CIRCUI TO PARALELO COMO AQUEL CIRCUI TO EN EL QUE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SE BIFURCA EN CADA NODO

Al conectar dos o más resistencias en paralelo, se puede calcular la resistencia equivalente de la combinación con la siguiente expresión matemática:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

### III.F.5. CIRCUI TOS MIXTO

Un circuito mixto significa que los elementos conductores se conectan tanto en serie como en paralelo.

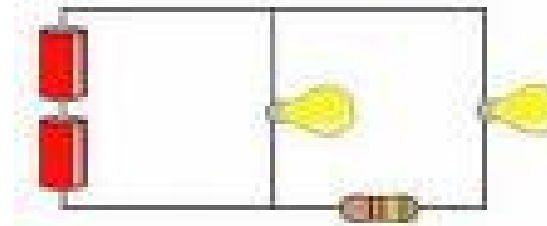


Figura III.23 CIRCUI TO MIXTO

#### Conexión mixta de resistencias.

Cuando se tiene una conexión mixta de resistencias, significa que están agrupadas tanto en serie como en paralelo. Para la solución de estos problemas se trata de resolver primero todos los elementos que se encuentran en serie y en paralelo para finalmente reducir a la un circuito puro, bien sea en serie o en paralelo. Ver Figura III.24.

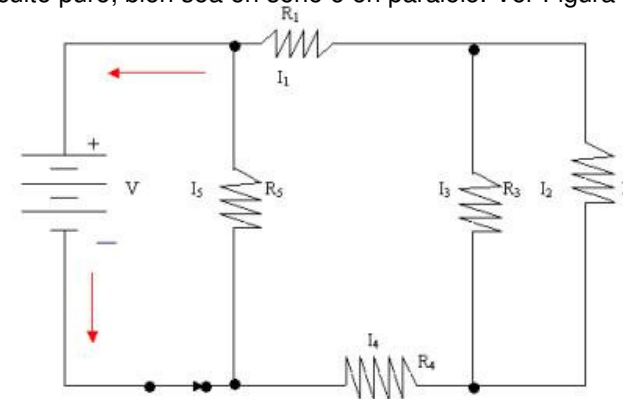


Figura III.24 CIRCUI TO MIXTO: ES UNA COMBINACIÓN DE ELEMENTOS TANTO EN SERIE COMO EN PARALELOS

### III.G. LEYES FUNDAMENTALES DE LA ELECTRICIDAD

Una instalación eléctrica cuando se pone en funcionamiento esta constituida por un circuito cerrado, por el cual circula una corriente que le permite su funcionamiento.

Los circuitos pueden estar formados por distintas ramas que por su formación se dividen en circuitos serie, paralelo y a su vez pueden estar formados por la combinación de ambos tipos combinados entre sí, como se menciona en los puntos anteriores. Todos los circuitos se rigen por reglas naturales a las que los hombres les han dado el rango de leyes. Estas leyes se basan en la llamada Ley de Ohm que es quien la descubrió, de esta Ley se derivan todas las demás.

#### III.G.1. LEY DE OHM

George Simon Ohm, descubrió en 1827 que la corriente en un circuito de corriente continua varía directamente proporcional con la diferencia de potencial, e inversamente proporcional con la resistencia del circuito.

La ley de Ohm, establece que la corriente eléctrica ( $I$ ) en un conductor o circuito, es igual a la diferencia de potencial ( $V$ ) sobre el conductor (o circuito), dividido por la resistencia ( $R$ ) que opone al paso, él mismo. La ley de Ohm se aplica a la totalidad de un circuito o a una parte o conductor del mismo.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$V = I \times R$$

En otras palabras, la ley de ohm establece que "La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un dispositivo es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo".

Donde, empleando unidades del Sistema internacional, tenemos que:

- ❖  $I$  = Intensidad en amperios (A)
- ❖  $V$  = Diferencia de potencial en voltios (V)
- ❖  $R$  = Resistencia en ohmios ( $\Omega$ ).

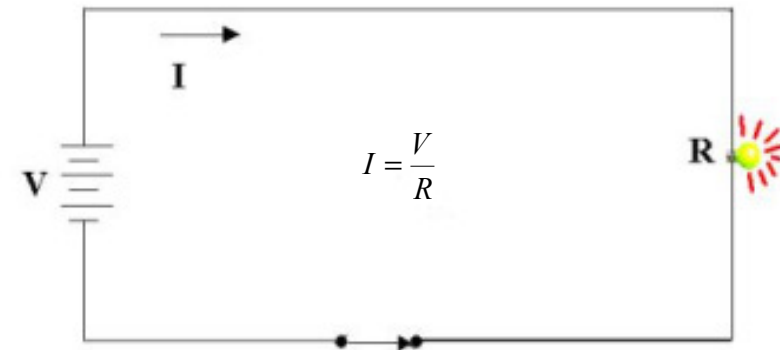
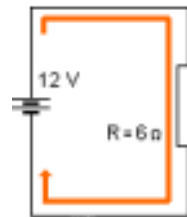


Figura III.25 CIRCUITO DE CORRIENTE CONTINUA

La Ley de Ohm se puede entender con facilidad si se analiza un circuito donde están en serie, una fuente de voltaje (una batería de 12 voltios) y una resistencia de 6 ohms (ohmios).



Se puede establecer una relación entre el voltaje de la batería, el valor de la resistencia y la corriente que entrega la batería y que circula a través de dicha resistencia.

Con la relación:  $I = V / R$  se conoce como la Ley de Ohm., entonces la corriente que circula por el circuito (por la resistencia o resistor) es:  $I = 12 \text{ Voltios} / 6 \text{ ohms} = 2 \text{ Amperios}$ .

De la misma manera, de la fórmula se puede despejar la tensión en función de la corriente y la resistencia, entonces la Ley de Ohm queda:  $V = I \times R$ . Así si se conoce la corriente y la resistencia se puede obtener la tensión entre los terminales de la resistencia, así:  $V = 2 \text{ Amperios} \times 6 \text{ ohms} = 12 \text{ V}$

Al igual que en el caso anterior, si se despeja la resistencia en función del voltaje y la corriente, y se obtiene la Ley de Ohm de la forma:  $R = V / I$ . Entonces si se conoce la tensión en la resistencia y la corriente que pasa por ella se obtiene que:  $R = 12 \text{ Voltios} / 2 \text{ Amperios} = 6 \text{ ohms}$

Es interesante ver que la relación entre la corriente y la tensión en una resistencia siempre es lineal y la pendiente de esta línea está directamente relacionada con el valor de la resistencia. Así, a mayor resistencia mayor pendiente. Ver Figura III.26.

Para recordar las tres expresiones de la Ley de Ohm se utiliza el siguiente triángulo que tiene mucha similitud con las fórmulas analizadas anteriormente.

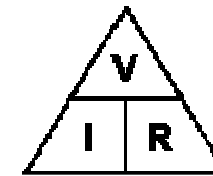


Figura III.26 TRIÁNGULO DE LA LEY DE OHM

$$V = I \times R \quad I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$

### En conductores cilíndricos.

Para una corriente que circula en la dirección del eje del cilindro, la resistencia  $R$  es proporcional a la longitud  $L$  e inversamente proporcional a la sección transversal  $S$  de los conductores en  $\text{mm}^2$ .

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

El cual el coeficiente de proporcionalidad  $\rho$ <sup>20</sup> se denomina resistividad (o resistencia específica) del material.

De la formula anterior puede deducirse lo siguiente: a mayor longitud de los conductores, mayor es la resistencia que opone al

<sup>20</sup> Léase  $\rho$

paso de la corriente por ellos y en consecuencia mayor es la caída de tensión provocada, sin embargo, esta disminución en el valor de la tensión puede ser aminorada si se aumenta la sección transversal de los conductores.

### III.G.2. LEYES DE KIRCHHOFF

Las leyes (o Lemas) de Kirchhoff fueron formuladas por Gustav Robert Kirchhoff en 1845, estas son la Ley de los nodos o Ley de corrientes y Ley de las "mallas" o Ley de tensiones. Son muy utilizadas en ingeniería eléctrica para obtener los valores de intensidad de corriente y potencial en cada nodo<sup>21</sup> de un circuito eléctrico.

#### Ley de los nodos o ley de corrientes de Kirchhoff

La suma de las corrientes que entran, en un nodo (unión o empalme) de un circuito es igual a la suma de las corrientes que salen de ese nodo. Si asignamos el signo más (+) a las corrientes que entran a un nodo, y el signo menos (-) a las que salen de él, entonces la ley establece que la suma algebraica de las corrientes en un nodo es cero:

$$\text{(suma algebraica de las corrientes)} \sum I = 0 \text{ (nodo)}$$

En la Figura III.27 se observa una corriente  $I$  la cual se divide para formar las corrientes  $I_1$  e  $I_2$ . Como el nodo A no se ganan ni se pierden electrones,  $I$  es igual a la suma  $I_1$  mas  $I_2$ . Es decir, igual corriente fluye hacia un nodo como sale de él.

<sup>21</sup> Un nodo es un punto de una red eléctrica en el cual convergen tres o más conductores.

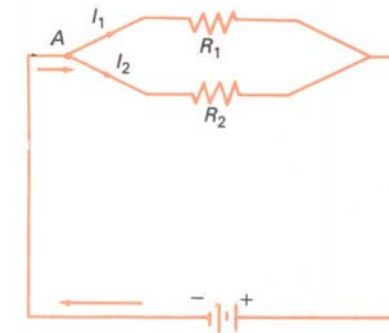


Figura III.27 EL NODO A LLEGA UNA CORRIENTE I QUE SE DIVIDE EN  $I_1$  Y EN  $I_2$ . ESTO EJEMPLIFICA LA PRIMERA LEY DE KIRCHHOFF, LA CUAL DICE: LA SUMA ALGEBRAICA DE TODAS LAS INTENSIDADES DE CORRIENTE QUE ENTRAN Y SALEN DE UN NODO EN UN CIRCUITO ES IGUAL A CERO.

De acuerdo a la Figura III.27 tenemos que en el nodo A:

$$I = I_1 + I_2$$

Considerando que las corrientes de entrada tienen signo positivo y negativo las de salida, la suma algebraica de las corrientes será igual a cero.

$$I + (-I_1) + (-I_2) = 0$$

La primera ley confirma el principio de la conservación de las cargas eléctricas.

#### Ley de las mallas o ley de tensiones de Kirchhoff

En un circuito cerrado malla, las caídas de tensión totales en las resistencias con iguales a la tensión total que se aplica al circuito. Es decir, la suma de las fuerzas electromotrices  $\sum \mathcal{E}$  en un circuito



cerrado o malla es igual a la suma de todas las caídas de potencial IR en el circuito; es decir:

$$\sum \varepsilon = \sum IR$$

Esta ley confirma el principio de la conservación de la energía. La energía que gana una fuente generadora de fuerza electromotriz (fem) al transformar las energías mecánica o química en eléctrica, se pierde en forma de caídas de tensión IR; o bien, cuando se reconvierte la energía eléctrica en mecánica al mover un motor.

En la Figura III.28 se observa dos circuitos eléctricos en los que las caídas de tensión en cada resistencia pueden variar; sin embargo, al sumar estas obtendremos un valor igual a la fem proporcionada por la batería.

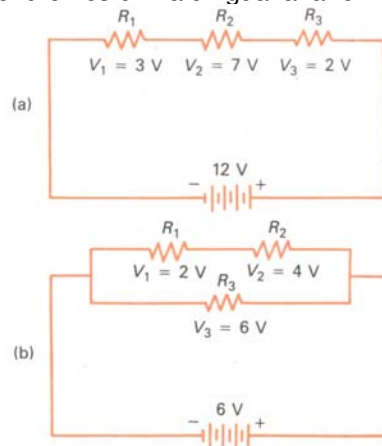


Figura III.28 EN EL CIRCUITO (a) EL VOLTAJE TOTAL SUMINISTRADO POR LA BATERIA ES IGUAL A LA SUMA DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN EN CADA RESISTENCIA (12 V). EN (b) COMO EL CIRCUITO ESTÁ EN PARALELO, R<sub>3</sub> TIENE UNA CAÍDA DE TENSIÓN DE 6 V IGUAL QUE LA SUMA DE V<sub>1</sub> + V<sub>2</sub> Y QUE CORRESPONDE AL VALOR DE LA FEM PROPORCIONADA POR LA BATERIA.

De acuerdo a la Figura III.28 (a) tenemos:

$$\sum \varepsilon = \sum IR$$

Es decir:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$12 \text{ V} = 3\text{V} + 7\text{V} + 2 \text{ V}$$

Para la Figura III.27 (b), con un circuito en paralelo tenemos:

$$\sum \varepsilon = \sum IR$$

Es decir:

$$V_T = V_1 + V_2 = V_3$$

$$6\text{V} = 2\text{V} + 4 \text{ V} = 6\text{V}$$

### III.G.3. POTENCIA Y ENERGÍA

Cuando en régimen permanente una corriente I circula por un conductor y la tensión entre los terminales del mismo es V, la potencia, es decir, la energía suministrada al conductor por unidad de tiempo es:

$$P = V \times I$$

Si la corriente se expresa en amperes y la diferencia de potencial en volts, la potencia  $P$  viene dada en watts (Joules<sup>22</sup> por segundo). Cuando la tensión y la corriente son variables, viniendo representados sus valores instantáneos por  $V$  e  $I$ , respectivamente la ecuación precedente de la potencia instantánea, es decir, el régimen instantáneo el cual se está suministrando energía al conductor.

La energía total suministrada al conductor durante un tiempo  $t$  viene dada por:

$$W = V \times I \times t = V \times Q$$

En la que  $Q$  es la cantidad total de electricidad (Coulombs<sup>23</sup>) que ha circulado a través de un conductor. Si  $Q$  viene dada en Coulombs (amperes-segundo), entonces  $W$  se expresa en Joules (watts-segundo). Cuando la tensión y la corriente son variables, la energía total viene dada por:

$$W = \int_{t_2}^{t_1} V \times I \, dt$$

En la que el intervalo de tiempo es  $t_2 - t_1$ .

### III.G.4. LEY DE JOULE

La resistencia es el componente que transforma la energía eléctrica en energía calorífica, (por ejemplo un horno eléctrico, una estufa eléctrica, una plancha etc.). Mediante la ley de Joule podemos determinar la cantidad de calor que es capaz de entregar una resistencia, esta cantidad de calor dependerá de la intensidad de corriente que por ella circule y de la cantidad de tiempo que esté conectada.

Luego podemos enunciar la ley de Joule diciendo que la cantidad de calor desprendido por una resistencia es directamente proporcional a la intensidad de corriente a la diferencia de potencial y al tiempo.

$$Q = 0.24 \times I \times V \times t$$

Donde:

$Q$  = cantidad de calor

0,24 = constante de proporcionalidad

$I$  = intensidad que circula por la resistencia

$V$  = diferencia de potencial que existe en el extremo de la resistencia

$t$  = tiempo de conexión (segundos)

<sup>22</sup> Joule es la unidad del Sistema Internacional para esfuerzo y trabajo.

<sup>23</sup> El culombio o coulomb (símbolo  $C$ ), es la unidad derivada del SI para la medida de la magnitud física cantidad de electricidad (carga eléctrica). Nombrada en honor de Charles-Augustin de Coulomb.



