



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELÉCTRICO ANTI-EXPLOSIVO (ILUMINACIÓN Y FUERZA) DEL ÁREA DE
ACABADOS DE UNA FÁBRICA DE MUEBLES DE MADERA**

**David Arturo Cortez Hernández
Asesorado por Inga. Ladishbá Lizbeth Velásquez Valdez**

Guatemala, febrero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELÉCTRICO ANTI-EXPLOSIVO (ILUMINACIÓN Y FUERZA) DEL ÁREA DE
ACABADOS DE UNA FÁBRICA DE MUEBLES DE MADERA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DAVID ARTURO CORTEZ HERNÁNDEZ

ASESORADO POR INGA. LADISHBA LIZBETH VELÁSQUEZ VALDEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA
ELECTRICO ANTI-EXPLOSIVO (ILUMINACIÓN Y FUERZA) DEL AREA DE
ACABADOS DE UNA FABRICA DE MUEBLES DE MADERA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial con fecha de marzo de 2003

David Arturo Cortez Hernández

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| VOCAL I | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL II | Lic. Amahán Sánchez Alvarez |
| VOCAL III | Ing. Julio David Galicia Celada |
| VOCAL IV | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz |
| VOCAL V | Br. Elisa Yazmina Vides Leiva |
| SECRETARIO | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|----------------------------------|
| DECANO | Ing. Julio Gonzalez Pudszueck |
| EXAMINADOR | Ing. Oscar Castro |
| EXAMINADOR | Ing. Juan C. Méndez |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos E. Flores |
| SECRETARIO | Ing. Francisco J. Gonzalez López |

ACTO QUE DEDICO A

| | |
|--------------|--|
| DIOS | Cúmulo de sabiduría, bondad, misericordia y amor |
| MIS PADRES | DAVID ARTURO CORTEZ DUARTE AIDA HERNÁNDEZ PALMA Por su apoyo, consejos y ayuda. Dios los bendiga |
| MI ESPOSA | ODILIA PATRICIA SENCIÓN MORALES DE CORTEZ, por su amor y motivación incondicional |
| MIS HIJOS | KEVIN DAVID ARTURO Y BELÉN ANALY Fuente de motivación, amor y ternura |
| MIS HERMANOS | MARÍA FILOMENA ROSA MATILDE JOSE GUILLERMO Dios los bendiga |
| MI FAMILIA | Dios los bendiga a todos |
| MI ABUELO | JOSÉ MIGUEL CORTEZ MORALES (Q.E.P.D.) |
| MI SUEGRA | GILBERTA MORALES MENCOS Por su apoyo y haberme acogido en su familia |
| MIS CUÑADAS | YOLANDA Y ANA |
| MIS SOBRINAS | PENIEL THAMARA Y MENALY MARBET |
| MIS AMIGOS | LYDIA OROZCO, LADISHBÁ VELÁSQUEZ, LUZ ELENA FIGUEROA, MANUEL ESPINA, ESTUARDO AZURDIA, CAROLINA DIAZ, MARIO ORELLANA, OSBERTO GIRON, DANILO MONTERROSO, WERNER PORTILLO, OTTO FIGUEROA |

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VIII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XI |
| GLOSARIO | XII |
| RESUMEN | XIV |
| OBJETIVOS | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |

1. GENERALIDADES

| | |
|--|----|
| 1.1 Maderas Milpas Altas, S. A. | 1 |
| 1.1.1 Historia | 1 |
| 1.1.1.1 Visión y misión | 3 |
| 1.1.2 Descripción de las áreas | 3 |
| 1.1.2.1 Área administrativa | 3 |
| 1.1.2.2 Área materia prima | 4 |
| 1.1.2.3 Área de producción | 5 |
| 1.1.2.4 Área de recursos humanos | 6 |
| 1.1.2.5 Área de mantenimiento | 6 |
| 1.1.2.6 Plano de distribución de la fábrica | 7 |
| 1.2 Electricidad (Conceptos básicos) | 8 |
| 1.2.1 Fundamentos de la energía eléctrica | 8 |
| 1.2.2 Intensidad (corriente eléctrica) o consumo | 9 |
| 1.2.3 Tensión o voltaje | 9 |
| 1.2.4 Resistencia o carga eléctrica | 9 |
| 1.2.5 Potencia | 10 |
| 1.2.5.1 Potencia real | 10 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 1.2.5.2 | Potencia aparente | 10 |
| 1.2.5.3 | Potencia reactiva | 11 |
| 1.2.6 | Iluminación | 11 |
| 1.2.6.1 | Unidades de medición | 12 |
| 1.2.6.2 | Tipos de iluminación | 12 |
| 1.2.7 | Instalaciones eléctricas | 13 |
| 1.2.7.1 | Tipos instalaciones eléctricas | 13 |
| 1.2.7.1.1 | Definición eléctrica de área peligrosa | 15 |
| 1.2.7.1.1.1 | Clases y grupos | 15 |
| 1.2.7.1.2 | Sistema eléctrico anti-explosivo | 16 |
| 1.2.7.1.2.1 | Concepto | 16 |
| 1.2.7.1.2.2 | Características del equipo | 17 |
| 1.2.7.2 | Componentes de la instalación | 17 |
| 1.2.7.2.1 | Distribución y protección | 17 |
| 1.2.7.2.2 | Polarización o puestas a tierra | 18 |
| 1.2.7.2.3 | Pararrayos | 18 |
| 1.2.7.3 | Tipos de servicios | 19 |
| 1.2.8 | Luminarias | 19 |
| 1.2.8.1 | Tipos de luminarias | 20 |
| 1.2.8.1.1 | Lámparas incandescentes | 20 |
| 1.2.8.1.2 | Lámparas fluorescentes | 21 |
| 1.2.8.1.3 | Lámparas de alta intensidad de descarga | 22 |
| 1.2.8.1.4 | Lámparas de vapor de mercurio | 22 |
| 1.2.8.1.4 | Lámparas de haluro metálico (multivapor) | 23 |
| 1.2.8.1.5 | Lámparas de vapor de sodio de alta presión | 23 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.5.2.1 | Enfermedades | 44 |
| 2.5.2.2 | Accidentes | 45 |
| 2.5.3 | Sistemas de protección | 45 |
| 2.5.3.1 | Sistema de protección contra incendio | 46 |
| 2.5.3.1.1 | Red de hidrantes | 48 |
| 2.5.3.1.2 | Extintores | 49 |
| 2.5.3.1.3 | Brigadas de bomberos industriales | 50 |
| 2.5.3.2 | Protección personal | 50 |
| 2.5.3.2.1 | Protección auditiva | 53 |
| 2.5.3.2.2 | Protección visual | 53 |
| 2.5.3.2.3 | Protección respiratoria | 54 |
| 2.5.3.2.4 | Protección corporal | 55 |
| | | |
| 3. | SISTEMA PROPUESTO | |
| 3.1 | Consideraciones para la selección del sistema eléctrico propuesto | 57 |
| 3.1.1 | Atmósfera de trabajo | 57 |
| 3.1.2 | Temperatura de trabajo | 58 |
| 3.1.3 | Determinación de temperatura de auto-ignición de los gases | 59 |
| 3.1.4 | Determinación del tipo de ambiente | 59 |
| 3.1.5 | Cálculo de iluminación | 62 |
| 3.2 | Diseño del sistema eléctrico propuesto | 68 |
| 3.2.1 | Iluminación | 68 |
| 3.2.1.1 | Método de rendimiento o utilización | 69 |
| 3.2.1.2 | Método de cavidad zonal | 71 |
| 3.2.1.2.1 | Paso 1. Determinación del nivel lumínico del área de acabados | 74 |
| 3.2.1.2.2 | Paso 2. Tipo de iluminación | 77 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 3.2.1.2.3 | Paso 3. Colores del ambiente | 77 |
| 3.2.1.2.4 | Paso 4. Coeficiente de mantenimiento | 78 |
| 3.2.1.2.5 | Paso 5. Relación de cavidad | 79 |
| 3.2.1.2.6 | Paso 6. Reflectancias efectivas | 80 |
| 3.2.1.2.7 | Paso 7. Coeficiente de utilización | 80 |
| 3.2.1.2.8 | Paso 8. Cálculo de flujo lumínico total a proporcionar | 81 |
| 3.2.1.2.9 | Paso 9. Espaciamiento máximo de las luminarias | 82 |
| 3.2.1.3.0 | Paso 10. Determinación del flujo lumínico por luminaria | 83 |
| 3.2.1.4 | Selección de luminarias | 84 |
| 3.2.1.5 | Distribución de luminarias | 87 |
| 3.2.2 | Potencia | 90 |
| 3.2.2.1 | Selección del cableado | 92 |
| 3.2.2.2 | Selección de la tubería y accesorios | 94 |
| 3.2.2.2.1 | Tubería | 94 |
| 3.2.2.2.2 | Accesorios | 95 |
| 3.2.2.3 | Distribución de la instalación | 96 |
| 3.3 | Cálculo de materiales para la instalación | 96 |
| 3.4 | Cotizaciones del proyecto | 99 |
| 3.5 | Determinación de costos | 100 |
| 3.5.1 | Costo de luminarias | 101 |
| 3.5.2 | Costo de la instalación | 103 |
| 3.5.3 | Selección de proveedores de bienes y servicios | 103 |
| 3.5.4 | Costo de mano de obra | 106 |
| 3.5.5 | Análisis costo proveedor Vrs. Ejecución interna | 107 |
| 3.6 | Determinación del consumo de energía eléctrica del nuevo | |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 5.2 Repuestos | 131 |
| 5.3 Costo del mantenimiento | 132 |
| 5.3.1 Mano de obra | 132 |
| 5.3.2 Materiales | 133 |
| CONCLUSIONES | 134 |
| RECOMENDACIONES | 136 |
| BIBLIOGRAFÍA | 137 |
| ANEXOS | 138 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|---|-----|
| 1 | Plano de distribución en planta de la fábrica | 7 |
| 2 | Ilustración de flujo de electrones | 8 |
| 3 | Diagrama de flujo de proceso del acabado A-36 | 27 |
| 4 | Distribución en planta del área de acabados | 29 |
| 5 | Detalle de tamaño de cabinas y ubicación de luminarias | 32 |
| 6 | Sección de distribución de instalaciones y equipo del área de acabados | 34 |
| 7 | Plano de ubicación de hidrantes y extinguidores fuera de la planta de producción | 51 |
| 8 | Plano de ubicación de hidrantes y extinguidores dentro de la planta de producción | 52 |
| 9 | Dibujo para determinación de los espacios o cavidades zonales | 72 |
| 10 | Plano de ubicación de puestos de inspección | 75 |
| 11 | Plano de ubicación de luminarias en el área de acabados | 88 |
| 12 | Dibujo colocación lámparas fijas inspección | 89 |
| 13 | Detalle de construcción de cabina de aplicación | 90 |
| 14 | Plano de distribución de instalación eléctrica del área de acabados | 97 |
| 15 | Formato de orden de trabajo de mantenimiento | 143 |
| 16 | Formato de requisiciones de materiales a bodega | 143 |
| 17 | Diagrama CPM para el proyecto | 144 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|----|
| I | Eficiencia de diferentes tipos de lámparas | 24 |
| II | Descripción del proceso que se realiza en las cabinas de aplicación | 28 |
| III | Niveles de ruido de los departamentos de la planta de producción | 37 |
| IV | Temperatura promedio del área de acabados | 59 |
| V | Temperaturas de auto-ignición de los materiales utilizados en acabados | 60 |
| VI | Tipo de ambiente de trabajo para luminarias | 61 |
| VII | Clasificación de los trabajos | 64 |
| VIII | Rangos de iluminancia en lux | 65 |
| IX | Factores de peso para escoger los límites de iluminación | 66 |
| X | Sumatoria de factores de peso | 66 |
| XI | Coeficientes de reflexión de acuerdo al color de pintura | 70 |
| XII | Nivel lumínico por área o lugar | 77 |
| XIII | Iluminación general y específica de inspección | 77 |
| XIV | Iluminación específica de cabinas de inspección | 78 |
| XV | Coeficiente de mantenimiento por tipo de iluminación | 79 |
| XVI | Relaciones de cavidad | 79 |
| XVII | Reflectancias efectivas | 80 |
| XVIII | Coeficiente de utilización preliminar | 80 |
| XIX | Coeficiente de utilización final | 81 |