## ***CAPÍTULO IV. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO***

### ***IV.A. GENERALIDADES***

Se entiende por instalación eléctrica, al conjunto de tuberías conduit o tuberías y canalizaciones de otro tipo y forma, cajas de conexión, registros, elementos de unión entre tuberías, las cajas de conexión o los registros, conductores eléctricos, accesorios de control, accesorios de control y protección, etc., necesarios para conectar o interconectar una o varias fuentes o tomas de energía eléctrica con los receptores.

Los receptores de la energía eléctrica son de tan diversa índole, que tratando de englobarlos en forma rápida y sencilla, se puede decir que son los siguientes:

Todo tipo de lámparas, radios, televisores, refrigeradores, licuadoras, extractores, tostadores, aspiradoras, planchas, etc., es decir, todos los aparatos y equipos electrodomésticos, de oficinas, de comercios, aparatos y equipos de calefacción, de intercomunicación, señales luminosas, señales audibles, elevadores, montacargas, motores y equipos eléctricos en general.

### **IV.A.1. TUBERÍAS Y CANALIZACIONES**

Estos dos términos incluyen a todos los tipos de tuberías, ductos, charolas, trincheras, etc., que se utilizan para introducir, colocar o simplemente apoyar los conductores eléctricos para protegerlos contra esfuerzos mecánicos y medios ambientes desfavorables como son los húmedos, corrosivos, oxidantes, explosivos.

#### **IV.A.1.a. TUBERÍAS DE USO COMÚN**

Las tuberías de uso común son:

- 1) Tubo cónduit flexible de PVC, conocido generalmente como tubo cónduit plástico no rígido o también como manguera rosa.
- 2) Tubo cónduit flexible de acero.
- 3) Tubo cónduit de acero esmaltado.
  - a).- Pared delgada.
  - b).- Pared gruesa.
- 4) Tubo cónduit de acero galvanizado.
  - a).-Pared delgada.
  - b).-Pared gruesa.
- 5) Ducto cuadrado.
- 6) Tubo cónduit de asbesto-cemento.
- 7) Tubos de albanal.

#### **Tubo cónduit flexible de PVC.**

Resistente a la corrosión, muy flexible, ligero, fácil de transportar y de cortar, precio bajo, mínima resistencia mecánica al aplastamiento y a la penetración, se compra por metro.

Para cambios de dirección se dispone de codos, y para unir dos tramos de tubo se cuenta con coples, ambos del mismo material y de todas las medidas.

Este tipo de tuberías, generalmente se sujeta a las cajas de conexión introduciendo los extremos en los orificios que quedan al botar los chiqueadores.

Su uso se ha generalizado en instalaciones en las que de preferencia la tubería deba ir ahogada en pisos, muros, losas, castillos, columnas, traveses, etc.

#### **Tubo conduit flexible de acero.**

Fabricado a base de cintas de acero galvanizado y unidas entre si a presión en forma helicoidal, se compra por metro.

Por su consistencia mecánica y notable flexibilidad, proporcionada por los anillos de acero en forma helicoidal, se utiliza en la conexión de motores eléctricos y en forma visible para amortiguar las vibraciones evitando se transmitan a las cajas de conexión y de éstas a las canalizaciones.

Se sujetan sus extremos a las cajas de conexión y a las tapas de conexiones de los motores, por medio de juegos de conectores rectos y curvos según se requiera.

#### **Tubo conduit de acero esmaltado.**

Existen dos tipos de tubo conduit de acero esmaltado:

- a) Pared delgada.
- b) Pared gruesa.

**Pared delgada:** Tiene demasiado delgada su pared, lo que impide se le pueda hacer cuerda.

La unión de tubo a tubo, se realiza por medio de coples sin cuerda interior que son sujetos solamente a presión, la unión de los tubos a las cajas de conexión se hace con juegos de conectores.

**Pared gruesa:** Su pared es suficientemente gruesa, trae de fábrica cuerda en ambos extremos y puede hacerse en obra cuando así se requiera.

Como la unión de tubo a tubo es con coples de cuerda interior y la unión de los tubos a las cajas de conexión es con juegos de contras y monitores, la continuidad mecánica de las canalizaciones es 100% efectiva.

En ambas presentaciones de pared delgada y pared gruesa, se fabrica en tramos de 3.05 metros de longitud, para cambios de dirección a 90° se dispone de codos de todas las medidas.

Su uso se da en lugares en los que no se expongan a altas temperaturas, humedad permanente, elementos oxidantes, corrosivos, etc.

#### **Tubo Cónduit da acero Galvanizado:**

Existen dos tipos de tubo conduit de acero galvanizado:

- a) Pared delgada.
- b) Pared gruesa.

En sus presentaciones de pared delgada y pared gruesa reúne las mismas características del tubo cónduit de acero esmaltado en cuanto a espesor de paredes, longitud de los tramos, forma de unión y sujeción.

El galvanizado es por inmersión, que los proporciona la protección necesaria para poder ser instalados en lugares o locales expuestos a humedad permanente, en locales con ambientes, gasolinas, solventes, etc.

**Ducto cuadrado:** este se fabrica para armarse por piezas como tramos rectos, codos, adaptadores, cruces, reductores, colgadores, etc. Tiene usos como cabezales en grandes concentraciones de medidores e interruptores como en instalaciones eléctricas de departamentos, de comercios, de oficinas, etc.

También se utilizan con bastante frecuencia en instalaciones eléctricas industriales, en las que el número y calibre de los conductores son de consideración.

**Tubo Cónduit de asbesto-cemento clase A-4 y clase A-6:** se fabrica en tramos de 3.95 metros la unión entre tubos se realiza por medio de coples del mismo material con muescas interiores en donde se colocan los anillos de hule que sirven de empaques de sellamiento.

Para el acoplamiento entre tubos y coples a través de los anillos de sellamiento, hay necesidad de valerse de un lubricante especial; donde: el uso de este tipo de tubería se ha generalizado en redes subterráneas, en acometidas<sup>24</sup> de las compañías suministradores del servicio eléctrico a las subestaciones eléctricas de las edificaciones, etc.

Su clasificación A-3 y A-5, indica que soportan en condiciones normales de trabajo 3 y 5 atmósferas estándar de presión, lo que explica la razón por la cual los clases 4-7, se utilizan para redes de abastecimiento de agua potable.

**Tubos de albañal:** al uso de este tipo de tuberías en las instalaciones eléctricas es mínimo, prácticamente sujeto a condiciones provisionales.

Se le utiliza principalmente en obras en proceso de construcción, procurando dar protección a conductores eléctricos (alimentadores generales, extensiones, etc.), para dentro de lo posible, evitar que los aislamientos permanezcan en contacto directo con la humedad, con los

---

<sup>24</sup> Se denomina acometida a la parte de instalación comprendida entre la red de distribución y la caja de protección.

demás materiales de la obra negra que pueden ocasionarles daño como el cemento, cal, gravas arenas, varillas, etc.

#### IV.B. CAJAS DE CONEXIÓN

Esta designación incluye además de las cajas de conexión fabricadas exclusivamente para las instalaciones eléctricas, algunas para instalación de teléfonos y los conocidos registros construidos en el piso.

Entre las cajas de conexión exclusivas para instalaciones eléctricas, podemos mencionar las siguientes:

- a) Cajas de conexión negras o de acero esmaltado.
- b) Cajas de conexión galvanizadas.
- c) Cajas de conexión de PVC, conocidas como cajas de conexión plásticas.

##### Formas, dimensiones y usos.

**Cajas de conexión tipo chalupa:** son rectangulares de aproximadamente 6 x 10 centímetros (cm), de base por 38 milímetros (mm) de profundidad, donde su uso es para instalarse en ellas apagadores, contactos, botones de timbre, etc., cuando el número de estos dispositivos intercambiables o una mezcla de ellos no exceda de tres, aunque se recomienda instalar sólo dos, para facilitar su conexión y reposición cuando se requiera.

Estas cajas de conexión chalupa, sólo tienen perforaciones para hacer llegar a ellas tuberías de 13 mm. de diámetro, además de ser las únicas que no tienen tape del mismo material

**Cajas de conexión redondas:** son en realidad cajas octogonales, bastante reducidas de dimensiones consecuentemente de área útil interior, de aproximadamente 7.5 cm. de diámetro y 38 mm. de profundidad.

Se fabrican con una perforación por cada dos lados, una en el fondo y una que trae la tapa, todas para recibir tuberías de 13 mm. de diámetro, donde: por sus reducidas dimensiones, son utilizadas generalmente cuando el número de tuberías, de conductores y de empalmes<sup>25</sup> son mínimos.

**Caja de conexión cuadrada:** se tienen de diferentes medidas y su clasificación es de acuerdo al mayor diámetro del o los tubos que pueden ser sujetos a ellas, es así como se conocen como cajas de conexión cuadradas de 13, 19, 25, 32 y 38 mm. etc.

- a) Cajas de conexión cuadrada de 13 mm.

Cajas de 7.5 x 7.5 cm. de la base por 38 mm. de profundidad, con perforaciones tanto en los costados como en el fondo, para sujetar a ellas, únicamente tubos de 13 mm. de diámetro,

- b) Cajas de conexión cuadradas de 19 mm.

Tienen 10 x 10 cm. de base por 38 mm. de profundidad, con perforaciones alternadas para tuberías de 13 y 19 mm. de diámetro.

- c) Cajas de conexión cuadradas de 25 mm.

De 12 x 12 cm. de base por 55 mm. de profundidad, con perforaciones alternadas para tuberías de 13, 19 y 25 mm. de diámetro.

Para tuberías de diámetros mayores, se cuenta con cajas de conexión de 32, 38, 51 mm. etc., o bien cajas especiales dentro de las cuales se deben considerar los registros de distribución de teléfonos cuyas medidas comúnmente utilizadas son las de 20 x 20 cm. de base por 13 cm. de profundidad.

<sup>25</sup> El empalme eléctrico se define como la unión de dos secciones de cable enrollando las puntas de ambas y luego recubriéndolas con cinta aislante.

### IV.C. CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Los conductores eléctricos, son aquellos materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica por o a través de ellos. Sirven como elementos de unión entre las fuentes o tomas de energía eléctrica, como transformadores, líneas de distribución, interruptores, tableros de distribución, contactos, accesorios de control y los de control de protección de los receptores.

Todos los metales son buenos conductores de la electricidad, sin embargo, unos son mejores que otros, el uso de uno u otro material como conductor, dependerán de sus características eléctricas<sup>26</sup>, mecánicas<sup>27</sup>, del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio. Aunque ambos materiales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas, dependiendo del uso que se le vaya a dar este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple<sup>28</sup>:

- 1) Conductores de cobre suave o recocido: por su misma suavidad, tiene baja resistencia mecánica, alta elongación, su conductividad eléctrica es del 100%. Con un aislamiento protector, se utilizan en instalaciones tipo interior, dentro de ductos, tubos conduit, engrapados sobre muros, etc.

Un ejemplo de conductores de cobre suave o recocido, son los alambres y cables con aislamiento tipo THW, TW, Vianel 900, Vianel-nylon y tipo SPT.

<sup>26</sup> Capacidad para transportar la electricidad.

<sup>27</sup> Resistencia al desgaste, maleabilidad.

<sup>28</sup> La resistencia que ofrece la superficie de un material frente a su deterioro por medios mecánicos.

- 2) Conductores de cobre semiduro: tienen mayor resistencia mecánica que los conductores de cobre suave o recocido, menor elongación y su conductividad eléctrica es de aproximadamente 96.66%, se usa sin aislamiento protector, para líneas de transmisión con distancias interpostales o claros cortos y para redes de distribución, en ambos casos sobre aisladores.
- 3) Conductores de cobre duro: tienen una alta resistencia mecánica, menor elongación que los de cobre semiduro, y una conductividad eléctrica no menor de 96.16%, se utiliza normalmente en líneas aéreas.

### IV.D. ACCESORIOS DE CONTROL

Los accesorios de control pueden resumirse en forma por demás sencilla

- a) Apagadores sencillos, apagadores de 3 vías o de escalera, apagadores de 4 vías o de paso, etc. Los apagadores se localizan en sitios de fácil acceso, por lo general a una distancia de 15 a 25 cm. del marco de las puertas, pero en todos los casos a una altura entre 1.2 y 1.35 metros a partir del nivel del piso terminado.
- b) Caso secundario cuando por alguna circunstancia se tienen contactos controlados con apagador.
- c) En oficinas, comercios e industrias, además de los controles antes descritos, se dispone de los interruptores termomagnéticos (conocidos como pastillas), que se utilizan para controlar el alumbrado de medianas o grandes áreas a partir de los tableros.
- d) Las estaciones de botones para al control manual de motores, equipos y unidades complejas.
- e) Interruptores de presión de todo tipo.

**Accesorios de control y protección:** dentro de la amplia variedad de estos accesorios, se pueden considerar los de uso más frecuente:

- a) Interruptores (switches), que pueden ser abiertos o cerrados a voluntad de los interesados, además de proporcionar protección

por si solos a través de los elementos fusibles cuando se presentan sobrecorrientes (sobre-cargas) peligrosas.

- b) Los interruptores termomagnéticos que, además de que suelen ser operados manualmente, proporcionan protección por sobrecargas en forma automática.
- c) Arrancadores a tensión plena y arrancadores a tensión reducida, para el control manual o automático de motores, equipos y unidades complejas.

#### ***IV.E. OBJETIVOS DE UNA INSTALACIÓN***

Los objetivos a considerar en una instalación eléctrica, están de acuerdo al criterio de todas y cada una de las personas que intervienen en el proyecto, cálculo y ejecución de la obra, y de acuerdo además con las necesidades a cubrir, sin embargo, con el fin de dar margen a la iniciativa de todos y cada uno en particular como son:

- 1) Seguridad (contra accidentes e incendios).
- 2) Eficiencia.
- 3) Economía.
- 4) Mantenimiento.
- 5) Distribución de elementos, aparatos, equipos, etc.
- 6) Accesibilidad.

**Seguridad:** la seguridad debe ser prevista desde todos los puntos de vista posibles, para operarios en industria y para usuarios en casas habitación, oficinas, escuelas, etc., es decir, una instalación eléctrica bien planeada y mejor construida con sus partes peligrosas protegidas aparte de colocadas en lugares adecuados, evita al máximo accidentes e incendios.

**Eficiencia:** la eficiencia de una instalación eléctrica, está en relación directa a su construcción y acabado, la eficiencia de las lámparas, aparatos, motores, etc., de todos los receptores de energía eléctrica es máxima, si a los mismos se les respetan sus datos de placa tales como tensión, frecuencia etc., aparte de ser correctamente conectados.

**Economía:** el ingeniero debe resolver este problema no solo tomando en cuenta la inversión inicial en materiales y equipos, sino haciendo un estudio técnico-económico de la inversión inicial, pagos por consumo de energía eléctrica, gastos de operación y mantenimiento, así como la amortización de material y equipos.

Lo anterior implica en forma general, que lo conveniente es contar con materiales, equipos y mano de obra de buena calidad, salvo los casos especiales de instalaciones eléctricas provisionales o de instalaciones eléctricas temporales.

**Mantenimiento:** el mantenimiento de una instalación eléctrica, debe efectuarse periódicamente y sistemáticamente en forma principal, realizar la limpieza y reposición de partes, renovación y cambio de equipos.

**Distribución:** tratándose de equipos de iluminación, una buena distribución de ellos, redonda tanto en un buen aspecto, como en un nivel lumínico uniforme, a no ser que se trate de iluminación localizada. Tratándose de motores y demás equipos, la distribución de los mismos deberá dejar espacio libre para operarios y circulación libre para el demás personal.

**Accesibilidad:** aunque al control de equipos de iluminación y motores está sujeto a las condiciones de los locales, siempre deben escogerse lugares de fácil acceso, procurando colocarlos en forma tal, que al paso de personas no idóneas sean operados involuntariamente.

#### ***IV.F. TIPOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA***

Por razones que obedecen principalmente al tipo de construcciones en que se realizan, material utilizado en ellas, condiciones ambientales, trabajo a desarrollar en los locales de que se trate y acabado de las mismas; se tienen diferentes tipos de instalaciones eléctricas, a saber:

- 1) Totalmente visibles.
- 2) Visibles entubadas.



- 3) Temporales.
- 4) Provisionales.
- 5) Ocultas.
- 6) A prueba de explosión.

#### **Totalmente visibles.**

Todas sus partes, componentes se encuentran a la vista y sin protección en contra de esfuerzos mecánicos ni en contra del medio ambiente (seco, húmedo, corrosivo, etc.).

#### **Visibles entubadas.**

Debido a las estructuras de construcciones y el material de los muros, es imposible ahogarlas, se deben proteger contra esfuerzos mecánicos y contra el medio ambiente, con tuberías, cajas de conexión y dispositivos de unión, control y protección recomendables de acuerdo a cada caso particular.

#### **Temporales.**

Son instalaciones eléctricas que se construyen para el aprovechamiento de la energía eléctrica por temporadas o periodos cortos de tiempo, tales son los casos de ferias, juegos mecánicos, exposiciones, servicios contratados para obras en proceso, etc.

#### **Provisionales.**

Las instalaciones eléctricas provisionales, en realidad quedan incluidas en las temporales, salvo en los casos en que se realizan en instalaciones definitivas en operación, para hacer reparaciones o eliminar fallas principalmente en aquellas, en las cuales no se puede prescindir del servicio aún en un solo equipo, motor o local, por ejemplo, fábricas con proceso continuo, hospitales, salas de espectáculos, hoteles, etc.

#### **Parcialmente ocultas.**

Se encuentran en accesorias grandes o fábricas, en las que parte del entubado está por pisos y muros y la restante por armaduras; también es muy común observadas en edificios comerciales y de oficinas que tienen plafón falso. La parte oculta está en muros y columnas generalmente, y la parte superpuesta pero entubada en su totalidad es la que va entre las losas y el plafón para de ahí mediante cajas de conexión localizadas de antemano, se hagan las tomas necesarias.

#### **Totalmente ocultas.**

Son las que se consideran de mejor acabado pues en ellas se busca tanto la mejor solución técnica así como el mejor aspecto estético posible, una vez terminada la instalación eléctrica, se complementa con la calidad de los dispositivos de control y protección que quedan sólo con el frente al exterior de los muros.

#### **A prueba de explosión.**

Se construyen principalmente en fábricas y laboratorios en donde se tienen ambientes corrosivos, polvos o gases explosivos, materias fácilmente inflamables, etc. En estas instalaciones, tanto las canalizaciones, como las partes de unión y las cajas de conexión quedan herméticamente cerradas para así, en caso de producirse un corto-circuito, la flama o chispa no salga al exterior, lo que viene a dar la seguridad de que jamás llegará a producirse una explosión por fallas en las instalaciones eléctricas.

### ***IV.G. FUENTES LUMINOSAS***

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido la realización de una notable gama de lámparas destinadas a las aplicaciones mas dispares. No obstante, las fuentes luminosas eléctricas se pueden clasificar en dos grandes categorías:

- 1) De radiación por efecto térmico (lámparas de incandescencia).

- 2) De descarga en gas o vapores (lámparas fluorescentes de vapor de mercurio, de sodio, etc.).

Para saber que tipo de lámpara se va a utilizar es necesario tener en cuenta las siguientes características:

- ❖ Potencia nominal: condiciona el flujo luminoso y las proporciones de las instalaciones bajo el punto de vista eléctrico.
- ❖ Eficiencia luminosa y de generación del flujo luminoso durante el funcionamiento promedio de vida y coste de la lámpara: estos factores condicionan la economía de la instalación.
- ❖ Rendimiento cromático: condiciona la mayor o menor apreciación de los colores respecto a la observación con luz natural.
- ❖ Temperatura de color: condiciona la tonalidad de luz, se dice que una lámpara proporciona luz “cálida” o “fría” si prevalecen las radiaciones luminosas de color rojizo o azulado.
- ❖ Tamaño: condiciona la construcción de los aparatos de iluminación (direccionalidad del haz luminoso, etc.).

#### IV.H. TIPOS DE LÁMPARAS

##### Lámparas de servicio de alumbrado general.

Las lámparas usuales de servicio de alumbrado general, desde las de 15 vatios tipo A-15 a las de 1.500 vatios tipo PS-52, diseñadas para alumbrar en circuitos en derivación de 120, 125 o 130 vatios, son las más comúnmente usadas entre los tipos de lámparas con filamento, todas ellas tienen casquillos de rosca.

Las de mayor potencia se fabrican con bulbos transparentes o esmerilados por dentro. Por debajo de 150 vatios son normales las lámparas de interior esmerilado o revestido con sílice blanca. Las potencias más comunes en los usos domésticos se pueden encontrar con bulbos en forma de T de lados rectos y revestimiento de sílice blanca.

##### Lámpara para altas y bajas tensiones.

Existen lámparas similares a las de tensión normal para trabajar a 230 y 250 vatios. La desventaja de éste tipo de lámparas es que se derivan del menor diámetro del hilo del filamento de las lámparas de mayor tensión: la reducción de robustez mecánica y el tamaño mayor de la lámpara, que las hacen menos satisfactorias para equipos reflectores y proyectores.

La única ventaja obtenida con el uso industrial de estas tensiones más altas, es la reducción en la carga en amperes que resulta de doblar la tensión y el consiguiente ahorro en el coste de los conductores. Las lámparas para circuitos de 30 y 60 volts son también útiles para el alumbrado de pasillos y en los servicios de las casas de campo.



Figura IV.1 (a) LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN (B) LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN

##### Lámparas para funcionamiento en serie.

La mayoría de las lámparas se proyectan para instalarlas en circuitos en paralelo. Sin embargo algunas, como las del alumbrado de calles se designan normalmente en lúmenes y amperios en vez de vatios y voltios como las lámparas en derivación.

Todas las lámparas de un circuito en serie deben ser de la misma intensidad de corriente (amperios). La potencia, la cantidad de luz emitida y la vida de las lámparas en serie se ven notablemente afectadas por las variaciones de la corriente de servicio y la precisa regulación de las corrientes, los valores nominales es un factor importantísimo para el funcionamiento de la lámpara.

Para la continuidad del servicio en un circuito en serie, han de hacerse algunas previsiones a fin de que el fallo de una lámpara no interrumpa el circuito ni apegue todas las restantes. Algunas lámparas para redes de ferrocarril tienen un dispositivo interruptor incorporado a las mismas para que al fundirse una lámpara quede desconectada del circuito. Cuando estas lámparas funcionan en serie un circuito de tensión constante, conviene que las que se fundan sean rápidamente reemplazadas para proteger a las demás del circuito, las cuales tienen que absorber la tensión que antes absorbía la lámpara fundida.

Este tipo de circuito se recomienda sólo para 20 o más lámparas, porque, si el número de lámparas es demasiado pequeño el exceso de tensión resultante afecta mucho a las demás lámparas cuando una falla.

En los circuitos de alumbrado de calles alimentados por transformadores de corriente constante, ésta se mantiene en un valor fijo con independencia de la carga sobre la línea, de tal manera que si una lámpara falla no implica una sobrecarga de las otras. En este caso, el portalámparas de la luminaria lleva un mecanismo interruptor que cortocircuita la lámpara fundida.

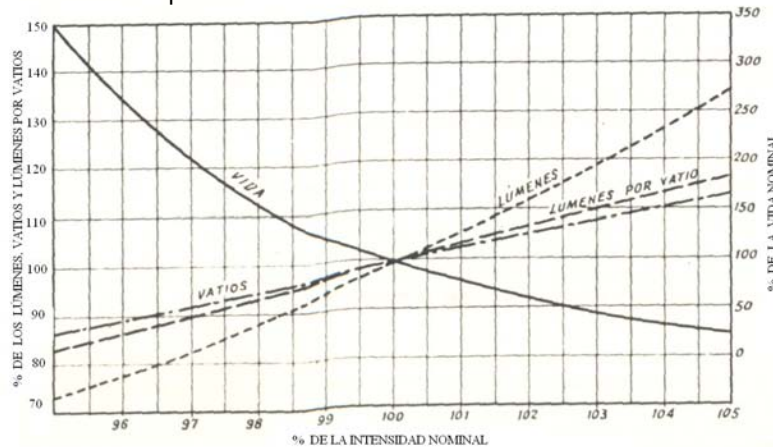


Figura IV.2 CURVAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS DE FILAMENTO

La conservación del flujo luminoso en las lámparas en serie que trabajan a corriente constante es mejor que en las lámparas en derivación, debido a que la potencia en vatios de una lámpara a tensión constante decrece a largo de su vida, mientras que la de una lámpara a corriente constante aumenta.

Esto se explica por que la resistencia del hilo del filamento aumenta cuando su diámetro decrece por a evaporación. A tensión constante, el aumento de resistencia implica una disminución de la corriente y, proporcional a la potencia.

A corriente constante, el incremento de la resistencia se traduce en un incremento de tensión ( $E= IR$ ) y en el correspondiente aumento de potencia que contrarreste la reducción de la cantidad de luz debida al ennegrecimiento interior del bulbo.

#### Lámparas proyectoras y reflectoras.

Las lámparas de bulbo PAR (proyectoras) y las de bulbo R (reflectoras) ver Figura IV.3, combinan en una unidad una fuente de luz y un reflector hermético de alta eficacia, consistente en aluminio o plata vaporizados aplicados a la parte interior del bulbo. Las lámparas de 100 vatios PAR-38 y las de 150 vatios R-40 se fabrican en diversos colores. Los bulbos PAR hasta 150 vatios, así como unas pocas lámparas de servicio especial, con bulbos de cristal resistentes al calor, se pueden usar al aire libre sin peligro de que se rompan con la lluvia o la nieve. Las PAR de mayor tamaño y todas las demás lámparas R no son recomendables para el uso en exteriores, a menos que se las proteja contra la intemperie.

Las lámparas reflectoras de mayor potencia R-52 y R-57 se proyectan para alumbrado general. Están hechas para distribuciones de luz ancha o estrecha y se adaptan particularmente bien a zonas industriales de techos altos en las que la atmósfera contiene suciedad, humos o vapores no combustibles.

Cuando se requiere cristal resistente al calor para proteger de los choques térmicos, las lámparas R-60 dan un resultado similar. Estos tipos más recientes especialmente indicados para proyectores al aire libre. Las lámparas de bulbo PAR han encontrado amplia aplicación en automoción, aviación y otros campos donde son necesarias unidades de alumbrado concentrado con un control preciso del haz.

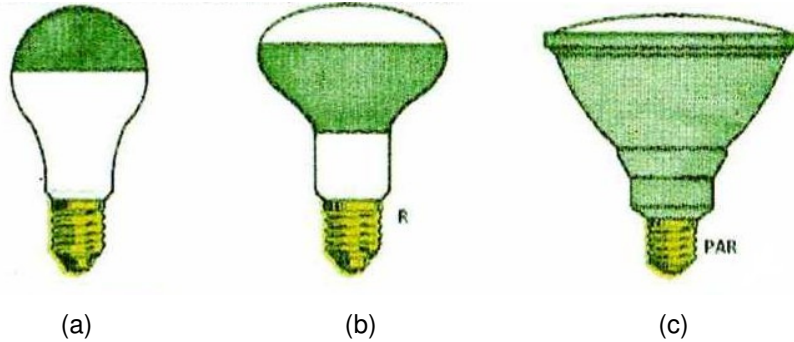


Figura IV.3 (a) LÁMPARA REFLECTORA CON CUPULA PLATEADA, (b) LÁMPARA REFLECTORA CON REFLECTOR, (c) LÁMPARA PROYECTORA CONCENTRADA

### Lámparas de escaparates y “lumiline”.

Las lámparas de bulbo tubular y pequeña potencia se emplean para el alumbrado de escaparates y otras aplicaciones donde se requiere un bulbo de pequeño diámetro. Algunas de ellas se proyectan para instalarlas en reflectores, y otras están provistas de una superficie interna reflectora que se extiende alrededor de la mitad del área del bulbo, concentrando la luz en forma de haz.

La lámpara lumiline es un tipo especial de fuente de luz tubular, con un filamento que se extiende a lo largo de toda la lámpara y que se conecta en ambos extremos mediante casquillos en forme de disco, que requiere un portalámparas especial.

Las lámparas lumiline son considerablemente menos eficaces que las lámparas normales de alumbrado general, pero son útiles en los casos en que es preciso disponer de una fuente de luz lineal.

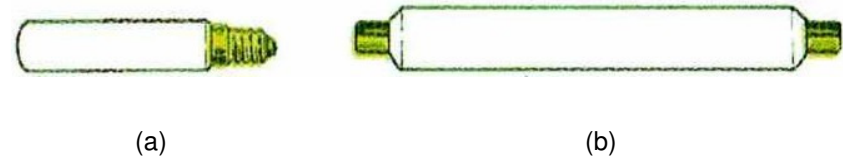


Figura IV.4 (a) LÁMPARA TUBULAR DE ESCAPARATE, (b) LÁMPARA LUMINILE TUBULAR CON DOBLE CASQUILLO

### Lámparas de halógeno.

Responden a un concepto nuevo de lámparas incandescentes, tienen una envoltura de cuarzo que es la base de sus muchas ventajas, entre las cuales están: construcción compacta, resistencia a los choques térmicos, alta eficacia y un casi perfecto mantenimiento de luz durante toda su vida.

En estas lámparas se emplea el yodo, a fin de producir un ciclo químico con el tungsteno sublimado, para mantener el bulbo limpio. Se utilizan para focos, aviación, fotografía, efectos especiales, fotocopias y otras aplicaciones donde convengan sus características.



Figura IV.5 LÁMPARAS ESPECIALES<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Lámparas de gran potencia para proyección, tomas fotográficas y cinematográficas.

**Lámpara de incandescencia.**

Un delgado filamento de tungsteno enrollado en simple o doble espiral, se lleva al punto de incandescencia mediante el paso de una corriente eléctrica. Para que no se queme se encierra en una pequeña ampolla (bulbo) de vidrio en la que se practica el vacío o se introduce un gas inerte (argón, criptón, etc.). En el primer caso (vacío) se encuentran las lámparas de pequeña potencia; en el segundo (gas inerte) las lámparas de media y gran potencia. La vida media de las lámparas de incandescencia es de 1,000 horas, a la tensión nominal.

Sus campos de aplicación son para la iluminación general y localizada interiores (viviendas, oficinas, comercios, etc.). Con lámparas normales, de empleo mas generalizado 100-300 watts es conveniente no sobrepasar los 3 ó 4 metros de altura (tiendas, oficinas, escuelas, etc.). Para alturas superiores es preferible recurrir a escuelas, etc.). Para alturas superiores es preferible recurrir a otros tipos de fuentes luminosas.