| | | |
|---------|--|-----|
| XX | Modelo de bulbos de iluminación | 84 |
| XXI | Descripción de luminarias para cada tipo de iluminación | 87 |
| XXII | Descripción de motores por equipo del área de acabados | 91 |
| XXIII | Calibres comerciales de cable de cobre | 92 |
| XXIV | Calibre de cable a utilizar dependiendo del consumo en amperios de los motores | 93 |
| XXV | Listado de materiales a utilizar en la instalación eléctrica | 98 |
| XXVI | Listado de materiales para instalación de iluminación | 99 |
| XXVII | Formato para análisis de precios de los proveedores | 100 |
| XXVIII | Descripción y costo de luminarias | 102 |
| XXIX | Costos de la instalación eléctrica de fuerza | 104 |
| XXX | Costos de la instalación de iluminación | 105 |
| XXXI | Detalle de mano de obra del proyecto | 106 |
| XXXII | Consumo de energía eléctrica por iluminación del área de acabados | 109 |
| XXXIII | Costo anual de energía eléctrica por iluminación | 109 |
| XXXIV | Costo anual de la energía eléctrica por potencia | 110 |
| XXXV | Cálculo de pérdidas totales al suceder un siniestro | 113 |
| XXXVI | Cálculo del valor actual neto | 116 |
| XXXVII | Cálculo del valor actual neto negativo | 117 |
| XXXVIII | Listado de actividades para la ejecución del proyecto | 122 |
| IXL | Programación de actividades para la ejecución del proyecto | 123 |
| XL | Resumen de flujo de caja de un proyecto | 125 |
| XLI | Programación del mantenimiento preventivo del nuevo sistema | 131 |
| XLII | Detalle del costo de la mano de obra | 132 |
| XLIII | Detalle del costo de los materiales para mantenimiento | 133 |
| XLIV | Coeficientes de utilización (K) | 138 |

| | | |
|--------|---|-----|
| XLV | Reflectancias efectivas cavidad de cielo (Pcc) y piso (Pcp) % | 139 |
| XLVI | Coeficiente de utilización para algunas luminarias | 140 |
| XLVII | Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad de piso del 10 % | 141 |
| XLVIII | Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad de piso del 30 % | 141 |
| XLIX | Selección de bulbos para lámparas de alta intensidad de descarga METALARC | 142 |
| L | Calibre de cable recomendado para la potencia, amperaje y voltaje de los motores utilizados en el área de acabados, voltaje de 220V | 145 |

LISTA DE SÍMBOLOS

AWG *American Wire Gauge* (medida de cable americana)

OSHA *Occupational Safety and Health Administration*

NIOSH *National Institute for Occupational Safety and Health*

PR Período de recuperación

VAN Valor actual neto

TIR Tasa interna de retorno

NPT *Norm pipe tubing*

¶ 3.1416

Watt Unidad de medición de potencia

GLOSARIO

| | |
|----------------------|--|
| Aglomerado | Tabla compuesta de fragmentos pequeños de madera. |
| Deflagración | Inflamación de polvos y materiales nebulizados de combustibles suspendidos en el aire. |
| Haluro | Metaloides o sales metaloides, pertenecen al grupo VII de la tabla periódica, son de alta electronegatividad. Gas ionizado, al calentarse produce luminosidad. |
| Lámpara | Bulbo eléctrico, ya sea incandescente, fluorescente, de mercurio, sodio o haluro metálico. |
| Luminaria | Aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas (bombillas, etc.) |
| Moto-reductor | Conjunto electro-mecánico compuesto de un motor eléctrico y de una caja reductora. La caja reductora está compuesta por una serie de engranajes conectados entre sí que transforman una velocidad de entrada en una de salida mucho menor. |
| Relay térmico | Componente eléctrico destinado a proteger un motor o equipo eléctrico por calentamiento o sobre carga. |

RESUMEN

Este trabajo de investigación es sobre el estudio para la implementación de un sistema eléctrico anti-explosivo en el área de acabados de la fábrica de muebles Maderas Milpas Altas, S. A.

Inicia con la descripción de la fábrica de muebles, su historia, proyecciones, etc. Se podrá profundizar un poco en el flujo de proceso, la distribución de las instalaciones y el equipo. Además los conceptos básicos utilizados en la electricidad, iluminación, instalaciones eléctricas y luminarias.

Posteriormente se estudia lo referente al departamento de acabados de la fábrica, el proceso que en el se desarrolla, las instalaciones. Se hace un análisis de riesgos del área, tanto de las instalaciones y del personal.

Seguidamente se hace el estudio respectivo para determinar las propuestas tanto de las luminarias como de las instalaciones a utilizar en un área peligrosa (acabados). Se elabora el cálculo y diseño del sistema eléctrico recomendado, además se determinará la distribución y ubicación adecuadas y los respectivos planos. Se determinan las actividades, controles y los costos de mano de obra y materiales para la ejecución del proyecto.

En la parte final del trabajo se muestra el mantenimiento que debe darse al sistema eléctrico propuesto.

OBJETIVOS

- **General**

Diseñar el sistema de iluminación anti-explosivo adecuado para el área de acabados de la fábrica. Que permita y brinde la iluminación adecuada e indispensable para realizar bien el trabajo y con calidad. Evitando riesgos de incendio por problemas del sistema eléctrico.

- **Específicos**

1. Determinar las necesidades de iluminación del área de acabados.
2. Calcular y diseñar el sistema de iluminación necesario para el área de acabados, balanceando los costos y los niveles de seguridad indispensables.
3. Minimizar los riesgos de incendio que pueden ser producidos por corto circuitos y chispas eléctricas en el área de acabados con la instalación del sistema eléctrico anti-explosivo.
4. Reducir las cuotas (primas) que devengan las aseguradoras, aumentando la seguridad del área.
5. Mejorar el ambiente de trabajo con iluminación adecuada dando más comodidad y confort a los colaboradores.

6. Optimizar la calidad de los muebles ya que al estar mejor iluminada la zona se podrán observar mejor los tonos de los colores que según las especificaciones debe llevar cada uno de los muebles que se fabrica.
7. Reducir los costos de mantenimiento y de energía ya que las nuevas lámparas son más eficientes y por el tipo de construcción también requieren menor trabajo de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, con alta tecnología, buscando mejorar el medio ambiente, incrementando la productividad, mejorar las condiciones de vida de las personas, desarrollo social, etc., es indispensable mejorar las condiciones de seguridad de las instalaciones para salvaguardar la integridad física del personal y resguardar los bienes materiales de la empresa, así también buscar alternativas para la reducción de los costos de la energía eléctrica que se utiliza para la producción.

El optimizar la productividad conlleva mejorar las condiciones de trabajo de las personas que lo realizan, el proceso, los métodos, el ambiente y las instalaciones. En cuanto al ambiente de trabajo se refiere: la iluminación, evitar la emisión de ruidos, la ventilación, la extracción de partículas que puedan causar daño al ambiente y por ende al ser humano y lo más importante que es la disminución de riesgos de trabajo y siniestros.

Es importante incrementar la calidad de la iluminación en los procesos de producción, ya que esto mejora la productividad, está demostrado que un trabajador que tiene mejores condiciones de comodidad y confort rinde más que uno que no las tiene. Además también se respeta y cuida la salud de los colaboradores. Y si con este esfuerzo logramos también mejorar la calidad de los productos que se fabrican, entonces encontraremos la satisfacción de nuestros clientes, lo cual en el mercado cambiante y competitivo de hoy en día es muy importante obtener.

El mejoramiento de la iluminación de una planta conlleva el realizar el estudio y análisis necesarios para determinar la cantidad, calidad y tipo de iluminación necesaria en base a diferentes factores como por ejemplo: tipo de trabajo que se realiza en el área a iluminar, dimensiones, atmósfera del área, etc. En cuanto a la atmósfera del área de trabajo es muy importante conocerla ya que de ello depende el tipo de instalación, luminarias y accesorios a utilizar, ya que no es lo mismo calcular y diseñar la iluminación para un centro de convenciones que para un área de aplicación de pinturas y barnices.

En la fábrica de muebles, se cuenta con un área en la cual se aplican los tintes, barnices, lacas y productos necesarios para darle el acabado final a los muebles que se fabrican. Debido a lo anterior en esta zona se utilizan productos químicos que contienen solventes los cuales en su estado líquido o gaseoso son altamente inflamables. Por todo esto es importante tener especial cuidado al momento de diseñar el sistema de iluminación de esta área el cual debe ser a prueba de explosión.

Tanto la instalación de fuerza e iluminación eléctrica de la zona deben reunir las condiciones de seguridad necesarias y exigidas para este tipo de lugar de trabajo, ya que con esto se minimiza el riesgo de un incendio como consecuencia de un corto circuito o que se produzca una chispa eléctrica que al hacer contacto con los gases inflamables pueda ocasionarlo.

1. GENERALIDADES

1.1 Maderas Milpas Altas, S. A.

1.1.1 Historia

Hablar de la historia de Maderas Milpas Altas, S.A., es hablar, hoy por hoy, de una historia de esfuerzo y dedicación.

La empresa inició en el año 1985 y pertenecía a Cementos Progreso, luego de un lamentable incendio en 1988, fue adquirida por Jorge Springmuhl y Richard Gittings, quienes expandieron la fabricación de relojes, ventanas decorativas, chimeneros, muebles para hoteles y muebles de uso doméstico, principalmente de exportación hacia clientes importantes de Estados Unidos y Centro América.

Dada la excelencia alcanzada la empresa se hace acreedora en 1991 al premio “Mejor Exportador”, según su especialidad, el cual fue otorgado por la Cámara de Industria de Guatemala.

En 1992, giró su visión de exportador, hacia la producción de puertas para gabinetes de cocina y de baño, frentes de gaveta y productos relacionados con ésta línea.

En estas distintas etapas, Maderas Milpas Altas, S.A. utilizó en la elaboración de sus productos maderas alternativas como la castilla, pino y palo blanco, las que ayudan a proteger los bosque tropicales y el medio ambiente, al mismo tiempo que dichas maderas, han encontrado gran aceptación en Estados Unidos.

Al surgir problemas financieros, los propietarios de ese momento, se vieron obligados a cerrar operaciones, y fue en ese entonces que la empresa fue adquirida por una compañía multinacional llamada COMPLEJO INDUSTRIAL, S. A. el 31 de agosto de 1995 hasta la fecha.

Por el esfuerzo y dedicación lograda en septiembre de 1997, la Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, le otorgó a Maderas Milpas Altas, S.A., el premio como “Mejor exportador del sector maderas y productos forestales”, período 96-97, y en junio de 1999, recibió el premio “Guauthelmallan” (tierra de bosques), otorgado por el Instituto Nacional de Bosques INAB, como “Mejor exportador del período 97-98”. Dichos premios, le concedieron a la empresa a nivel nacional e internacional un mayor prestigio.

Los productos de Maderas Milpas Altas, S. A. han alcanzado el calificativo de “Productos de alta calidad” en el mercado de Estados Unidos, ahora la meta, es expandir estos productos en el mercado americano y proyectarse al mercado europeo, innovando y manteniendo altos estándares de calidad.

1.1.1.1 Visión y misión

Misión: innovar continuamente las técnicas y procesos de fabricación y diseños de los productos, así como mejorar continuamente la eficiencia, productividad y calidad.

Visión: producir muebles de alta calidad para satisfacer la demanda internacional.

1.1.2 Descripción de las áreas

En esta sección se mostrará a grandes rasgos cómo es y cómo funciona la fábrica de muebles. Está dividida en cinco grandes áreas, las cuales son Administración, Materia prima, Producción, Recursos humanos y Mantenimiento.

1.1.2.1 Área administrativa

Es el área donde se realizan y toman las decisiones del ámbito administrativo y financiero. Está compuesta de los departamentos de Gerencia general, Contabilidad, Costos, Compras (locales e importaciones), Exportaciones, Aseguramiento de calidad e Informática.

1.1.2.2 Área de materia prima

Esta área es la encargada de procesar toda la madera sólida (materia prima) que será utilizada en todo el proceso de producción de muebles y venta de los mismos para clientes locales e internacionales. Se trabajan principalmente tres especies madereras pino, palo blanco y palo de hule.

El proceso comienza con la recepción, clasificación y cuantificación de la madera que ingresa en forma de troza proveniente de los proveedores (principalmente fincas del sur de país). La troza es procesada primeramente por la sierra principal, ésta es una sierra de cinta que se encarga de transformar la troza principalmente en tabla y block de madera.

La tabla pasa directamente al desorillado y luego a las bahías de almacenamiento y el block de madera es procesado en una sierra alternativa que lo convierte en tabla del grosor especificado. En el caso particular del hule antes de continuar al siguiente proceso pasa a presurizado, lugar donde la madera es tratada químicamente para su prevención contra las polillas, termitas, etc.

Por la calidad que se exige en la fabricación de los muebles, es necesario controlar la humedad con que ingresa la madera a planta de producción. El proceso se realiza utilizando hornos de secado a través de vapor, los cuales se monitorean y controlan de tal forma que la madera salga con una humedad del 12% aproximadamente. Por último la madera ya seca pasa por cepillos que hacen un devastado rústico para dejarla a medidas más cercanas a las que se utilizarán en el proceso de fabricación de muebles.

1.1.2.3 Área de producción

Es la encargada de realizar todos los procesos necesarios para transformar los materiales adecuados en el producto terminado (muebles) que luego se exportan. Está comprendida por los departamentos o sub-áreas de corte basto, *plywood*, maquinado, ensamble, acabados, empaque.

En **corte basto** se prepara la madera con las medidas de grosor, ancho y largo solicitados para ser trabajada en los siguientes procesos.

En el departamento de ***plywood*** se procesa este aglomerado de acuerdo a las especificaciones, cortando paneles, haciendo agujeros para entrepaños y otros procesos.

Maquinado es el departamento encargado de transformar la madera en piezas de muebles ya terminadas, molduras, rieles, largueros y peinazos para puertas, etc.

Ensamble es el departamento encargado de unir o armar las piezas que fueron procesadas por separado para formar un mueble.

En **acabados** como su nombre lo dice se le da al mueble la apariencia final que tendrá con respecto al color y brillo. Para ello se utiliza una línea mecanizada que es la encargada de trasladar el mueble de una estación de trabajo (cabinas) a otra, donde se le aplicarán tintes, sellador, *glaze*, laca, etc.

Por último, el departamento de **empaques** se encarga de instalar las lámparas, vidrios, entrepaños, haladores, para luego proceder con el embalaje de los muebles; colocar protectores (*duroport* y cartón) que servirán para evitar el daño de estos durante el transporte; luego los empacan en cartón y rotulan, al estar debidamente empacados son trasladados hacia los contenedores para ser transportados hacia su destino en el extranjero.

1.1.2.4 Área de recursos humanos

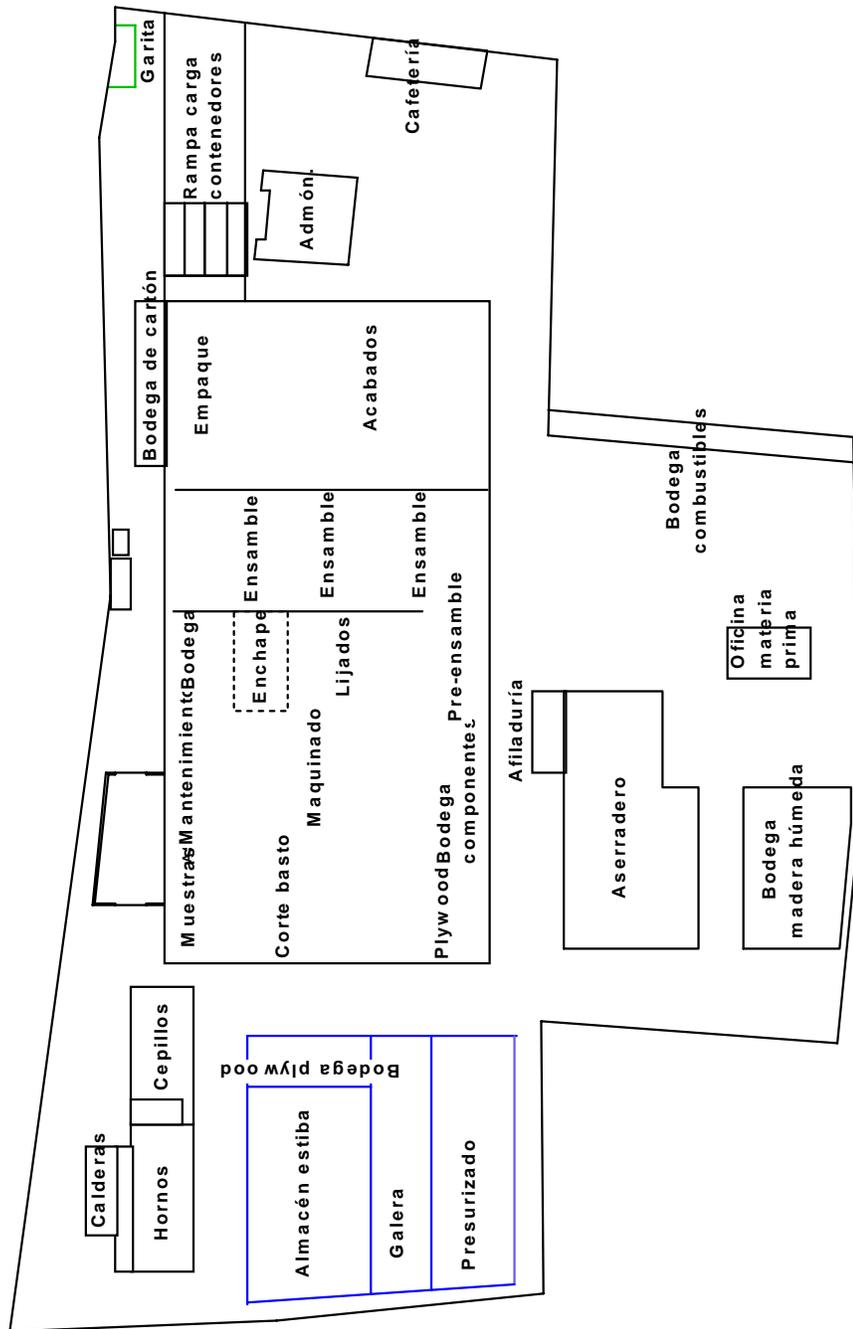
Esta área tiene que ver con todo lo relacionado con el recurso humano que se emplea para la fabricación de los muebles, mano de obra directa e indirecta. Es la encargada de mantener cordialmente las relaciones obrero-patronales, desarrollar planes de capacitación, motivación, recreación e higiene para todo el personal. Se encarga de llevar las estadísticas del personal, planillas de pago, etc.