Las ventajas son el encendido inmediato sin necesidad de equipo auxiliar, dimensiones reducidas y coste poco elevado; sin limitaciones en cuanto a la posición de funcionamiento. Unas de sus desventajas son la baja eficiencia luminosa y por lo tanto coste de funcionamiento elevado; elevada producción de calor, elevada luminancia con el correspondiente deslumbramiento entre 100-2,000  $cd/cm^2$  duración media de vida limitada.

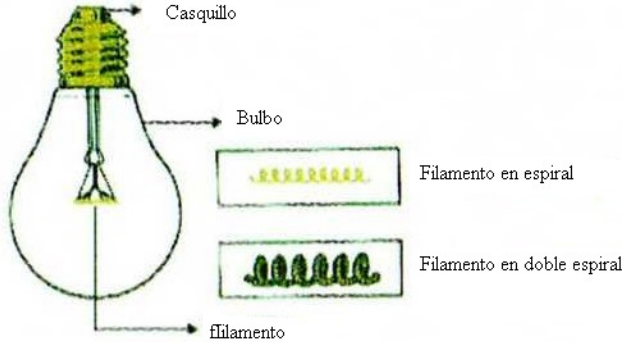


Figura IV.6 TIPOS DE FILAMENTOS EN LAS LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA

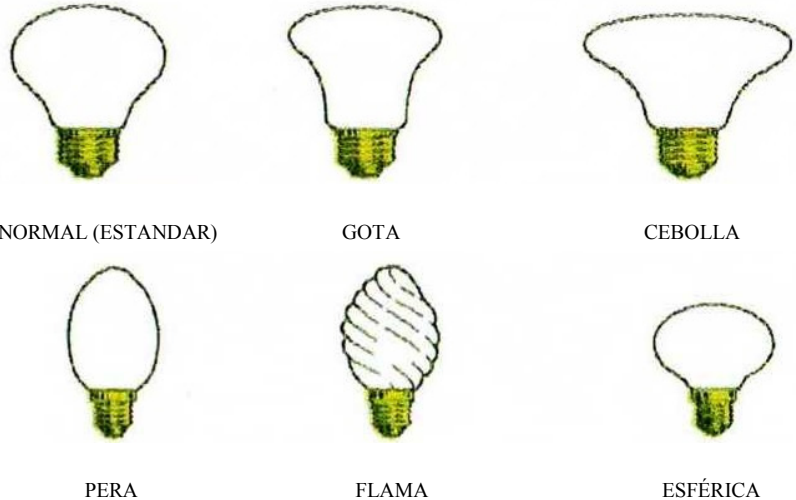


Figura IV.7 FORMAS DE LOS BULBOS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES

**Lámparas de vapor de mercurio.**

Están constituidas por un pequeño tubo de cuarzo contiene vapor de mercurio a alta presión y un as inerte (argón), para facilitar la descarga. En ambos extremos se hallan dispuestos los electrodos, dos de los cuales son principales y uno o dos son auxiliares.

El tubo de cuarzo<sup>30</sup> se encierra en un globo de vidrio para aislarlo de ambiente externo, éste globo, no solamente absorbe las radiaciones ultravioletas (perjudiciales para los ojos) que dan lugar a la formación de ozono en el aire, sino que sirve también para mejorar la calidad de la luz siempre y cuando esté revestido internamente de polvo fluorescente. La forma del globo, que recibe el nombre de isotérmica, ha sido estudiada a propósito para que proporcione una distribución uniforme de la

<sup>30</sup> Llamado también tubo de descarga.

temperatura en toda su superficie. Sin embargo, también existen lámparas de forma cilíndrica. El globo se fabrica con un vidrio de tipo duro a fin de que resista los saltos térmicos y las salpicaduras.

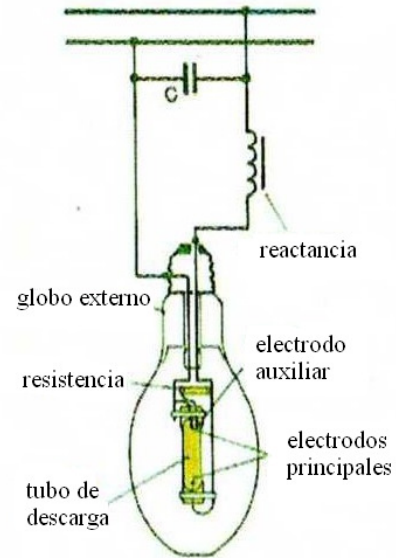


Figura IV.8 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO Y ESQUEMA DE CONEXIONADO: LA REACTANCIA ESTA CONECTADA EN SERIE CON LA LÁMPARA Y EL CONDENSADOR DE CORRECCION DE FASE EN PARALELO

Se utiliza para la iluminación general de grandes edificios industriales (talleres, almacenas, depósitos, etc.). Para potencias hasta de 250 watts, es recomendable montar las lámparas a una altura de 5 a 8 metros y de 8 a 20 metros para potencias mayores.

Su ventaja es la eficiencia luminosa óptima; luminancia de tipo medio (4-25  $\text{cd}/\text{cm}^2$ ); su rendimiento cromático discreto o bueno (según los tipos); pequeño tamaño y buen rendimiento de vida (6,000-9,000 horas).

Para las lámparas con globo de vidrio no hay ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento. Una lámpara de mercurio de 400 watts emite un flujo luminoso de 23,000 lúmenes, que aproximadamente igual al de 7-8 lámparas fluorescentes tubulares de cátodo caliente, de 40 watts, ocupando un espacio extremadamente más reducido. Naturalmente, con una lámpara de vapor de mercurio la luminancia es más alta que con las 7-8 lámparas fluorescentes tubulares,

La desventaja de estas lámparas es el empleo de equipo auxiliar para el arranque de la descarga, el encendido no es inmediato: requiere de 4 a 5 minutos para alcanzar la máxima emisión luminosa. Su costo es elevado, sin embargo, se amortiza con el uso gracias a la buena eficiencia luminosa a la duración.

Si se ponen de nuevo en circuito, cuando todavía están calientes, el tiempo necesario para que vuelvan a encenderse puede ser del orden de unos 6 minutos. Existen diversos tipos de lámparas de vapor de mercurio:

- 1) Con ampolla fluorescente.
- 2) Con ampolla fluorescente y reflector incorporado.
- 3) De luz mezcla.
- 4) Con halogenuros.

#### Lámparas fluorescentes tubulares.

La cara interna del tubo de descarga está revestida de una sutil capa de polvos fluorescentes. Dentro del tubo se introduce vapor de mercurio a baja presión: cuando se alimenta la lámpara el mercurio emite radiaciones ultravioleta, invisibles, que golpean la capa de polvo fluorescente originando radiaciones visibles.

El flujo luminoso depende del tipo de polvos fluorescentes, de su pureza, de la estructura y dimensiones de los cristales, según las sustancias empleadas se obtiene una emisión de luz en los siguientes colores.

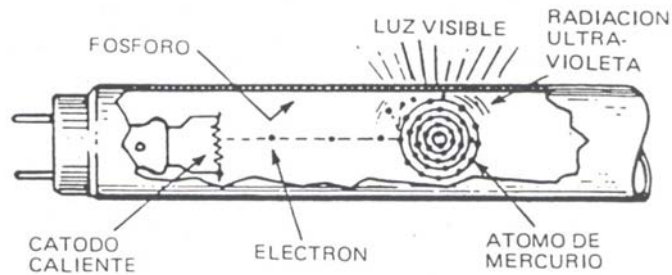


Figura IV.9 FORMA EN QUE SE PRODUCE LA LUZ EN UNA LÁMPARA FLUORESCENTE TÍPICA DE CÁTODO CALIENTE

Con relación a la modalidad de encendido, se dispone de los siguientes tipos de lámparas fluorescentes:

- 1) De cátodo caliente, precalentado.
- 2) De cátodo caliente, sin precalentamiento.
- 3) De cátodo frío.

En los esquemas electrónicos, las lámparas fluorescentes tubulares rectilíneas se indican con el signo gráfico 1, que se completa (se viene al caso) con la indicación de la potencia de lámpara. Si en cambio, son circulares o cuadradas se indican, respectivamente, con los símbolos gráficos 2 y 3.

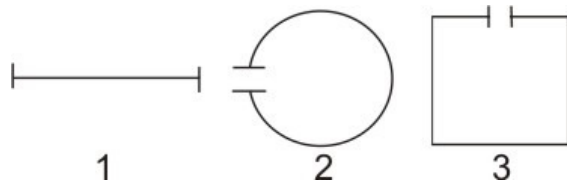


Figura IV.10 REPRESENTACIÓN DE LOS ESQUEMAS ELECTRÓNICOS PARA CADA TIPO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES

Su campo de utilización es en la iluminación en general, civil e industrial. Es conveniente no montarlas a una altura mayor de 4-6 metros (6-8 metros para lámparas de elevada emisión).

Su ventaja es la buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces mayor que las lámparas de incandescencia) y por lo tanto de bajo coste de funcionamiento; baja luminancia (0,3 a 1,3 cd/m<sup>2</sup>) de forma que se reducen sensiblemente los problemas de deslumbramiento; bueno y óptimo rendimiento cromático (según los tipos); elevada duración de vida media (6,000 a 9,000 horas). Sin ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.

La desventaja es el empleo de equipo auxiliar para el arranque de la descarga (reactancia y cebador); grandes dimensiones: coste 10 a 15 veces mayor que el de una lámpara de incandescencia de potencia similar (según los tipos y con inclusión de la reactancia y el cebador).



Figura IV.11 LÁMPARA FLUORESCENTE TUBULAR CON DIÁMETRO 38 MM

**Principales tipos de casquillo.**

Las siglas indican la designación normalizada: la letra E significa "sistema Edíson"; el primer número, el diámetro exterior de la rosca; el segundo, la longitud total del casquillo.

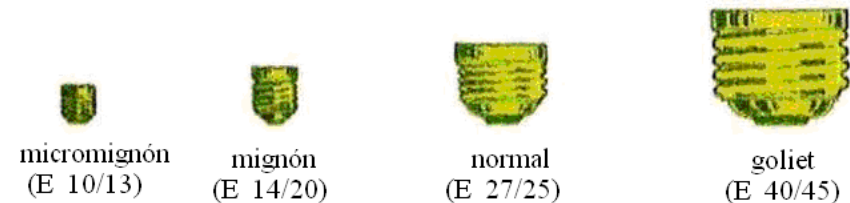


Figura IV.12 CASQUILLOS ROSCADOS (SISTEMA EDÍSON)

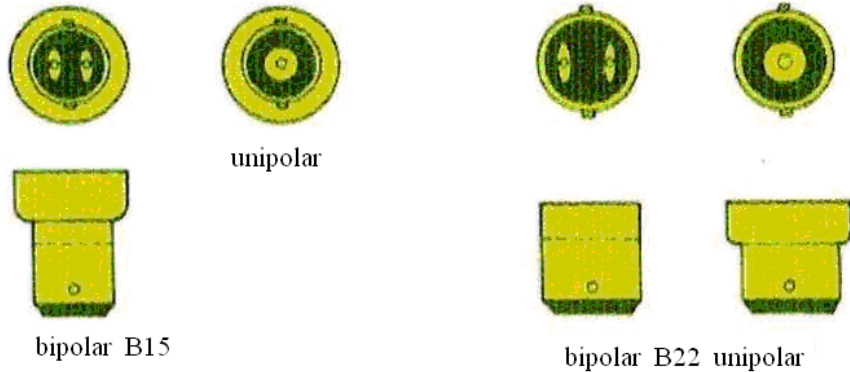


Figura IV.13 CASQUILLOS DE BAYONETA<sup>31</sup>

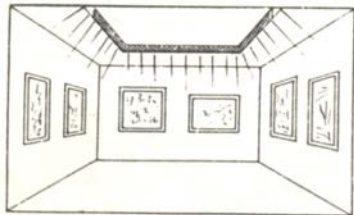
**IV.I. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.**

El proyecto de cualquier instalación de alumbrado lleva consigo la consideración de numerosas variables: ¿Cuál es el objeto de la instalación? ¿Se trata de luz para visión, o para ventas, o para decoración? ¿Cuál es la dureza del trabajo visual a realizar y cuanto tiempo va a durar? ¿Qué consideraciones económicas entran en juego? Las respuestas a tales preguntas determinan la cantidad de luz necesaria y los mejores medios para conseguirlas, puesto que los gustos y las opiniones personales varían, especialmente en materias de apariencia externa, ninguna solución de los problemas del alumbrado podrá servir para toda clase de circunstancias, sin embargo, existen ciertas reglas básicas para determinar la cantidad adecuada y la buena calidad, que deben observarse siempre.

<sup>31</sup> La letra B significa “bayoneta”; el número indica el diámetro (ø) del casquillo.

**IV.I.1. CANTIDAD DE LUZ**

Una de las medidas más significativas de la idoneidad da una instalación de alumbrado es la cantidad de luz que proporciona. La distribución de la iluminación, lo mismo que el nivel luminoso, deberá venir determinada 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.



Quando 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 la mayoría de los restaurantes y salas de fiestas, por ejemplo, el contraste producido por la variación de niveles

luminosos ayuda a crear una atmósfera atractiva. En ciertos tipos de comercio resulta una buena medida dirigir sobre la zona de venta y exposición, que sobre las zonas generales de tráfico y en otras muchas circunstancias, el uso mas efectivo de la luz implica una distribución completamente distinta de la uniforme.

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 una mesa de despacho o en una máquina en una superficie vertical o inclinada, o incluso en la superficie inferior de grandes objetos, tal como en las secciones de montaje da una fábrica de aviones. Conviene elegir luminarias que puedan iluminar de la mejor manera al área de trabajo.



**IV.1.2. CALIDAD DE LUZ**

Le adecuada cantidad de luz por sí sola no asegura una buena iluminación, la buena calidad es tan importante como la cantidad, y normalmente 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 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: cuando mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento.

**IV.1.3. TIPOS DE ILUMINACIÓN**

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 tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se desea conseguir.

**Indirecta.**

El 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, toda la luz efectiva en el plano de trabajo se refleja hacia abajo por el techo y en menor medida por las paredes. Su distribución uniforme, ausencia de sombras y de brillo reflejado lo hacen frecuentemente el más recomendable para oficinas, escuelas y otras aplicaciones similares.

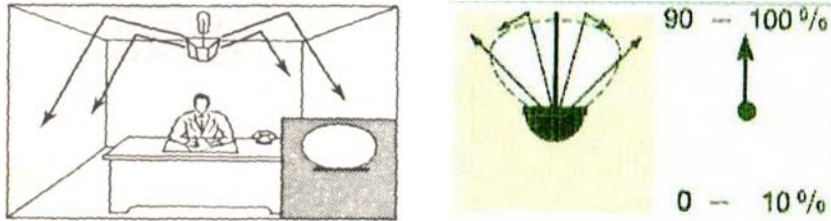


Figura IV.14 REPRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO INDIRECTO

**Semi-indirecta.**

El flujo luminoso esta dirigido en gran parte hacia abajo y en parte hacia el techo, mientras que el resto se dirige hacia abajo. Se prefiere a veces para lograr una mejor relación de brillo entre el techo y la luminaria a en instalaciones de alto nivel luminoso.