1.1.2.5 Área de mantenimiento

Esta área es de servicio, ya que su trabajo es atender a todas las áreas para resolver sus problemas de reparación de maquinaria y equipo así como también de los trabajos relacionados con las instalaciones de la empresa. Su misión es mantener tanto la maquinaria, el equipo y las instalaciones en óptimas condiciones para que el personal pueda fabricar muebles de alta calidad con la eficiencia y eficacia requerida. También se encarga de darle el mantenimiento preventivo a toda la maquinaria e instalaciones para reducir los tiempos de paro por mantenimiento correctivo.

1.1.2.6 Plano de distribución de la fábrica

Figura 1. Plano de distribución en planta de la fábrica



Ultima actualización
22 octubre 2003

Escala 1 : 1000

Planta general

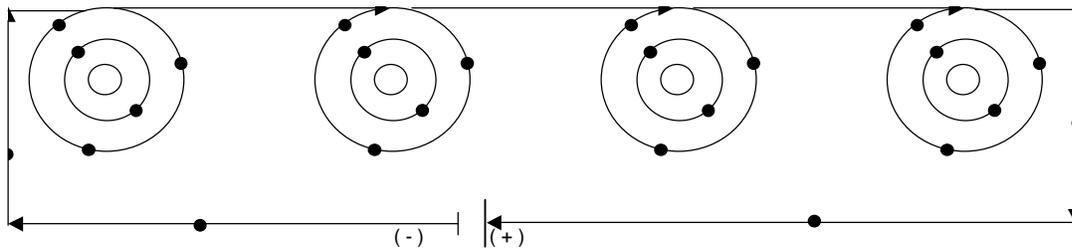
1.2 Electricidad (conceptos básicos)

1.2.1 Fundamentos de la energía eléctrica

Las órbitas de los electrones se agrupan en distintos niveles de energía y hace falta agregar o perder energía para subir o bajar de nivel respectivamente (absorbiendo o emitiendo radiaciones). Estos niveles fueron clasificados como: banda de conducción, banda de energía prohibida (donde no pueden existir electrones) y la banda de valencia. Los niveles de energía inferior no interesan para los fenómenos eléctricos.

Para efectos de flujo de corriente eléctrica solamente interesa la banda de conducción, o sea la órbita exterior de los átomos. La fuerza de atracción del núcleo sobre los electrones es mínima en este nivel, y por lo tanto permite que los electrones se separen más o menos fácilmente de sus órbitas, dando lugar al concepto de electrones libres, que pueden trasladarse de un átomo a otro en forma desordenada. Al aplicar a los extremos de un conductor una diferencia de potencial eléctrico, el polo positivo externo atrae un electrón del átomo más cercano, y lo deja con carga positiva, que a su vez atrae un electrón del átomo que le precede, y así sucesivamente, como se puede ver en la figura 2.

Figura 2. Ilustración del flujo de electrones



En conductores metálicos la corriente eléctrica consiste en el paso de los electrones de un átomo al siguiente, saliendo del polo negativo de la fuente. Esto constituye el sentido verdadero o electrónico de la corriente eléctrica. Usualmente, por convención, se acepta como sentido de la corriente eléctrica el opuesto, es decir, saliendo del polo positivo de la batería (sentido convencional).

1.2.2 Intensidad (corriente eléctrica) o consumo

Si por algún medio, como aplicar una fuerza externa mediante una batería se mueve a los electrones libres en la misma dirección a través de la materia, se tendrá un flujo de electrones, y si se mide este flujo en un intervalo de tiempo, se formará una corriente eléctrica. Esta intensidad se mide en amperios y puede darse en todos los estados de la materia como sólido, líquido o gaseoso sin importar que sean conductores, semiconductores y aislantes (dieléctricos).

1.2.3 Tensión o voltaje

Es la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor que lleva una corriente constante de 1 amperio, cuando la potencia disipada es de un vatio.

1.2.4 Resistencia o carga eléctrica

Es la oposición al paso de la corriente. Esta oposición es propia de la materia y depende de la longitud y material. Es la resistencia diseñada para realizar un trabajo como calor, movimiento, iluminación, etc.

1.2.5 Potencia

Es el trabajo realizado en la unidad de tiempo, su unidad es el vatio, que es el trabajo de un julio efectuado en el tiempo de 1 segundo. También se designa así a la rapidez con la que se realiza un trabajo.

1.2.5.1 Potencia real

Imagínese un circuito puramente resistivo; en este caso la curva de potencia es siempre positiva, ya que al cambiar de signo el voltaje, lo hace también la intensidad y mantiene el producto positivo. La curva resultante continúa siendo senoidal, pero de doble frecuencia. La potencia media será igual al producto del valor eficaz de la corriente al cuadrado por la resistencia, según la propia definición de valor eficaz. En vista de que la potencia absorbida por una resistencia se convierte en un trabajo real, se le da el nombre de potencia real o activa y sus unidades continúan siendo el vatio (W) y sus múltiplos.

1.2.5.2 Potencia aparente

Normalmente se tiene en un circuito de corriente alterna una inductancia en serie con una resistencia. Tal como se observó anteriormente, la resistencia gastará una potencia activa I^2R , mientras que por la inductancia fluye una potencia reactiva que vale I^2jXL . Al sumar estas dos potencias gráficamente se obtiene la potencia total o aparente $P_t = I^2Z$, cuyas unidades son el volt-ampere (VA) y sus múltiplos.

1.2.5.3 Potencia reactiva

En un circuito con inductancia o capacitancia pura, la corriente está desfasada en 90 grados con respecto al voltaje. Al efectuar gráficamente la multiplicación de los valores instantáneos de voltaje e intensidad se nota que resultan dos partes positivas y dos partes negativas iguales en la curva de potencia en un ciclo completo. Esto implica que durante parte del tiempo el circuito toma energía de la fuente, pero durante la otra devuelve la misma otra vez, de manera que no se gasta ninguna energía neta. Sin embargo, existe un flujo de energía, que es el producto del voltaje por la intensidad reactiva, y constituye la potencia reactiva, llamada también ciega o devatada. Sus unidades son el volt-ampere reactivo (Var) y sus múltiplos. La potencia reactiva similarmente también es igual al producto de la intensidad eficaz al cuadrado por la reactancia. De acuerdo a esta convención de signos, la potencia inductiva se considera como positiva y la capacitiva como negativa.

1.2.6 Iluminación

La iluminación E , es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Si se toma el pie como la unidad de longitud y el flujo es uniformemente distribuido sobre la superficie, la densidad en lúmenes por pie cuadrado se denomina pie bujía, fc; en las unidades del SI, se utilizan los lúmenes por metros cuadrados lux (lx). Un pie bujía es igual que 10.76 lux, para hacer comparables las unidades se usa con frecuencia el decalux (10 lux).

El término iluminación se usa con frecuencia en lugar de iluminancia. La práctica moderna reserva iluminación para el proceso de alumbrado e iluminancia para el resultado.

La iluminancia (con anterioridad, brillantez fotométrica) es la intensidad luminosa de cualquier superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección. La unidad de luminancia es la candela/plg²; en unidades del SI se utiliza la cd/m² (1cd/plg²=1550 cd/m²). En general, una superficie luminosa tiene una luminancia distinta cuando se ve desde diferentes ángulos.

1.2.6.1 Unidades de medición

La unidad de intensidad luminosa de una fuente de luz se denomina **candela, cd**. Una candela se define como la intensidad luminosa de $1/6 \times 10^{-5}$ m² del área proyectada de un cuerpo negro radiante operado a la temperatura de solidificación del platino a presión normal.

El **lúmen, lm**, es la unidad de flujo luminoso **fi**. Es igual que el flujo sobre una superficie unitaria, en la cual todos los puntos están a una distancia unitaria de una fuente puntual uniforme de una candela. Dicha fuente puntual emite 4π lúmenes.

1.2.6.2 Tipos de iluminación

Existen dos clases de iluminación; la general y la individual o específica. La iluminación general de un ambiente da mayor uniformidad, pero mantener un nivel lumínico muy alto es costoso, por lo que muchas veces se prefiere utilizar el alumbrado complementario directamente en las áreas que requieren el más alto nivel, alumbrando el resto del ambiente con un nivel más bajo.

Existe otra clasificación según el tipo de luminaria que se utilice, se tiene en la actualidad distintos tipos de alumbrado, los principales son incandescente, fluorescente, de mercurio, de sodio y de haluros metálicos (multivapor). Los de mercurio y sodio se usan principalmente para alumbrado de áreas exteriores.

1.2.7 Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas son el conjunto de instrumentos de medición, transformadores, conductores y accesorios, utilizados para transportar la energía eléctrica desde la fuente hacia el lugar donde se necesite, una máquina, área de trabajo, etc.

1.2.7.1 Tipos de instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas son diseñadas tomando en cuenta la utilización que se les dará, hay instalaciones residenciales, comerciales e industriales. De esto depende la calidad, dimensión de los materiales a utilizar, cumplimiento de normas eléctricas y la facturación por consumo.

- **Residenciales:** son todas aquellas instalaciones eléctricas diseñadas para satisfacer las necesidades de los hogares de las personas. Estas necesidades pueden variar según el tipo y cantidad de aparatos eléctricos que utilizan (iluminación y fuerza). El suministro necesario usualmente es de 220 voltios en el área urbana y de 110V en el área rural.

- **Comerciales:** son todas aquellas instalaciones eléctricas elaboradas para cumplir con la demanda de energía de establecimientos comerciales tales como restaurantes, supermercados, tiendas, talleres pequeños, etc. Normalmente se trabaja con voltaje de 220 voltios monofásico.
- **Industriales:** estas son instalaciones más especiales ya que trabajan con una demanda alta de energía y potencia eléctrica. Se utiliza en los diferentes tipos de industria, por ejemplo acerías, textiles, cemento, fábricas de muebles, industria petroquímica, etc.

Se trabaja comúnmente con 240 voltios, trifásico y en ocasiones con 480 voltios según el tipo de proceso a realizar, demanda y equipo que se va a utilizar. Sus características principales son.

Alta tensión (voltaje), 13,000 voltios en adelante

Necesidad de un banco de transformadores para formar la acometida eléctrica

Construcción robusta y regulada

Otra manera de definir al tipo de instalaciones eléctricas sería de acuerdo al lugar donde serán utilizadas. Así se tiene instalaciones para intemperie, para áreas con extremos de temperatura muy baja o muy alta, para áreas peligrosas, para áreas con alta contaminación.

1.2.7.1.1 Definición eléctrica de área peligrosa

Eléctricamente se puede definir cuando un área es peligrosa de acuerdo a varios parámetros. Ambiente de trabajo (contaminación, gases inflamables, etc.), temperatura del ambiente de trabajo, exposición a la intemperie, voltaje y corriente de la acometida eléctrica.

Área peligrosa es aquella donde se conjugan ciertos factores especiales que aunados al calor y riesgos de la electricidad puedan provocar el inicio de un siniestro en la planta a causa de un arco voltaico y se pone en peligro la vida o integridad humana.

1.2.7.1.1.1 Clases y grupos

- Clase I. Lugares en donde hay o puedan estar presentes gases o vapores inflamables en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.
- Grupo A. Atmósferas que contienen acetileno.
- Grupo B. Atmósferas que contienen hidrógeno o gases o vapores con riesgo equivalente, tal como el gas de gasógeno.
- Grupo C. Atmósferas que contienen vapores de éter etílico, etileno o ciclopropano.
- Grupo D. Atmósferas que contienen gasolina, hexano, nafta, benceno, butano, propano, alcoholes, acetona, bencol, vapores de disolvente de lacas y gas natural.
- Clase II. Lugares que son peligrosos por la presencia de polvo combustible.
- Grupo E. Atmósferas que contienen polvos de aluminio, magnesio o sus aleaciones comerciales.

- Grupo F. Atmósferas que contienen polvo de carbón negro, carbón o coque.
- Grupo G. Atmósferas que contienen harina, almidón y polvo de granos.
- Clase III. Lugares que son peligrosos por la presencia de fibras o pelusas fácilmente inflamables, pero que no es fácil encontrarlas suspendidas en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

Además, se hace una subdivisión si el peligro está presente en las condiciones de funcionamiento normales o esperadas (División I), o si estará presente sólo por una falla del equipo y otra condición anormal de funcionamiento (División II).

Por tanto, una descripción típica de una aplicación sería Clase I, Grupo D, División I.

1.2.7.1.2 Sistema eléctrico anti-explosivo

1.2.7.1.2.1 Concepto

Un sistema eléctrico anti-explosivo es el que cumple con todas las normas y especificaciones indispensables para ser utilizado en áreas donde se trabaja con materiales muy inflamables principalmente los derivados del petróleo que se volatilizan, lo que los hace muy susceptibles de incendiarse por el efecto de una chispa eléctrica. El sistema incluye el diseño e instalación de la iluminación y fuerza eléctrica que se utilizará.

1.2.7.1.2.2 Características del equipo

El equipo que se utiliza para este tipo de áreas debe ser capaz de aislar cualquier chispa eléctrica que ocurra en el cableado y lámparas de la atmósfera que lo rodea. Este equipo es sellado por medio de empaques, ajustado y apretado a través de tornillos y sus componentes son más robustos. Todos los accesorios eléctricos y tubería son roscados para permitir un sello hermético.

1.2.7.2 Componentes de la instalación

Conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución de la empresa a la instalación eléctrica del inmueble servido.

1.2.7.2.1 Distribución y protección

En conjunto con el interruptor de potencia se deberán instalar:

- Relés de sobrecorriente de fase.
- Relés de falla a tierra.
- Relés diferenciales de transformador.
- Sí se permitirá la protección de transformadores con fusibles en el lado de 69 kV.

1.2.7.2.2 Polarización o puestas a tierra

Aterrizado en forma efectiva por medio de una conexión de baja impedancia, con suficiente capacidad, de modo que corrientes de corto-circuito no provoquen voltajes que puedan dañar al equipo, instalaciones y/o a las personas.

La instalación debe estar conectada a tierra de acuerdo al artículo 5 de la sección VII de instalaciones especiales, según el libro de Normas para acometidas de servicio eléctrico, de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A.

Conección a tierra

Características del conductor de tierra

El conductor de tierra no será menor que el calibre 8 AWG cobre.

Tipos de electrodos de tierra

Varillas de cobre: toda la varilla debe tener una longitud mínima de 2.5 metros (8pies), y 5/8" de diámetro, (Copperweld).

Varilla de acero galvanizado: de 6 pies de largo y diámetro de 5/8".

1.2.7.2.3 Pararrayos

Se deben instalar pararrayos de línea, los que deberán ser del tipo MOV (*Metal-Oxide varistor*), no se permitirá el uso de pararrayos de SiC (Carbono de silicio). El voltaje máximo continuo de operación (MCOV) debe seleccionarse de acuerdo al voltaje a ser utilizado.

Sí se utilizan pararrayos adicionales su coordinación es por cuenta del interesado, debe entregarse la memoria de cálculo correspondiente.

Los pararrayos secundarios son dispositivos que protegen el equipo contra descargas electro-atmosféricas y se colocan en el lado del consumidor lo más cerca posible del interruptor general.

1.2.7.3 Tipos de servicios

Se refiere a la clasificación general de la instalación del usuario, según las características y carga conectada.

1.2.8 Luminarias

Las lámparas eléctricas son la fuente principal de luz artificial de uso común. Convierten la energía eléctrica en luz o energía radiante.

Una lámpara de filamento incandescente contiene un filamento que se calienta por el paso de corriente a través de él. El filamento está encerrado en un bulbo de vidrio que tiene una base adecuada para conectar la lámpara a un receptáculo eléctrico (*socket*). Para evitar la oxidación del filamento a temperatura elevada, se vacía el aire del bulbo o se llena con un gas inerte. El bulbo sirve también para controlar la luz del filamento incandescente, que en esencia es una fuente puntual. La alta luminancia de la fuente se reduce de manera característica con ácido de grabador para matear la superficie interior del bulbo. Las cubiertas de sílice proporcionan también difusión y pueden alterar el color de la luz emitida.

El coloreado químico de los bulbos de vidrio claro proporciona una gama de colores. Siempre que se cambia el color que, por lo común, se produce por un filamento incandescente, el proceso de filtrado remueve la energía de todas las longitudes de onda de la luz radiada, excepto la de las necesarias para producir el color deseado. Este método sustractivo de alteración cromática es menos eficaz que la generación de luz de varios colores por descarga gaseosa.

1.2.8.1 Tipos de luminarias

Existen varios tipos de luminarias que varían por los materiales utilizados para transformar la energía eléctrica en luz, están por ejemplo las lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, lámparas de vapor de mercurio, lámparas de haluro metálico (multivapor) y lámparas de vapor de sodio de alta presión.

1.2.8.1.1 Lámparas incandescentes

Estas lámparas por lo general constan de filamentos de tungsteno. El tungsteno tiene un alto punto de fusión y baja presión de vapor, lo cual permite altas temperaturas de operación sin evaporación. A mayor temperatura de operación, mayor eficacia (lúmenes por watt) y vida más corta. La evaporación del filamento en el transcurso de la vida de la lámpara ocasiona el ennegrecimiento del bulbo y adelgazamiento del filamento y en consecuencia, salida de luz más baja.

Los filamentos de tungsteno también se colocan en tubos compactos de cuarzo llenos con una atmósfera halógena, en donde el haluro de tungsteno de la fuente luminosa regresa continuamente partículas de tungsteno evaporado al filamento. Las paredes interiores no se ennegrecen y la salida de luz permanece constante en forma regular durante la vida de la lámpara.