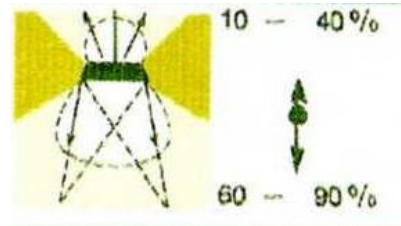
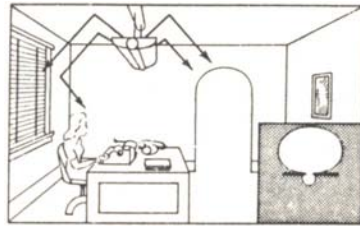


Figura IV.15 REPRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO SEMI-INDIRECTA

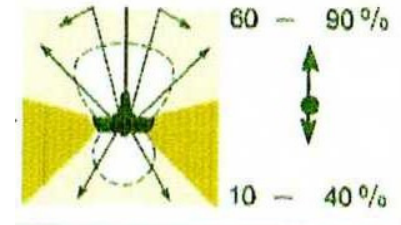


Figura IV.17 REPRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO SEMI-DIRECTA

**Mixta.**

El flujo luminoso esta distribuido casi por igual, tanto hacia abajo como hacia arriba. Estas luminarias suelen utilizar en la parte inferior vidrio, plástico o rejilla para proteger a las lámparas.

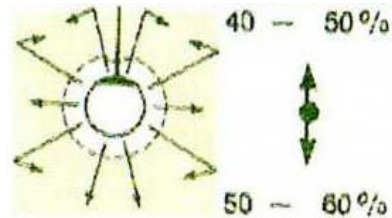
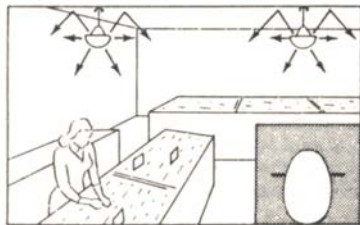


Figura IV.16 REPRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO MIXTO

**Directa.**

El flujo luminoso se dirige hacia abajo, este sistema de alumbrado directo es un eficaz productor de luz en la zona usual de trabajo. Sin embargo, esta eficacia se consigue frecuentemente a expensas de factores de calidad tales como sombras y deslumbramientos, por ejemplo, pueden causar molestias a no ser que las luminarias sean de gran área o estén muy cerca unas de otras.

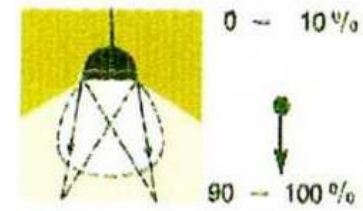
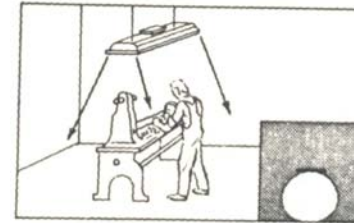


Figura IV.18 REPRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DIRECTA

**Semi-directa.**

El flujo luminoso esta dirigido en gran parte hacia abajo y en parte hacia arriba. La porción de luz dirigida hacia el techo produce una pequeña componente indirecta, y su mayor valor se debe a que hace más brillante a la zona del techo que rodea a la luminaria, resultando de ello una disminución del contraste de brillo.

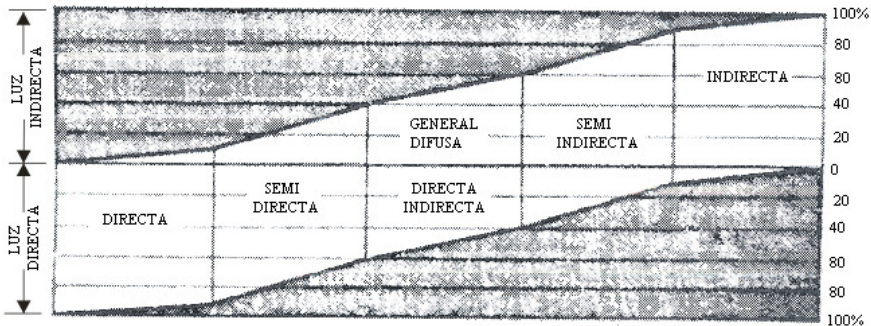
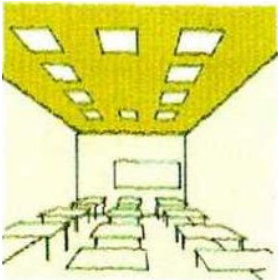


Figura IV.19 SISTEMAS DE ALUMBRADO

**IV.1.4. MÉTODOS DE ILUMINACIÓN**

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

**Alumbrado general.**



Se llama así a una disposición de las luminarias que proporcionan un nivel razonablemente uniforme de iluminación en un área interior. Las dimensiones físicas de la habitación, las características de distribución de la luminaria, el nivel previsto de iluminación y el aspecto de la instalación son factores que determinan el emplazamiento de los equipos.

La distribución más uniforme se obtiene mediante la colocación simétrica de las luminarias necesarias para producir la luz deseada. Se debe estudiar una colocación aproximada de

las lámparas, ajustándolas de forma que el número total de ellas sea divisible por el número de fila. La distancia exacta entre lámparas se determina dividiendo la longitud de la habitación por el número de luminarias de una fila, dando una tolerancia de alrededor de un tercio de dicha distancia entre la pared y la primera unidad.

De manera similar, la distancia entre filas es la anchura de la habitación dividida por el número de filas, dejándose un tercio de esta distancia entre la pared y la primera fila. En techos altos de zonas industriales, esta distancia puede ser la mitad del espacio entre luminarias. Con techos bajos deberá ser generalmente de 76 a 96 cm.

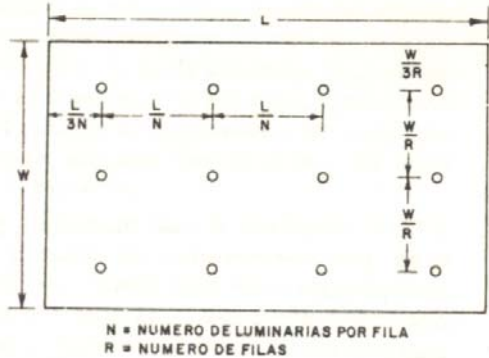
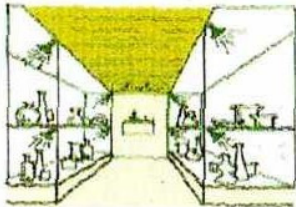


Figura IV.20 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS

**Alumbrado general localizado.**



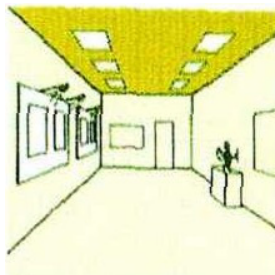
Este tipo de alumbrado consiste en colocar los equipos de alumbrado general en zonas especiales de trabajo donde se necesitan altas intensidades, bastando con la luz emitida por dichas luminarias para iluminar las áreas contiguas. Las luminarias del tipo directo y semi-directa son las que más se utilizan, por ser absolutamente necesario

disponer de una notable componente directa siempre que se trata de concentrar la mayor parte de luz sobre una zona restringida debajo de la luminaria.

Este método de colocar las luces puede utilizarse ventajosamente en la iluminación de los puntos de trabajo de las grandes máquinas, los mostradores comerciales y los bancos de trabajo de las fábricas.

#### Alumbrado suplementario.

El alumbrado suplementario proporciona una intensidad relativamente alta en puntos específicos de trabajo, mediante un equipo de alumbrado directo combinado con la iluminación general o localizada. Con frecuencia es necesario cuando se trata de tareas visuales especiales y cuando no se puede proporcionar mayor intensidad por ninguno de los otros métodos, como asimismo, cuando se requiere luz de calidad direccional para ciertas operaciones de inspección.



El equipo utilizado para esta finalidad varía en la curva de distribución según al área a cubrir, la distancia del equipo al punto de trabajo y el nivel luminoso requerido. Se debe tener siempre gran cuidado de mantener una relación razonable entre las intensidades del alumbrado general y del suplementario, ya que una excesiva relación de brillos entre el punto de trabajo y los alrededores crea unas condiciones desagradables para la visión.

#### IV.1.5. REQUISITOS PARA UNA BUENA ILUMINACIÓN

Tres factores fundamentales son los que hay que tomar en consideración para obtener una iluminación racional.

- 1) Nivel de iluminación respecto de las características y destino del local (actividad desarrollada).
- 2) Tipo de iluminación (directa, semi-directa, indirecta).
- 3) Tipo de lámpara (tomando en consideración la eficiencia luminosa y el rendimiento cromático) y tipo de luminaria que conviene adoptar en relación a las exigencias fotométricas, costo de la instalación, condiciones de funcionamiento y posibilidad de llevar a cabo un mantenimiento racional.

#### Nivel de iluminación.

Cuando se trata de una iluminación general se toma como referencia el nivel de iluminación en un plano horizontal situado a una altura de 0.80 a 0.90 metros sobre el suelo (altura de las mesas de trabajo).

La elección del nivel de Iluminación es fundamental para obtener una buena visión. En base de estudios y experiencias llevados a cabo, se han definido los niveles de iluminación aconsejables según los diversos ambientes

Al establecer los niveles de iluminación, debe tenerse en cuenta que el flujo luminoso emitido por las lámparas decrece con el tiempo, no sólo en función de su promedio da vida, sino también a causa del depósito de polvo y suciedad que tiene lugar sobre ellas. Lo mismo puede decirse de las luminarias (por ejemplo: pérdida de refulgencia o alteraciones del color de las superficies reflectantes, pérdida da transparencia de las pantallas, etc.).

Una buena iluminación permite reducir los accidentes de trabajo y facilita le concentración. Por ejemplo, al pasar de una iluminación de 90 a 500 lux, se puede aumentar la capacidad de atenuación en un 15% y la seguridad y velocidad en el cálculo en un 5 %.

Sin embargo no basta con establecer un buen nivel de iluminación de acuerdo con las exigencias del local, sino que también se debe tratar de obtener una buena distribución de la luz; esto depende de la relación entre

la altura en que se halla situado los centros luminosos y las distancias que los separan.

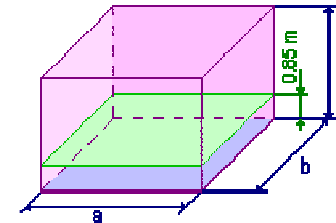
#### IV.1.6. CÁLCULO ELÉCTRICO

La *Illuminating Engineerin Society* y la industria del alumbrado especifican que los niveles mínimos de iluminación recomendados para los distintos cometidos visuales se aplican al sitio mismo de dichos cometidos.

##### Método de cálculo de los lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

- ❖ Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.



Donde:

- a = ancho
- b = longitud
- h = altura

- ❖ Determinar el nivel luminoso según SMII (Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación) y su nivel a calcular. Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas.

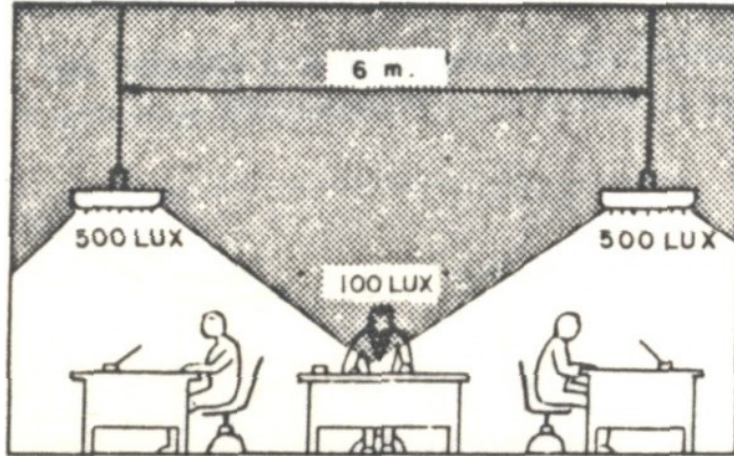


Figura IV.21 ERRONEA

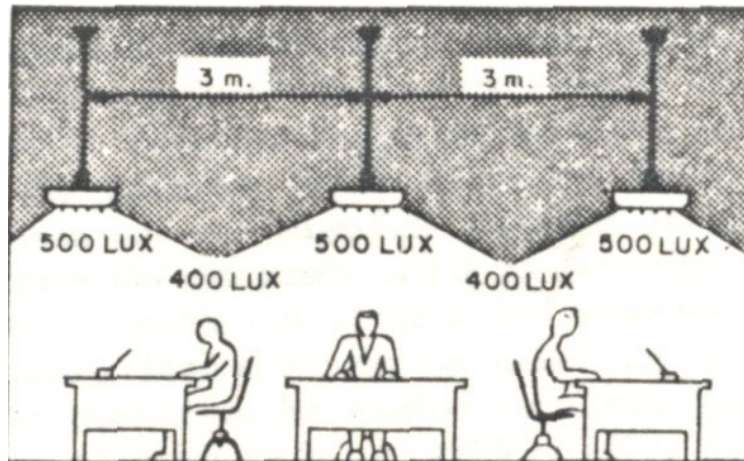


Figura IV.22 CORRECTA

En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000

<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Figura IV.23 TABLA DE ILUMINANCIAS RECOMENDADAS SEGÚN LA ACTIVIDAD Y EL TIPO DE LOCAL

En la tabla anterior tenemos un cuadro simplificado de los niveles de iluminancia en función del tipo de tareas a realizar en el local. Existen, no obstante, tablas más completas donde se detallan las iluminancias para todo tipo de actividades humanas.

- ❖ Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.

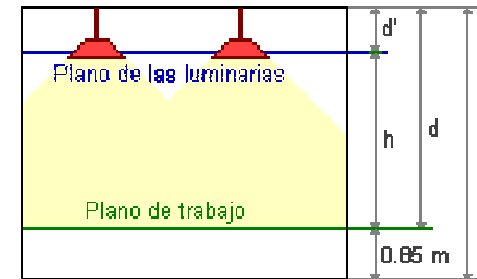
Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...).

Ambito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescente</li> <li>• Fluorescente</li> <li>• Halógenas de baja potencia</li> <li>• Fluorescentes compactas</li> </ul>
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescentes</li> <li>• Halógenas</li> <li>• Fluorescentes</li> <li>• Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los tipos</li> <li>• Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura (<math>&gt;6</math> m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes</li> </ul>
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor</li> </ul>

	de sodio a alta presión
--	-------------------------

Figura IV.24 TABLA DE TIPO DE LÁMPARA MAS UTILIZADAS SEGÚN EL ÁMBITO

- ❖ Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

d: altura del plano de trabajo al techo

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

	Alturas de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles.
Locales con iluminación directa, semi-directa y difusa	Mínimo: $h=2/3 * (h' - 0.85)$ Óptimo: $h= 4/5 * (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx 1/4 * (h' - 0.85)$ $h \approx 3/4 * (h' - 0.85)$

- ❖ Calcular la relación de cavidad local (RCL).

La relación de cavidad del local se obtiene con solo los datos de altura de la cavidad del local (hcl), largo del local (L) y ancho del local (A).

$$Rcl = \frac{5hcl(L + A)}{(L \times A)} = \frac{5 \times 6.35(160 + 49)}{(160 \times 49)} = 0.846$$

- ❖ Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo.

Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50

Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

Figura IV.25 TABLA DE COEFICIENTES DE REFLEXIÓN

- ❖ Determinar el factor de utilización (CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión.