1.2.8.1.2 Lámparas fluorescentes

Éstas constan de un tubo de vidrio con el interior cubierto con fósforo en polvo, que fluoresce cuando se excita con luz ultravioleta; los electrodos del filamento se montan en juntas de extremo conectadas a las clavijas de la base. El tubo se llena con un gas inerte (como argón) y una gota de mercurio y se opera a una presión relativamente baja.

En operación, los electrones son emitidos desde los electrodos calientes. Estos electrones se aceleran por el voltaje a través del tubo, hasta que chocan con los átomos de mercurio, obligándolos a ionizarse y excitarse. Cuando el átomo de mercurio regresa a su estado normal, las líneas espectrales de mercurio se generan tanto en la región visible como en la ultravioleta. La baja presión aumenta la radiación ultravioleta. La radiación ultravioleta excita la cubierta fosforosa hasta la luminancia. La salida de luz resultante no sólo es mucho más alta que la obtenida de las líneas de mercurio solas, sino que también da como resultado un espectro continuo con colores que dependen del fósforo utilizado.

1.2.8.1.3 Lámparas de descarga de alta intensidad

Constan de tubos, en los cuales los arcos eléctricos se producen en gran variedad de materiales. Las cubiertas exteriores de vidrio proporcionan aislamiento térmico para mantener la temperatura del tubo de arco. La temperatura y cantidad de material se controlan en tal forma, que la descarga opera con una presión de vapor de varias atmósferas. Esto da como resultado un aumento de la radiación en la región visible.

1.2.8.1.4 Lámparas de vapor de mercurio

Constan de tubos de cuarzo llenados con argón y mercurio, rodeados por una camisa de vidrio llena de nitrógeno. Las lámparas claras radian las líneas visibles de mercurio (verde azulado). La radiación ultravioleta es absorbida en algún grado por las camisas exteriores. El color de la luz y la salida de flujo luminoso se mejora recubriendo el interior de las camisas exteriores con fósforo. Cuando se excita por la radiación ultravioleta del arco, el fósforo agrega luz a la salida en la parte roja del espectro. Las lámparas resultantes se llaman blancas, mejoradas en color, o blancas de lujo. Las lámparas se encienden por una descarga de argón entre un electrodo y un electrodo iniciador. Conforme el mercurio se evapora, la presión aumenta y la descarga se transfiere a una descarga de mercurio. Esto toma varios minutos. Después de la desconexión, las lámparas no pueden restablecerse en su operación hasta que la presión del tubo interior cae, en tal forma que pueda iniciarse una descarga de argón.

1.2.8.1.5 Lámparas de haluro metálico (multivapor)

Usan pequeñas cantidades de yoduros de sodio, talio, escandio, disprosio e indio, además de la mezcla usual de argón y mercurio. El color se mejora y la salida aumenta sustancialmente en las lámparas de descarga de alta intensidad que usan sólo mercurio. Ya que la construcción es similar a las lámparas de mercurio, se construye un interruptor bimetálico dentro de la lámpara para poner en cortocircuito el resistor iniciador después que la lámpara se enciende. Se usa una camisa de vacío alrededor del tubo de descarga de cuarzo.

1.2.8.1.6 Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Usan sodio metálico en tubos translúcidos de óxido de aluminio. Este material se emplea para soportar el efecto corrosivo del vapor de sodio caliente. Para los propósitos de encendido se usa gas xenón como llenado y una amalgama de mercurio y sodio. Las temperaturas de arco se mantienen por una camisa de vacío exterior. La lámpara se arranca generando una pulsación de alto voltaje, aproximadamente durante un microsegundo.

Las lámparas de descarga de alta presión, al igual que las lámparas fluorescentes, necesitan reactores. Estos proporcionan el voltaje necesario, reactancias y capacitores correctores del factor de potencia.

Las eficacias (lúmen/watt) comparativas de lámpara se dan en la tabla I.

Tabla I. Eficiencia de diferentes tipos de lámparas

| Lámpara | Lúmenes/watt |
|-------------------------------|---------------------|
| Incandescente de tungsteno | 8 – 33 |
| Mercurio de alta intensidad* | 40 – 63** |
| Fluorescente* | 38 – 91** |
| Haluro metálico (multivapor)* | 75 – 95 |
| Sodio de alta presión | 70 – 130 |

* No incluidas las pérdidas de balastro.

** Depende el tamaño, tipo y color de lámpara.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE ACABADOS

2.1 Departamento de acabados

2.1.1 Descripción del departamento

En este departamento se reciben todos los muebles para darles el acabado final. Existen nueve cabinas de aplicación (tintes, lacas, selladores, etc.) y una línea transportadora mecánica sin fin que es movida con la ayuda de un moto-reductor eléctrico. Los muebles ingresan del departamento de ensamble hacia acabados por medio de transportadores de rodillos, luego son subidos a la línea que está a 0.50 metros del nivel del suelo por medio de un elevador hidro-neumático. Los muebles son colocados en una bandeja metálica que tiene un pin en el centro, que le sirve para ser enganchada a la cadena de la línea que la transporta por las diferentes cabinas de aplicación.

Las cabinas de aplicación son estructuras metálicas que tienen instalados dos extractores para sacar del área de trabajo los materiales que se dispersan durante el proceso. Estos extractores son movidos por motores eléctricos los cuales no son a prueba de explosión. Además tienen dos lámparas fluorescentes de 2 x 40 *watts* que son a prueba de explosión.

2.1.2 Descripción del proceso

El fin de todo acabado es dar protección a la madera contra la humedad y, por supuesto, brindar a los muebles la decoración, color y textura deseados.

En el proceso ingresa el mueble en crudo y luego de las diferentes aplicaciones de acabados sale listo, con las especificaciones solicitadas por el cliente, para ser empacado.

Todo el trabajo en esta área se realiza con equipo neumático, es decir; que utiliza aire comprimido para operar. Se utilizan tanques presurizados que contienen las mezclas de los productos que se le aplican a los muebles (tintes, *carbón black*, *glaze*, etc.). También contienen materiales protectores como lacas y selladores. La laca utilizada es con protección ultra violeta lo que ayuda a que el color dado al mueble perdure por mucho más tiempo, aún en ambientes donde se tenga mucha luz solar.

Los tintes y otros productos son importados, la empresa que proporciona los productos también proporciona la receta para su preparación, es decir, los porcentajes de cada componente para lograr el acabado requerido.

Según los requerimientos del cliente, será el acabado que se le dará al mueble, utilizando de nueve a diecisiete actividades para lograr el objetivo final; actividades que varían de acuerdo a los modelos, estilos, clase de madera y colores que se deseen. En el proceso se le da al mueble los rasgos de antiguo, el estilo de más claro al centro y más oscuro en las orillas (*high lights*), trazos simulando pintura a mano, texturizado (superficie un poco áspera), etc.

2.1.2.1 Flujo de proceso Figura

Figura 3. Diagrama de flujo de proceso del acabado A-36

| Personal | Símbolos | Descripción del proceso | División del trabajo |
|----------|----------|---|---|
| | 1 | En línea de acumulación del ensamble | |
| 1 | 1 | Subir a la línea | |
| 1 | 2 | Aplicar <i>Sap Stain</i> | |
| 1 | 3 | Aplicar <i>NGR Toner</i> | |
| 1 | 1 | Inspeccionar | |
| 1 | 4 | Reparar | |
| | 1 | Llegar a cabina 2 | |
| 1 | 5 | Aplicar <i>Wash coat</i> | |
| | 2 | Transcurir línea mientras se seca | |
| 2 | 6 | Lijar | Una persona parte izquierda y corona y otra la parte derecha y base. |
| | 3 | Llegar a cabina 3 | |
| 2 | 7 | Aplicar <i>glaze</i> y secar | Una seca y una aplica <i>glaze</i> y ayuda a secar. Muebles grandes o con <i>glaze</i> en la parte interior utilizar a otra. |
| 2 | 8 | Retocar <i>glaze</i> | Una del lado derecho y frente superior y otra lado izquierdo y frente inferior. |
| | 4 | Llegar a cabina 4 | |
| 1 | 9 | Aplicar sellador | |
| 2 | 10 | Afinar | Una persona lijara puertas, costados y corona y la otra persona el interior y la base. |
| 1 | 11 | Aplicar <i>Pad Stain</i> | |
| | 5 | Llegar a cabina 5 | |
| 1 | 12 | Aplicar sellador | |
| 2 | 13 | Afinar | 1 persona lijara puertas, costados y corona y la otra el interior y la base.(que no se junten en un mismo mueble) |
| 2 | 14 | Aplicar <i>Dry Brush</i> | 1 persona/bandeja, considerar limpieza de brochas 1. Base, bordes de puertas y corona lateral. 2. Decoración puertas y detalles. 3. Bordes puertas, corona frontal, pilastres. 4. Decoración puertas derechas |
| 2 | 15 | Aplicar <i>Carbón Black</i> | |
| 2 | 16 | Limpiar manchas de carbón y pasta | 1 parte izquierda superior y otra la parte derecha inferior |
| | 6 | Llegar a cabina 6 | |
| 1 | 17 | Aplicar laca | |
| 2 | 18 | Aplicar <i>glaze</i> compuesto en vertices interiores | 1 cuadro del respaldo superior y otra las partes faltantes |
| 2 | 19 | Aplicar <i>glaze</i> compuesto en exterior y marcos | Una pilastrilla y marcos y la otra extremos de puertas |
| 1 | 2 | Inspeccionar | |
| 1 | 20 | Reparar | |

| | | | |
|---|----|--|--|
| 1 | 21 | Aplicar <i>Pad Stain</i> | |
| 1 | 22 | Aplicar laca | |
| 1 | 3 | Inspeccionar | |
| 2 | 23 | Afinar | 1 persona lijará puertas, costados, corona y otra interior y base (no juntar las personas en un solo mueble) |
| 1 | 24 | Reparar | |
| | 7 | Llegar a cabina 8 | |
| 1 | 25 | Aplicar pringa | |
| 3 | 26 | Reparar filos, despintar bisagras y dar últimos retoques | Una repasa filos, otra despinta bisagras y otra inspecciona y últimos retoques, pinta área guías |
| | 8 | Llegar a cabina 9 | |
| 1 | 27 | Aplicar laca | |
| 2 | 28 | Afinar y aplicar <i>wool wax</i> | Una afina y otra aplica <i>wool wax</i> . |
| 1 | 29 | Bajar mueble de línea | |
| 3 | 1 | Inspeccionar y reparar | 1 inspección indica a los 2 reparadores donde retocar |
| | 2 | En línea hacia empaque | |

| | Evento | Número | Evento | Número | Evento | Número |
|---------|------------|--------|------------------------|--------|------------|--------|
| Resumen | Operación | 29 | Actividades combinadas | 1 | Almacenam. | 2 |
| | Inspección | 5 | Transportes | 8 | | |
| | | | | | | |

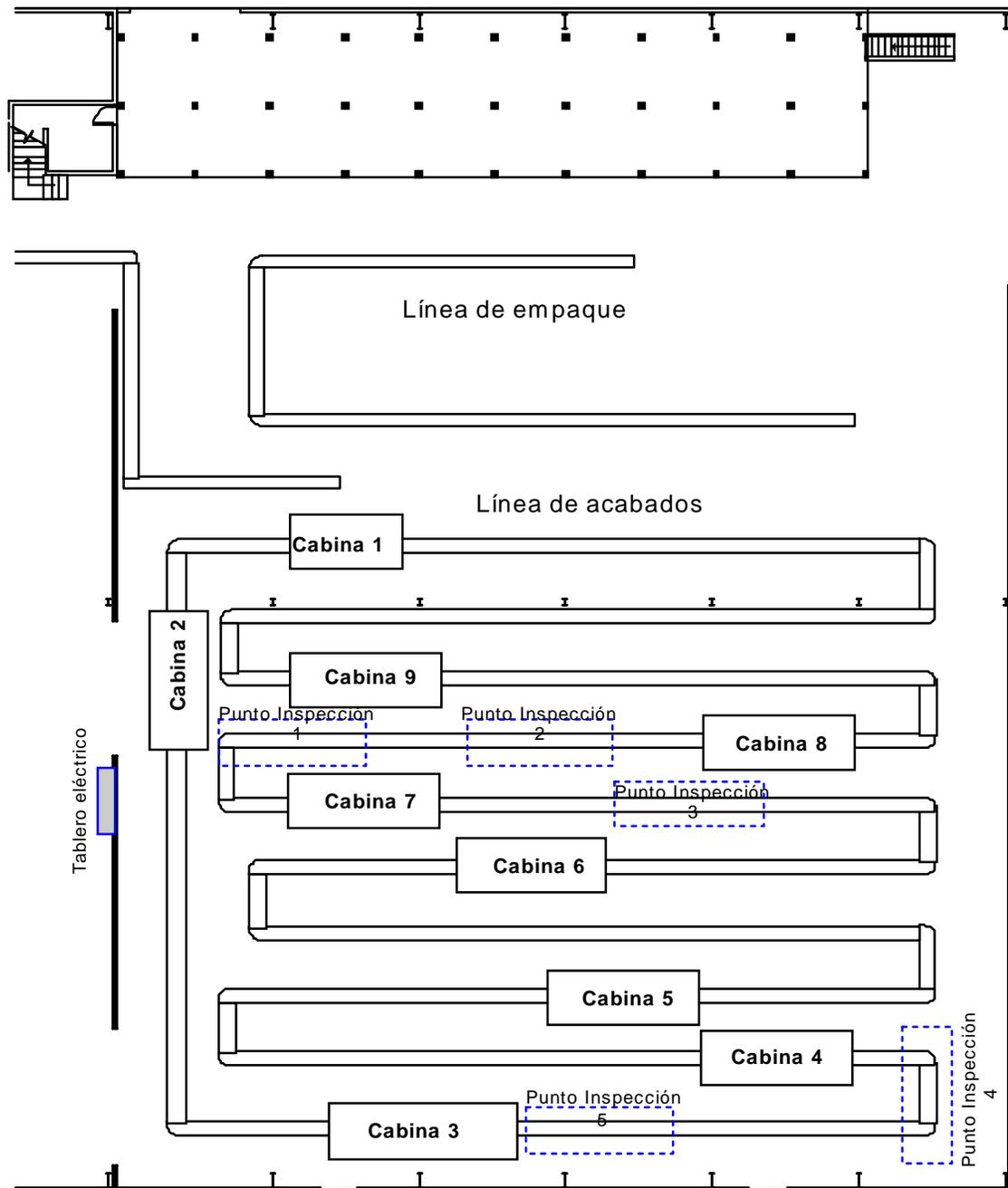
2.1.3 Distribución en planta

La maquinaria y equipo utilizado para el proceso consiste en tanques y equipo de aplicación neumática, cabinas con sistema de extracción y línea transportadora. Es proceso en línea que utiliza la banda transportadora sin fin para el traslado de los muebles, que dado su tamaño y peso, no se podría realizar fácil y rápido si se hiciera de forma manual. La descripción del proceso que se realiza en cada cabina se presenta en la tabla II.

Tabla II. Descripción del proceso que se realiza en las cabinas de aplicación

| Número de cabina | Descripción del proceso |
|------------------|------------------------------------|
| 1 | Aplicaciones de tintes, <i>sap</i> |
| 2 | Laca, <i>wash coat</i> |
| 3 | Aplicación de <i>glaze</i> |
| 4, 6 y 8 | Laca |
| 5 | Aditivos |
| 7 | Sombra |
| 9 | Afinador y retoques |

Figura 4. Distribución en planta del área de acabados



PLANTA GENERAL DEL ÁREA DE ACABADOS
PLANTA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN

2.1.4 Materiales utilizados en el proceso

Para brindarle al cliente una mejor calidad en cuanto al acabado que se le da a los muebles, se utiliza una serie de materiales que le dan el aspecto solicitado. Esto es el brillo, realce de ciertas áreas del mueble, color, tono, etc.

Para cada aspecto de los muebles se utiliza uno o más materiales. Se utiliza una combinación de tintes para obtener el tono de color solicitado por el cliente. Se aplica un material que se llama *carbón black* para oscurecer ciertos lugares, molduras o detalles del mueble. Así como estos hay toda una gama de materiales y todos se utilizan con el fin de lograr el acabado que le brinde al cliente lo que necesita en cuanto a belleza, presencia y protección.

Todos los materiales utilizados en el proceso son a base de solventes para ser utilizados por el equipo neumático. A continuación se da un listado de algunos de los materiales más utilizados en el área de acabados.

- *Thinner*
- Solvente mineral
- *Sap Satín*
- *Lacquer y brown durostain*
- *Oil sealer satín*
- *Carbón Black*
- *Lacquer sealer*
- *10% sheen lacquer*
- *Dry brush stain*
- *Murphis oil soap, glaze stain brown*
- *WW glazing lacquer sealer*
- Lana de acero

2.2 Sistema eléctrico

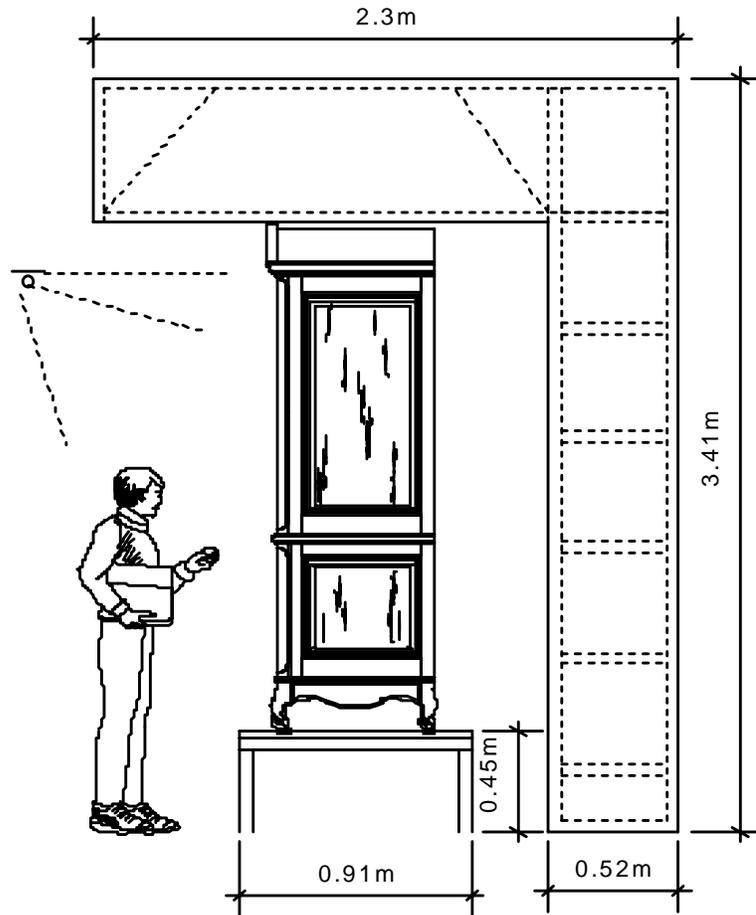
El sistema eléctrico actual consiste en una instalación de tipo industrial, carece de normas de seguridad como conducción correcta (ductos), dimensionamiento correcto de conductores, anclajes adecuados, etc.; es decir, no reúne las condiciones normales y mucho menos las que debe cumplir un sistema anti-explosivo que un área como ésta exige por razones de seguridad. El cableado es realizado a través de canaletas que están descubiertas lo cual incrementa el peligro, ya que todo el material que queda en el ambiente se deposita por gravedad en dichas canaletas, acumulándose y aumentando día con día el riesgo de incendio causado por un corto circuito o sobre calentamiento de las líneas.