El coeficiente de utilización del local es el término que define el comportamiento que tendrá una luminaria en un local dado y su valor estará íntimamente relacionado con el índice del local. También dependerá en gran medida del color y la textura de las paredes, sobre todo en locales pequeños.

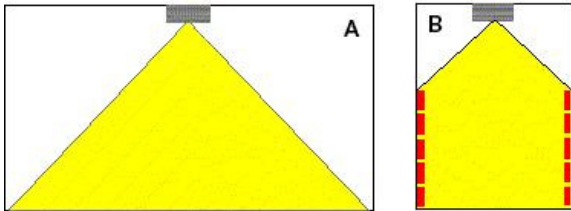


Figura IV.26 A) LOCAL GRANDE POCA ABSORCIÓN DE PAREDES, POR LO TANTO EL RENDIMIENTO DE LA LUMIARIA ES BUENO, Y EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN SERA ALTO. B) LOCAL PEQUEÑO GRAN ABSORCIÓN DE PAREDES, EL RENDIMIENTO DE LA LUMIARIA ES MENOR Y EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN SERA BAJO.



Los valores de coeficiente de utilización se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Tipo de aparato de alumbrado	RCL	Factor de utilización (γ)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura IV.26 EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

- ❖ Determinar el factor de mantenimiento (f<sub>m</sub>) o conservación de la instalación.

Las condiciones de conservación ó mantenimiento de la instalación de iluminación, configuran un factor de gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado y de hecho se incluye en la fórmula de cálculo para el número de luminarias.

Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación.

Las lámparas sufren pérdidas en el flujo luminoso emitido, ya sea por envejecimiento, acumulación de polvo sobre su superficie, efectos de la temperatura, etc.

De todos estos factores, algunos son controlables por sistemas de mantenimiento y otros no lo son. Los no controlables son; la temperatura ambiente, la variación de la tensión, el factor de balastro y la depreciación de la superficie de la luminaria. Los controlables son; la depreciación de las superficies del local por ensuciamiento, la depreciación por flujo luminoso de la lámpara, el reemplazo de las lámparas y la depreciación de la luminaria por ensuciamiento.

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento (f <sub>m</sub> )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Figura IV.26 TABLA DE FACTOR DE MANTENIMIENTO

- ❖ Cálculo del número de luminarias.

Para el cálculo del número de luminarias se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$No.de lum = \frac{nivel\ luminoso \times sup.\ del\ local}{No.lamp.\ / lumin \times lumenes\ / lamp.\ \times C.U.\ \times F.M.} = \frac{N}{D}$$

Para saber el nivel luminoso que darán las luminarias calculadas se utiliza la fórmula:

$$\text{Nivel luminoso} = \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \dots \text{ luxes}$$

- ❖ Cálculo de distribución de las luminarias.

Para el cálculo del área promedio de luminaria se utiliza la formula:

$$\frac{\text{área total}}{\text{No. de luminarios}} = \dots \text{ m}^2$$

- ❖ Cálculo del número aproximado de luminarias en cada hilera.

$$N_{a \text{ lo ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{Largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{a \text{ lo largo}} = N_{\text{ancho}} \times \frac{\text{largo}}{\text{ancho}}$$

Donde N = número de luminarias totales.

- ❖ Cálculo de la separación entre las luminarias a lo ancho.

$$\text{Separación a lo ancho} = \frac{\text{ancho del local}}{N_{\text{ancho}}}$$

- ❖ Separación de las luminarias entre las paredes a lo ancho.

$$\text{Separación entre las paredes a lo ancho} = \frac{\text{separación a lo ancho}}{N_{\text{ancho}}}$$

- ❖ Cálculo de la separación entre las luminarias a lo largo.

$$\text{Separación a lo largo} = \frac{\text{longitud del local}}{N_{a \text{ lo largo}}}$$

- ❖ Separación de las luminarias entre las paredes a lo largo.

$$\text{Separación entre las paredes a lo largo} = \frac{\text{separación a lo largo}}{N_{a \text{ lo largo}}}$$

#### IV.J. COSTE DEL ALUMBRADO

El coste total del alumbrado puede calcularse reuniendo todos los factores que intervienen en cualquier instalación, por ejemplo, costo neto de cada luminaria, coste neto adicional de los accesorios por luminaria, coste estimado de los conductores y de instalación por cada luminaria, coste inicial neto por cada lámpara etc.

El tener conocimiento de cómo totalizar el material que se va a emplear en una instalación eléctrica, es de capital importancia, ya que al tomar en cuanta más del necesario da como resultado un aumento en el presupuesto, por el contrario, si se cuenta menos de la cantidad real,

provoca invariablemente una disminución en las ganancias del que construye y en el peor de los casos pérdidas que van de acuerdo con la magnitud y calidad de obra y dependen directamente del error cometido en los totales de los materiales.

Para la cuenta de material de una instalación eléctrica debe tenerse en cuenta:

#### **Tuberías.**

- a) Altura de la losa (techo) con respecto al nivel del piso terminado.
- b) La altura de apagadores y contactos a partir del nivel del piso terminado, es de 1.2 a 1.35 metros y de 0.3 a 0.5 metros respectivamente, cuando están colocados en forma individual y de 1.2 a 1.32 metros para apagadores y contactos si se encuentran en la misma caja de conexión.
- c) Distancia de centro a centro entre cajas de conexión.
- d) Se toman medidas tramo por tramo (entre cada dos cajas de conexión) en metros siendo éstas, medidas parciales.
- e) A la suma total de todas las parciales se le agrega 15% para reponer lo que se pierde en pedacería y curvas no previstas, la suma total expresada en metros se divide entre 3 para calcular el número exacto de tubos o tramos de 3.05 metros.

El tomar medidas de tuberías entre cada dos cajas de conexión (tramo a tramo) nos facilita calcular en forma rápida el número de juegos de conectores o de contras y monitores si el total de lecturas parciales de tubería se multiplica por 2.

Cada tramo (tubo de 3.05 metros) trae un cople sin embargo, es aconsejable comprar un cople más por cada tramo.

#### **Conductores eléctricos.**

Los conductores eléctricos se van midiendo a la par de los metros de tubería, pues al ir midiendo ésta, se miden los metros de conductores con sólo observar el número y calibre de éstos, alojados en cada tramo.

Una vez que se tienen las sumas totales en metros de los conductores y para cada calibre, a dichas cantidades se les aumenta de 15 a 20% para reponer principalmente las puntas de conductor que se dejan en las cajas para poder hacer los amarres y conexiones necesarias, o bien a cada tramo de conductores se les agregan 50 cm. para puntas.

#### **Cajas de conexión.**

No todas las cajas de conexión son iguales en una instalación eléctrica y como para la formulación del presupuesto es necesario precisar, tipos, medidas y totales de cajas, para contarlas debe tomarse como base:

##### ❖ En muros.

- 1) Chalupas para cuando solamente llegue una tubería de 13 mm. de diámetro y en esta caja deban conectarse de 1 a 2 dispositivos intercambiables como apagadores, contactos, botones de timbre o una combinación de éstos.
- 2) Chalupas, cuando llegan como máximo dos tuberías de 13 mm de diámetro en diferentes dirección y solo deba ser conectado en dicha caja un dispositivo intercambiable.
- 3) Cuadradas de 19 mm. para cuando llegan tuberías de 13 y 19 mm. de diámetro.
- 4) Redondas de 13 mm. con tapa y cuadradas de 19 mm. con tapa, para arbotantes siempre y cuando se tengan tuberías de 13 o 19 mm. de diámetro.

##### ❖ En losas.

- 1) Redondas de 13 mm., con tapa para 1 a 3 tuberías de 13 mm., de diámetro siempre y cuando lleguen en diferentes dirección.
- 2) Cuadradas de 13 mm con tapa, para 1 a 3 tuberías de 13 mm. de diámetro, permiten hasta dos tuberías en una sola dirección.

- 3) Cuadradas de 19 mm. con tapa, para 3 tuberías de 13 mm. de diámetro, dos en la misma dirección e inclusive hasta 5 tuberías de diferentes diámetros (13 y 19 mm.).

Una vez que se tiene la cantidad correspondiente a la compra de material, inclusive el 5% de ésta para imprevistos que abarca desde la compra de alguna pieza o juego que se olvida anotar hasta la reposición de aquellas o aquellos que salen defectuosos, se suma lo correspondiente a la mano de obra.

**Apagadores.**

Se cuentan de uno en uno según se indiquen en el proyecto, sólo debe tenerse presente si son para interiores, a la intemperie, si son sencillos, de 3 o 4 vías etc.

**Contactos.**

Se cuentan uno por uno, separando los de muro, piso, intemperie, etc.

Para la formulación del presupuesto, es aconsejable enlistar los materiales en el orden en que se instalan en la obra.

CONCEPTO	UNIDAD	P/U	TOTAL
Tubo conduit pared delgada de 13 mm	31 TUBOS		
Coples para conduit pared delgada de 13 mm	39 PIEZAS		
Juegos de conectores de 13 mm.	56 JUEGOS		
Cajas de conexión tipo chalupa	14 PIEZAS		
conductor cobre suave THW calibre #12	2 ROLLOS		
Apagadores sencillos	1 PIEZA		
Interruptor de seguridad de 2x30A c/fusibles	1 PIEZA		
cintas de aislar negras	3 PIEZAS		
portalámparas	9 PIEZAS		



## ***CAPÍTULO V. EJECUCIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA DEL PROYECTO***

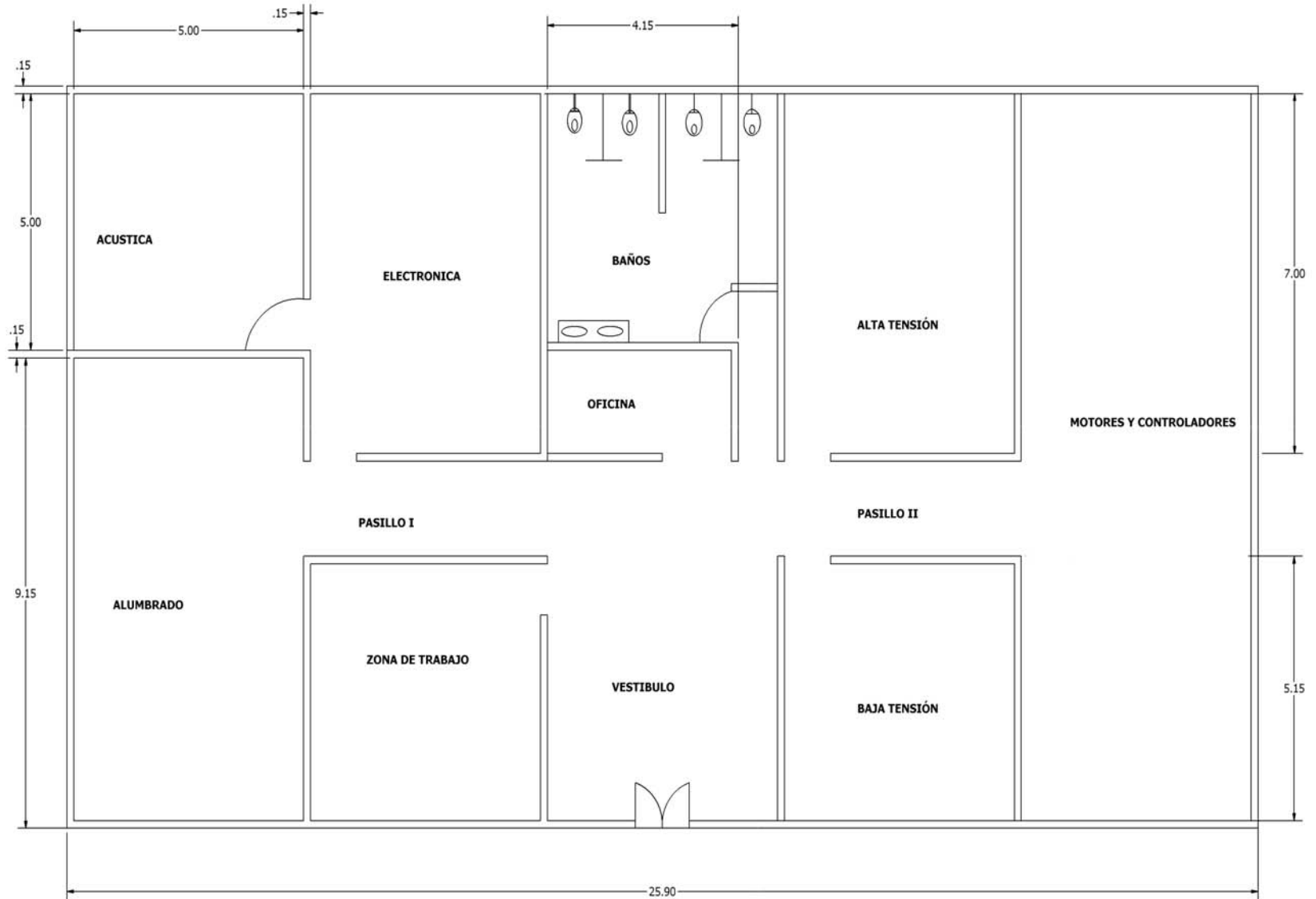
### ***V.A. GENERALIDADES***

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver entre muchas, una necesidad humana. De esta forma puede haber diferentes ideas, inversiones de diverso monto, tecnología y metodologías con diverso enfoque pero todas ellas destinadas a resolver las necesidades del ser humano en todas su faceta, como pueden ser: educación, alimentación, salud, ambiente y cultura.

Siempre se tiene una serie de productos o servicios proporcionados por el hombre mismo. Desde la ropa, los alimentos procesados que consumimos, hasta las computadoras que apoyan el trabajo del ser humano. Todos y cada uno de estos bienes y servicios, antes de venderse comercialmente, fueron evaluados desde varios puntos de vista, siempre que exista una necesidad humana de un bien o un servicio habrá necesidad de invertir. En la actualidad una inversión inteligente requiere una base que la justifique. Dicha base es un proyecto bien estructurado y evaluado que indique la pauta que debe seguirse, de ahí se deriva la necesidad de elaborar los proyectos.

Para tomar una decisión sobre un proyecto es necesario someterlo al análisis multidisciplinario de diferentes especialistas. Una decisión de este tipo no puede ser tomada por una sola persona con un enfoque limitado o ser analizada desde sólo un punto de vista. Aunque no se puede hablar de una metodología rígida que guíe la toma de decisiones sobre un proyecto, sí es posible afirmar que una decisión debe estar basada en el análisis de antecedentes de una metodología lógica que abarca todos los factores que participan y afecta al proyecto.

V.B. INSTALACIÓN A ILUMINAR



V.B.1. CÁLCULO DE LUMINARIAS

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES		
<b>Área o local:</b> zona de trabajo		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 700 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 5 x 5 = 25 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 25 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias: techo</b> 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)(5 + 5) / (5 x 5) = 3</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No. lamp.} / \text{lumin} \times \text{lumenes} / \text{lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		
$\text{No. de lumin} = \frac{700 \times 25}{2 \times 2950 \times 4.1 \times 0.8} = \frac{17500}{19352} = 0.904 \approx 1$		

DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 1 LUMINARIA, EL CUAL DARA UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :

$$\text{Nivel lum.} = \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{1 \times 19352}{25} = 774.08 \approx 700 \text{ luxes}$$

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES		
<b>Área o local:</b> Alumbrado		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> Distribución en tablas, máquinas calculadoras, lecturas de malas reproducciones y planos en CAD.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 1500 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 9 x 5 = 45 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 45 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias: techo</b> 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)(5 + 9) / (5 x 9) = 2.33</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.9</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No. lamp.} / \text{lumin} \times \text{lumenes} / \text{lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		

$\text{No. de lumin} = \frac{1500 \times 45}{2 \times 2950 \times 4.9 \times 0.8} = \frac{67500}{23128} = 2.918 \approx 3$
<p>DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 3 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :</p> <p><b>Nivel lum.</b></p> $= \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{3 \times 23128}{45} = 1541.86 \approx 1500 \text{ luxes}$

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES		
<b>Area o local:</b> Acústica		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> lecturas de buenas reproducciones; lecturas o transcripción de escritura, archivos de uso continuo.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 700 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 1	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 5 x 5 = 25 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 25 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias:</b> techo 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)(5 + 5) / (5 x 5) = 3</b>		

<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>
<b>No. de luminarias =</b>
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No. lamp. / lumin} \times \text{lumenes / lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$
$\text{No. de lumin.} = \frac{700 \times 25}{2 \times 2950 \times 4.1 \times 0.8} = \frac{17500}{19352} = 0.90 \approx 1$
<p>DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 1 LUMINARIA, EL CUAL DARA UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :</p> <p><b>Nivel lum.</b></p> $= \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{1 \times 19352}{25} = 774.08 \approx 700 \text{ luxes}$

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES	
<b>Area o local:</b> Electrónica	
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> Alambrado de circuitos electrónicos, mantenimiento de equipos.	
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 2000 luxes	
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO	
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.	
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes



<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 7 x 5 = 35 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 35 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias:</b> techo 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)( 7 + 5 ) / ( 7 x 5 ) = 2.5</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No.lamp. / lumin} \times \text{lumenes / lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		
$\text{No. de lumin} = \frac{2000 \times 35}{2 \times 2950 \times 4.1 \times 0.8} = \frac{70000}{19352} = 3.61 \approx 4$		
<p>DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 4 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :</p>		
<p><b>Nivel lum.</b></p> $= \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{4 \times 19352}{35} = 2211.65 \approx 2000 \text{ luxes}$		

<b>HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES</b>		
<b>Área o local:</b> Baja tensión		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> lecturas de buenas reproducciones, distribución en tablas, maquinas calculadoras.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 1500 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 5 x 5 = 25 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 25 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias:</b> techo 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)( 5 + 5 ) / ( 5 x 5 ) = 3</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No.lamp. / lumin} \times \text{lumenes / lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		
$\text{No. de lumin} = \frac{1500 \times 25}{2 \times 2950 \times 4.1 \times 0.8} = \frac{37500}{19352} = 1.93 \approx 2$		

DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 2 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :

**Nivel lum.**

$$= \frac{No. \text{ lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{2 \times 19352}{25} = 1548 \approx 1500 \text{ luxes}$$

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES		
<b>Area o local:</b> Alta tensión		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> lecturas de buenas reproducciones, distribución en tablas, maquinas calculadoras.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 1500 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 7 x 5 = 35 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 35 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias:</b> techo 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)(7 + 5) / (7 x 5) = 2.5</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		

**No. de luminarias =**

$$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{No. \text{ lamp.} / \text{lumin} \times \text{lumenes} / \text{lamp.} \times C.U. \times F.M.} = \frac{N}{D}$$

$$\text{No. de lumin} = \frac{1500 \times 35}{2 \times 2950 \times 4.1 \times 0.8} = \frac{52500}{19352} = 2.71 \approx 3$$

DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 3 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :

$$\text{Nivel lum.} = \frac{No. \text{ lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{3 \times 19352}{35} = 1658 \approx 1500 \text{ luxes}$$

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES		
<b>Area o local:</b> Motores y Controladores		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> lecturas de buenas reproducciones, distribución en tablas, maquinas calculadoras.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 1500 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 2950 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área=Longitudxancho=14.15x5=70.75 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 70.75m <sup>2</sup>	

<b>Reflectancias: techo 50%   Paredes 30%   Piso 10%</b>
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>
<b>RCL = 5 (1.5)( 14 + 5 ) / ( 14 x 5 ) = 2.03</b>
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>
<b>No. de luminarias =</b>
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No.lamp. / lumin} \times \text{lumenes / lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$
$\text{No. de lumin} = \frac{1500 \times 70.75}{2 \times 2950 \times 4.1 \times 0.8} = \frac{105000}{19352} = 5.48 \approx 6$
DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 6 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :
$\text{Nivel lum.} = \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{6 \times 19352}{70} = 1658 \approx 1500 \text{ luxes}$

<b>HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES</b>		
<b>Área o local:</b> Oficina		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> lecturas de buenas reproducciones; lecturas o transcripción de escritura, archivos de uso continuo.		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 700 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 640 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 4 x 2 = 8 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 8 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias: techo 50%</b>	<b>Paredes 30%</b>	<b>Piso 10%</b>
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)( 4 + 2 ) / ( 4 x 2 ) = 5.6</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 2.6</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No.lamp. / lumin} \times \text{lumenes / lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		
$\text{No. de lumin.} = \frac{640 \times 8}{2 \times 2950 \times 2.6 \times 0.8} = \frac{5600}{2662.4} = 2.10 \approx 2$		

DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 3 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :

$$\text{Nivel lum.} = \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{2 \times 2662.4}{8} = 665.6 \approx 700 \text{ luxes}$$

**HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES**

<b>Área o local:</b> pasillo I y II		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b> transporte		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 230 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F4T5/CW		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 1800 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitud x ancho = 5.15 x 1.85 = 9.5275 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 9.5275m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias: techo</b> 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)( 15.6 + 1.85 ) / ( 15.6 x 1.85 ) = 4.5</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 3</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No. lamp. / lumin} \times \text{lumenes / lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		

$$\text{No. de lumin.} = \frac{200 \times 9.5275}{2 \times 230 \times 3 \times 0.8} = \frac{1905.5}{1104} = 1.72 \approx 2$$

DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 3 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :

$$\text{Nivel lum.} = \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{2 \times 1104}{9.5275} = 231 \approx 230 \text{ luxes}$$

**HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES**

<b>Área o local:</b> Vestíbulo		
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b>		
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 300 luxes		
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO		
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminaria emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.		
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 1	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 555 lúmenes	
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitudxancho= 7 x 5 = 35 m <sup>2</sup>		
<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin.</b> 1.5 m.	<b>Local</b> 2.2 m.
<b>Plano de trabajo:</b> 0.8 m.	<b>Superficie del área o local</b> 8 m <sup>2</sup>	
<b>Reflectancias: techo</b> 50%	<b>Paredes</b> 30%	<b>Piso</b> 10%
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)( 7 + 5 ) / ( 7 x 5 ) = 2.57</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.9</b>		

<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>
<b>No. de luminarias =</b>
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No.lamp.} / \text{lumin} \times \text{lumenes} / \text{lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$
$\text{No. de lumin.} = \frac{300 \times 35}{2 \times 555 \times 4.9 \times 0.8} = \frac{10500}{4351.2} = 2.41 \approx 3$
DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 3 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :
$\text{Nivel lum.} = \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{3 \times 4351.2}{35} = 372.9 \approx 300 \text{ luxes}$

<b>HOJA DE CALCULO DE ILUMINACIÓN / METODO DE LOS LUMENES</b>	
<b>Area o local:</b> Baños	
<b>Trabajos y actividades que se desarrollan:</b>	
<b>Nivel Luminoso según SMII:</b> 200 luxes	
<b>Tipo de Alumbrado:</b> Fluorescente F34T12/ADV850/EW/ALTO	
<b>Tipo de Luminaria:</b> Luminario emp. 2 lamp. T-12, 34 watts.	
<b>No. de lamp. por luminaria:</b> 2	<b>Flujo luminoso por lamp.</b> 260 lúmenes
<b>Dimensiones del local:</b> Área = Longitudxancho= 2.5 x 5 = 12.5 m <sup>2</sup>	

<b>Alturas</b>	<b>Montaje lumin. 1.5 m.</b>	<b>Local 2.2 m.</b>
<b>Plano de trabajo: 0.8 m.</b>	<b>Superficie del área o local 8 m<sup>2</sup></b>	
<b>Reflectancias: techo 50%</b>	<b>Paredes 30%</b>	<b>Piso 10%</b>
<b>Relación de cavidad local = 5 Hmon. (Long + ancho)/(long x ancho)</b>		
<b>RCL = 5 (1.5)( 2.5 + 5 ) / ( 2.5 x 5 ) = 1.12</b>		
<b>Coefficiente de utilización (C.U.) = 4.1</b>		
<b>Factor de mantenimiento (F.M.) = 0.8</b>		
<b>No. de luminarias =</b>		
$\frac{\text{nivel luminoso} \times \text{sup. del local}}{\text{No.lamp.} / \text{lumin} \times \text{lumenes} / \text{lamp.} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} = \frac{N}{D}$		
$\text{No. de lumin.} = \frac{200 \times 35}{2 \times 260 \times 4.1 \times 0.8} \cdot 12.5 = \frac{2500}{1705.6} = 1.46 \approx 2$		
DE ACUERDO CON GEOMETRIA Y CONDICIONES DEL LOCAL SE SELECCIONA EL ARREGLO EN PLANOS CON UN TOTAL DE 3 LUMINARIAS, LOS CUALES DARAN UN NIVEL LUMINOSO A VIDA MEDIA DE LAS LAMPARAS DE :		
<b>Nivel</b>	<b>lum.</b>	
$= \frac{\text{No. lumin} \times D}{\text{sup. del local}} = \frac{2 \times 1705.6}{12.5} = 272.89 \approx 200 \text{ luxes}$		

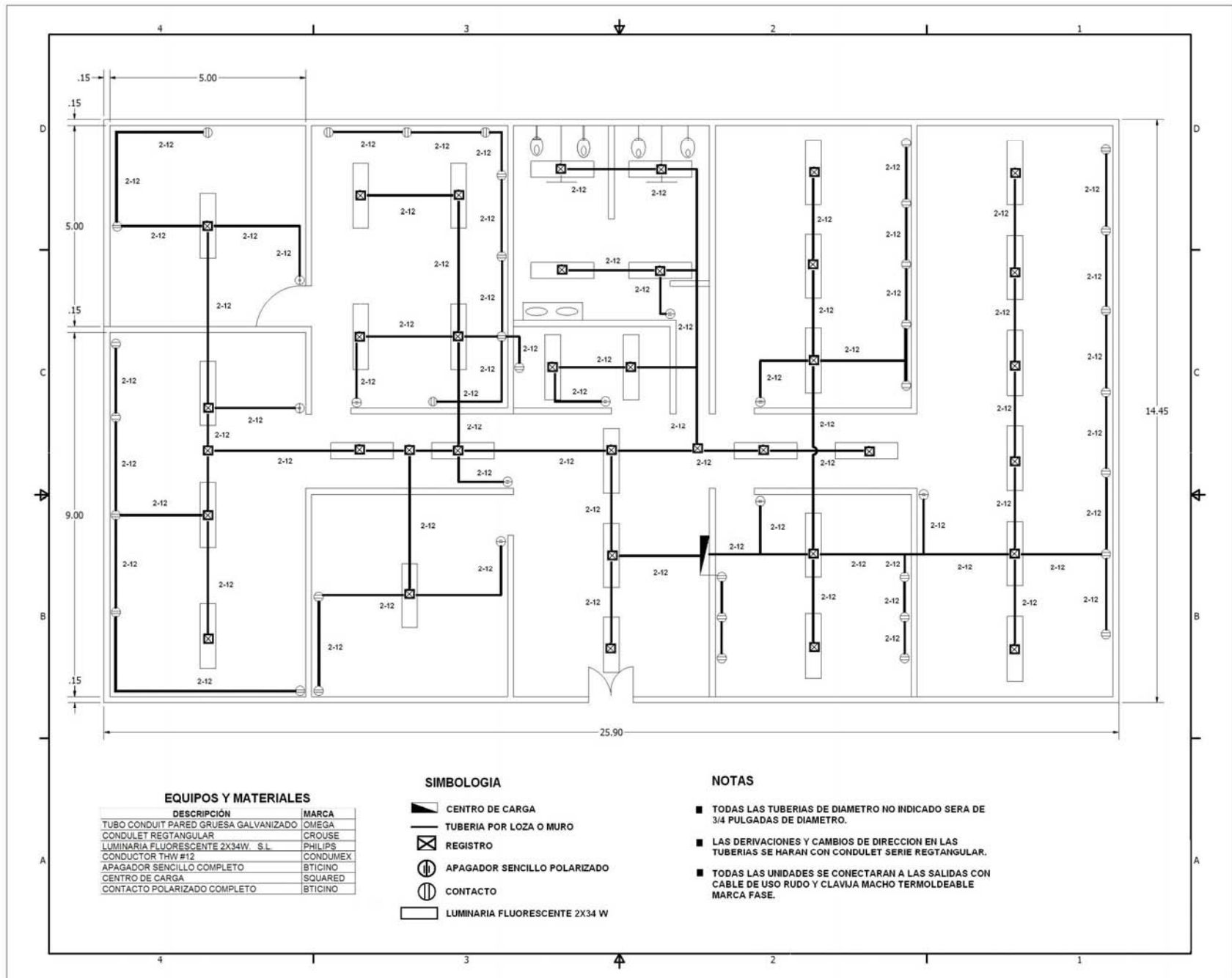
**V.B.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS**

<b>Zona de trabajo</b>	
Numero de luminarias	1
Área promedio de iluminación	25 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación de las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	2.5
<b>Alumbrado</b>	
Numero de luminarias	3
Área promedio de iluminación	15 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación de las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	3
Separación (m)	3
Separación entre las paredes (m)	1.5
<b>Acústica</b>	
Numero de luminarias	1
Área promedio de iluminación	25 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación de las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	2.5
<b>Electrónica</b>	
No. de luminarias	4
Área promedio de iluminación	8.75 m <sup>2</sup>

Ancho	
No. de luminarias	2
Separación (m)	2.5
Separación entre las paredes (m)	1.25
Largo	
No. de luminarias	2
Separación (m)	3.5
Separación entre las paredes (m)	1.75
<b>Baja Tensión</b>	
No. de luminarias	2
Área promedio de iluminación	12.5 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	2
Separación (m)	2.5
Separación entre las paredes (m)	1.25
<b>Alta tensión</b>	
No. de luminarias	3
Área promedio de iluminación	11.66 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	3
Separación (m)	2.33
Separación entre las paredes (m)	1.165
<b>Motores y controladores</b>	
No. de luminarias	6
Área promedio de iluminación	11.66 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1

Separación entre las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	6
Separación (m)	2.3583
Separación entre las paredes (m)	1.179
<b>Oficina</b>	
Numero de luminarias	2
Área promedio de iluminación	4 m <sup>2</sup>
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación de las paredes (m)	1
Largo	
No. de luminarias	2
Separación (m)	2
Separación entre las paredes (m)	2
<b>Vestíbulo</b>	
No. de luminarias	3
Área promedio de iluminación	11.66
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	2.5
Largo	
No. de luminarias	3
Separación (m)	2.33
Separación entre las paredes (m)	1.165
<b>Baños</b>	
No. de luminarias	2
Área promedio de iluminación	6.25
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	1.25
Largo	
No. de luminarias	2

Separación (m)	2.5
Separación entre las paredes (m)	1.25
<b>Pasillo</b>	
No. de luminarias	2
Área promedio de iluminación	6.25
Ancho	
No. de luminarias	1
Separación entre las paredes (m)	0.925
Largo	
No. de luminarias	2
Separación (m)	2.575
Separación entre las paredes (m)	1.2875



**EQUIPOS Y MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	MARCA
TUBO CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADO	OMEGA
CONDULET RECTANGULAR	CROUSE
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X34W. S.L.	PHILIPS
CONDUCTOR THW #12	CONDUMEX
APAGADOR SENCILLO COMPLETO	BTICINO
CENTRO DE CARGA	SQUARED
CONTACTO POLARIZADO COMPLETO	BTICINO

**SIMBOLOGIA**

- CENTRO DE CARGA
- TUBERIA POR LOZA O MURO
- REGISTRO
- APAGADOR SENCILLO POLARIZADO
- CONTACTO
- LUMINARIA FLUORESCENTE 2X34 W

**NOTAS**

- TODAS LAS TUBERIAS DE DIAMETRO NO INDICADO SERA DE 3/4 PULGADAS DE DIAMETRO.
- LAS DERIVACIONES Y CAMBIOS DE DIRECCION EN LAS TUBERIAS SE HARAN CON CONDULET SERIE RECTANGULAR.
- TODAS LAS UNIDADES SE CONECTARAN A LAS SALIDAS CON CABLE DE USO RUDO Y CLAVIJA MACHO TERMOLDEABLE MARCA FASE.



<b>ZONA</b>	<b>AREA EN M<sup>2</sup></b>	<b>LUMINARIAS EN LA ZONA</b>	<b>TIPO DE LAMPARA UTILIZADA</b>	<b>INTENSIDAD DE ILUMINACION EN LA ZONA</b>
Zona de trabajo	25	1	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	774.08 luxes
Alumbrado	45	3	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	1541.86 luxes
Acústica	25	1	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	774.08 luxes
Electrónica	35	4	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	2211.65 luxes
Baja tensión	25	2	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	1548 luxes
Alta tensión	35	3	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	1658 luxes
Motores y controladores	70.75	6	F34T12/ADV850/EW 2950 lúmenes	1658 luxes
Oficina	8	2	F34T12/ADV850/EW 640 lúmenes	665.6 luxes
Pasillo I	9.527	2	F4T5/CW 1800 lúmenes	231 luxes
Pasillo II	9.527	2	F4T5/CW 1800 lúmenes	231 luxes
Vestíbulo	35	3	F34T12/ADV850/EW 555 lúmenes	372.9 luxes
Baños	25	4	F34T12/ADV850/EW 260 lúmenes	545.78 luxes
Área total del lote	374.255			

**V.C. PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

Para esta parte del trabajo se indica las secciones que debe llevarse a cabo para la ejecución de la instalación eléctrica.

No.	Actividad	Semana																Total de días	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	Instalación de zona de trabajo	■	■																
2	Instalación de alumbrado	■	■	■															
3	Instalación de acústica				■	■	■												
4	Instalación de electrónica					■	■	■	■										
5	Instalación del pasillo I							■											
6	Instalación de los baños								■	■									
7	Instalación de oficina									■									
8	Instalación de vestíbulo										■								
9	Instalación de Baja Tensión											■							
10	Instalación de pasillo II												■						
11	Instalación de alta Tensión													■	■				
12	Instalación de Motores y controladores															■	■	■	
13	Prueba de instalación																■	■	■

**V.C.1. RELACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS MATERIALES**

No.	Descripción material	U.M	P.U
1	Gabinete abierto T-12, c/2 luminarias	pieza	\$250
2	Centro de carga con 6/salidas	pieza	\$350
3	Tubo conduit de ¾ Ø	tramo (3.05 m.)	\$108
4	Tirantes por luminaria	pieza	\$50
5	Pastilla termomagnetica 30 amp.	pieza	\$100
6	Tubo fluorescente	pieza	\$30
7	Apagador sencillo completo	pieza	\$35
8	Contacto polarizado completo	pieza	\$40
9	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	\$10
10	Cable THW calibre #12	rollo (100 metros)	\$700
11	cople	pieza	\$20
12	codo	pieza	\$15
13	registro	pieza	\$30

**V.C.2. PERSONAL TÉCNICO**

El personal que intervendrá en la instalación eléctrica va a estar conformado de la siguiente manera: Cuya relación de valores va hacer la siguiente:

- ❖ Primer grupo:
  - 1 Supervisor.
  - 2 Ayudantes generales.
  - 1 Electricista.
  
- ❖ Segundo grupo:
  - 1 Supervisor.
  - 1 Electricista.
  - 2 Ayudantes generales.

<b>MANO DE OBRA</b>			
No.	Descripción	U.M	Salario
1	Supervisor	jornada	\$500
2	Ayudante general	jornada	\$50
3	Electricista	jornada	\$175

<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>			
No.	Descripción	U.M	P.U
1	Rotomartillo	hora	\$20
2	Multímetro	hora	\$20

**V.C.3. COTIZACIÓN DEL MATERIAL**

<b>NO.</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U.</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	MATERIAL				
	Centro de carga	pieza	1	\$350	\$350
	Pastilla Termomagnetica de 30 A.	pieza	6	\$100	\$600
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo (3.05 m.)	72	\$108	\$7,776
	15% adicional de tubo conduit	tramo (3.05 m.)	11	\$108	\$1,188
	Coples para conduit pared gruesa	pieza	72	\$20	\$1,440
	Coples adicionales por c/5 tramos	pieza	14	\$20	\$280
	Codos	pieza	18	\$15	\$270
	Cajas de conexión tipo chalupa	pieza	45	\$10	\$450
	Apagador sencillo completo	pieza	10	\$35	\$350
	Contacto polarizado completo	pieza	35	\$40	\$1,400
	Conductor cable THW #12	rollo (100 m.)	3	\$700	\$2,100
	Gabinete abierto T-12, c/2 luminarias	pieza	33	\$250	\$8,250
	Registros	pieza	36	\$30	\$1,080
	Tubo fluorescente	pieza	66	\$30	\$1,980
	Tirantes por luminaria	pieza	33	\$50	\$1,650
	total				\$29,714

**V.D. EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

La primer cuadrilla esta conformada por:

- 1 Supervisor.
- 1 Electricista.
- 2 Ayudantes generales.

La segunda cuadrilla esta conformada por:

- 1 Supervisor.
- 1 Electricista.
- 2 Ayudantes generales.

	SEMANA															
CUADRILLA	1				2				3				4			
No.1	■	■	■	■	■	■	■	■								
No.2					■	■	■	■	■	■	■	■				
No.1											■	■	■	■	■	■
No.2													■	■	■	■

**V.E. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO**

No.	CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1					
	Centro de carga	pieza	1	\$350	\$350
	Pastilla Termomagnetica de 30 A.	pieza	6	\$100	\$600
2	<b>VESTIBULO</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	6	\$30	\$180
	Tirantes por luminaria	pieza	3	\$50	\$150
	Registro	pieza	3	\$30	\$90
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	3	\$108	\$324
	Coples para conduit pared gruesa	pieza	3	\$20.00	\$60
	Codo	pieza	1	\$15	\$15
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	3	\$250	\$750
3	<b>PASILLO I</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	4	\$30	\$120
	Tirantes por luminaria	pieza	2	\$50	\$100
	Registro	pieza	3	\$30	\$90
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	4	\$108	\$432
	Coples para conduit pared gruesa	pieza	4	\$20.00	\$80
	Codo	pieza	1	\$15	\$15
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	2	\$250	\$500
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	1	\$10	\$10
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35

No.	CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>4</b>	<b>ALUMBRADO</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	6	\$30	\$180
	Tirantes por luminaria	pieza	3	\$50	\$150
	Registro	pieza	4	\$30	\$120
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	9	\$108	\$972
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	9	\$20.00	\$180
	Codo	pieza	2	\$15	\$30
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	3	\$250	\$750
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	6	\$10	\$60
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	5	\$40	\$200
<b>5</b>	<b>ACÚSTICA</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	2	\$30	\$60
	Tirantes por luminaria	pieza	1	\$50	\$50
	Registro	pieza	1	\$30	\$30
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	6	\$108	\$648
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	6	\$20.00	\$120
	Codo	pieza	2	\$15	\$30
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	1	\$250	\$250
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	3	\$10	\$30
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	2	\$40	\$80
<b>6</b>	<b>ELECTRÓNICA</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	8	\$30	\$240
	Tirantes por luminaria	pieza	4	\$50	\$200
	Registro	pieza	4	\$30	\$120
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	10	\$108	\$1,080
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	10	\$20.00	\$200
	Codo	pieza	2	\$15	\$30

No.	CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	4	\$250	\$1,000
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	8	\$10	\$80
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	7	\$40	\$280
7	<b>OFICINA</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	4	\$30	\$120
	Tirantes por luminaria	pieza	2	\$50	\$100
	Registro	pieza	2	\$30	\$60
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	2	\$108	\$216
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	2	\$20.00	\$40
	Codo	pieza	1	\$15	\$15
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	2	\$250	\$500
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	2	\$10	\$20
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	1	\$40	\$40
8	<b>BAÑOS</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	8	\$30	\$240
	Tirantes por luminaria	pieza	4	\$50	\$200
	Registro	pieza	4	\$30	\$120
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	6	\$108	\$648
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	6	\$20.00	\$120
	Codo	pieza	1	\$15	\$15
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	4	\$250	\$1,000
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	1	\$10	\$10
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
9	<b>PASILLO II</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	4	\$30	\$120
	Tirantes por luminaria	pieza	2	\$50	\$100
	Registro	pieza	3	\$30	\$90
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	2	\$108	\$216



No.	CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Coples para conduit pared gruesa	pieza	2	\$20.00	\$40
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	2	\$250	\$500
10	<b>BAJA TENSIÓN</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	4	\$30	\$120
	Tirantes por luminaria	pieza	2	\$50	\$100
	Registro	pieza	2	\$30	\$60
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	9	\$108	\$972
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	9	\$20.00	\$180
	Codo	pieza	2	\$15	\$30
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	2	\$250	\$500
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	7	\$10	\$70
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	6	\$40	\$240
11	<b>ALTA TENSIÓN</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	6	\$30	\$180
	Tirantes por luminaria	pieza	3	\$50	\$150
	Registro	pieza	3	\$30	\$90
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	5	\$108	\$540
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	5	\$20.00	\$100
	Codo	pieza	2	\$15	\$30
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	3	\$250	\$750
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	6	\$10	\$60
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	5	\$40	\$200
12	<b>MOTORES Y CONTROLADORES</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	12	\$30	\$360
	Tirantes por luminaria	pieza	6	\$50	\$300
	Registro	pieza	6	\$30	\$180
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo.	11	\$108	\$1,188

No.	CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tramo	11	\$108	\$1,188
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	11	\$20.00	\$220
	Codo	pieza	2	\$15	\$30
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	6	\$250	\$1,500
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	8	\$10	\$80
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	7	\$40	\$280
13	<b>ZONA DE TRABAJO</b>				
	Tubo fluorescente	pieza	2	\$30	\$60
	Tirantes por luminaria	pieza	1	\$50	\$50
	Registro	pieza	1	\$30	\$30
	Tubo conduit de 3/4 diámetro	tubos	5	\$108	\$540
	Cople para conduit pared gruesa	pieza	5	\$20.00	\$100
	Codo	pieza	2	\$15	\$30
	Gabinete abierto T-12, c/2 lum.	pieza	1	\$250	\$250
	Caja de conexión tipo chalupa	pieza	3	\$10	\$30
	Apagador sencillo completo	pieza	1	\$35	\$35
	Contacto polarizado completo	pieza	2	\$40	\$80
14	15 % de tubo conduit adicional	tramo.	11	\$108	\$1,188
15	Conductor cable THW #12	rollo.	3	\$700	\$2,100
17	Coples adicionales por c/5 tramos	pieza	14	\$20	\$280
18	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Supervisor 1	jornada	20	\$500	\$10,000
	Supervisor 2	jornada	20	\$500	\$10,000
	Electricista 1	jornada	20	\$175	\$3,500
	Electricista 2	jornada	20	\$175	\$3,500
	Ayudante general 1	jornada	20	\$50	\$1,000
	Ayudante general 2	jornada	20	\$50	\$1,000
	Ayudante general 3	jornada	20	\$50	\$1,000
	Ayudante general 4	jornada	20	\$50	\$1,000

No.	CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Instalación del centro de carga	lote	1	\$100	\$100
19	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				
	Rotomartillo	hora	10	\$20	\$200
	Multímetro	hora	10	\$20	\$200
	<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>SUMA</b>	\$57,876
	<b>COSTO INDIRECTO</b>		16.55%		\$9,578.48
				<b>SUMA</b>	\$67,454
	<b>FINANCIAMIENTO</b>		1.25%		\$8,431.75
				<b>SUMA</b>	\$75,886
	<b>UTILIDAD</b>		8.34%		\$7,143.91
				<b>SUMA TOTAL</b>	\$83,030

Esta instalación eléctrica tiene un costo total de \$83,030 (OCHENTA Y TRES MIL TREINTA PESOS 00/100 M.N.) MÁS IVA



## **CONCLUSIONES**

La ingeniería es la aplicación de las ciencias Físico-Matemático a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial para aprovechar los recursos de la naturaleza.

El ingeniero planea, organiza, produce, controla, opera y mantiene sistemas mecánicos, electromecánicos, así como sistemas integrados por hombres y máquinas.

En el campo de los sistemas eléctricos y electrónicos, el ingeniero interviene en la planeación, diseño y operación de sistemas eléctricos de potencia, así como en el diseño de instalaciones y de máquinas eléctricas.

Actualmente el ingeniero debe auxiliarse de la planeación, para ayudar a optimizar los recursos como es: mano de obra, material, equipo y herramienta; para la planificación de los proyectos que tienden a resolver una necesidad.

En ingeniería se dice que un proyecto es el conjunto de cálculos, especificaciones y dibujos que sirven para construir un aparato o un sistema. Esta es una definición igualmente válida. Sin embargo el concepto de ingeniería de proyectos debe ser más amplio y debe igualmente describir la esencia misma de esta actividad.

Por lo que un proyecto es una actividad cíclica y única para tomar decisiones, conjuntando el conocimiento de la ingeniería, la habilidad matemática y la experimentación, se conjugan para poder transformar los recursos naturales en sistemas y mecanismos que satisfagan la necesidad humana.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

- 1.- KRICK, JAMES M.  
INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO EN LA INGENIERIA.
- 2.- CORZO, MIGUEL ANGEL.  
INTRODUCCIÓN EN INGENIERIA DE PROYECTOS.  
Limusa
- 3.- ENRIQUE LOPEZ  
INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EL HOGAR Y LA INDUSTRIA
- 4.- ING. BECERRIL L. GIEGO ONESIMO  
INSTALACIONES ELECTRICAS PRÁCTICAS
- 5.- WHESTINGHOUSE  
MANUAL DE ILUMINACIÓN
- 6.- HÉCTOR PÉREZ MONTIEL  
FISICA GENERAL  
Publicaciones Cultural