2.2.1 Iluminación

La iluminación de esta área está dividida en dos partes, una que corresponde a la iluminación individual de cada cabina y la otra a la iluminación general de la línea de transportación de los muebles y pasillos de caminamiento.

La iluminación de cada cabina está compuesta por lámparas fluorescentes anti-explosivas (modelo H4132B, General Electric) dos unidades de dos tubos de 40 watts por cada cabina. Estas lámparas están situadas en lo alto de la cabina y atrás de donde el operario aplica los acabados como se ilustra a continuación.

Figura 5. Detalle de tamaño de cabinas y ubicación de luminarias



ELEVACIÓN LATERAL

ESC. 1:30

La iluminación general se lleva a cabo a través de lámparas fluorescentes de 2 X 96 y en algunos casos con lámparas de 4 X 96 del tipo industrial (no son a prueba de explosión) y están ubicadas a lo largo de la línea de transportación, están suspendidas por medio de alambre de amarre entorchado y el cableado se realiza sin tubería con cable paralelo 2 x 12 que desciende de las canaletas fijado con cinta de aislar.

2.2.2 Potencia

Para la alimentación eléctrica de los distintos motores y tomacorrientes que se utilizan en el área se utiliza la misma canaleta principal (destapada) y las derivaciones hacia cada motor se realizan a través de tubería conduit, la conexión final se realiza a través de tubería BX metálica.

En el área también se utilizan lámparas, ventiladores y otros accesorios móviles, los cuales se conectan a tomacorrientes tipo péndulo, esta instalación va de las canaletas hacia el techo y luego se conduce hacia el lugar específico por las costaneras, se utiliza cable TSJ de 2 X 12 sin ninguna tubería.

Todos los controles eléctricos (arrancadores, flipones, etc.) de las instalaciones están ubicados en la nave de ensamble que es vecina de la de acabados (ver figura 4); estos controles están mal dispuestos, mal aislados y por no estar en gabinetes adecuados, el polvo llena los componentes eléctricos como contactores, protecciones térmicas, etc. Todo esto hace que el sistema sea inadecuado y riesgoso para el área que cubre. Además de los riesgos también se da el problema de mal funcionamiento de los controles eléctricos.

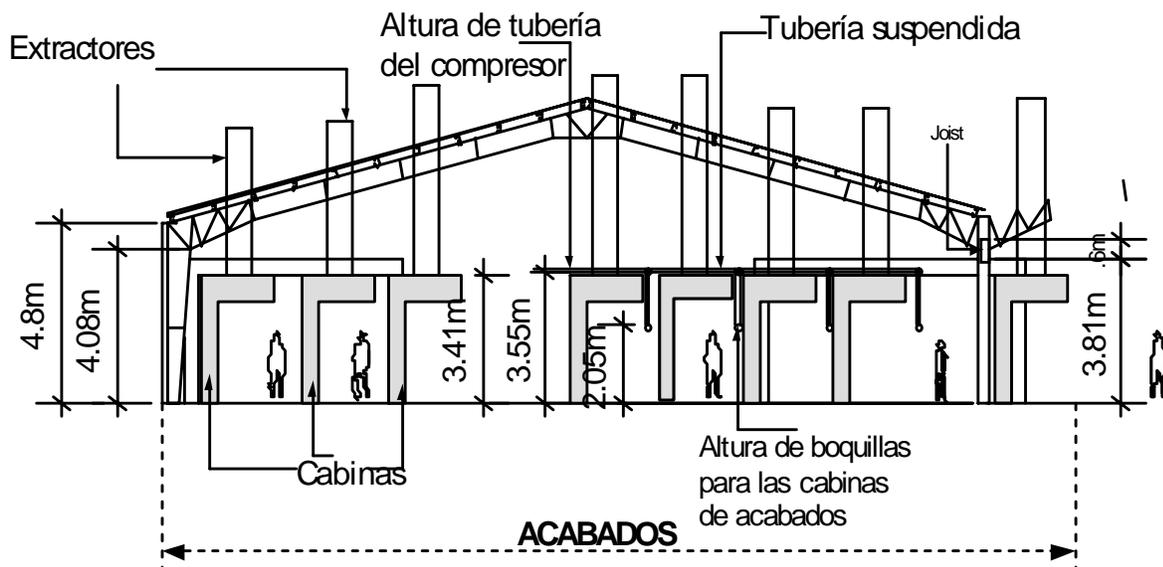
2.3 Instalaciones

2.3.1 Edificios

El edificio de esta área es de estructura metálica del tipo de alma llena, las columnas y vigas están hechas de lámina negra de ¼", para soportar el techo de lámina galvanizada se utilizan costaneras de 1/16x2x6" con una separación de 1.20 metros entre cada una de ellas.

Las paredes que rodean el área están construidas de block de cemento de 15x20x40 centímetros y reforzadas con columnas de concreto armado y sus respectivas soleras de amarre. El piso es de concreto con pasta de cemento para darle una terminación más lisa. Un perfil de la construcción se muestra en la figura 6.

Figura 6. Sección de distribución de instalaciones y equipos del área de acabados



SECCIÓN A - A
ACABADOS

2.3.2 Maquinaria y equipo

La maquinaria que se utiliza en esta área está compuesta principalmente por los extractores de succión que son movidos por motores eléctricos regularmente de 1 ½ HP y de los moto-reductores que accionan la línea transportadora que mueve las bandejas metálicas donde se trasladan los muebles de una estación de trabajo a otra.

El equipo que se utiliza principalmente es neumático, se utilizan motores neumáticos, tanques presurizados, pistolas aplicadoras (de pringa, de gravedad, etc.). También se usa un sistema asistido por aire para el ahorro de materiales, ya que el as de líquido de la aplicación se controla de mejor forma.

2.4 Condiciones de trabajo

Las condiciones de trabajo son todos aquellos factores que afectan al trabajador y su rendimiento. Las condiciones de trabajo deben ser apropiadas, seguras y cómodas.

La experiencia demuestra que establecimientos fabriles que se mantienen en buenas condiciones de trabajo sobrepasan en producción a los que carecen de ellas. Suele ser considerable el beneficio económico obtenido de la inversión para lograr un buen ambiente y condiciones de trabajo apropiadas.

2.4.1 Ruido

Tanto los ruidos estridentes como los monótonos fatigan al personal. Ruidos intermitentes o constantes tienden también a excitar emocionalmente a un trabajador, alterando su estado de ánimo y dificultando que realice un trabajo de precisión. Controversias, conflictos personales y otras formas de mala conducta entre los obreros, pueden ser atribuidas con frecuencia a ruidos perturbadores. Se ha demostrado experimentalmente que niveles de ruido irritantes aceleran el pulso, elevan la presión sanguínea y aún llegan a ocasionar irregularidades en el ritmo cardiaco. Para contrarrestar el efecto del ruido, el sistema nervioso del organismo se fatiga, llegando a producir estados de neurastenia.

En el área de acabados se tienen ruidos que si no son estridentes son continuos y altos. Estos son producidos principalmente por los extractores de succión de las cabinas de aplicación.

Según un estudio que se efectuó el año 1,999 en el área el nivel del ruido en decibeles es del orden de 82 a 87 decibeles como se puede observar en la tabla III, con los niveles de ruido para cada departamento de la planta de producción.

Según los expertos en la materia, 90 decibeles es lo tolerable de ruido para los trabajadores en una jornada de 8 horas de trabajo.

Tabla III. Niveles de ruido de los departamentos de la planta de producción

| Departamento | Decibeles |
|------------------------------|------------------|
| Desorilladoras/despuntadoras | 90 – 100 |
| Prensa | 84 – 88 |
| Área de <i>plywood</i> | 84 – 90 |
| Trompos | 93 – 96 |
| Pasillos en general | 93 – 95 |
| Molduradoras | 86 – 94 |
| <i>Router</i> | 95 – 97 |
| Escuadradoras | 88 - 97 |
| Lijadoras | 90 - 91 |
| Lijadora <i>erreigon</i> | 93 Promedio |
| Pre-ensamble | 82 – 100 |
| Ensamble | 82 - 97 |
| Lijados | 80 - 85 |
| Acabados | 82 - 87 |
| Empaque | 82 - 87 |

2.4.2 Iluminación

El nivel de iluminación que se requiere depende primordialmente de la clase de trabajo que se realice en un área determinada. Es claro que un obrero herramentista o un inspector necesitan más luz para trabajar que la necesaria en un almacén.

Además de la intensidad del alumbrado, hay que tener en cuenta la calidad de la luz, el deslumbramiento por localización de las fuentes luminosas, los contrastes de colores y de brillantez, el parpadeo de las lámparas y las sombras producidas.

La iluminación actual en el área de estudio es muy deficiente, mal distribuida y de mala calidad para el trabajo que se realiza. Existen áreas con poca iluminación y sombras.

La iluminación necesaria debe de ser para tareas que exigen gran esfuerzo visual. Trabajos de precisión que requieren fina distinción de detalles, un grado de contrastes y por períodos prolongados. También es necesario aprovechar la luz natural, aprovechando mejor el techo instalado.

Es necesario utilizar un sistema de iluminación anti-explosivo, se debe tener en cuenta que la instalación es de lámparas, tomacorrientes, interruptores y tubería a prueba de explosión; para cubrir un área de 1642.50 metros cuadrados.

Actualmente se realiza limpieza a las lámparas de las cabinas y la línea de transportación una vez al mes, también se realiza una inspección de las condiciones de funcionamiento de las lámparas (tubos, balastos, bases, cajas, etc.), para cambiar los que estén en mal estado.

2.4.3 Ventilación

Ventilación es el movimiento o circulación del aire para purificar, refrescar, etc. Aplicada a bodegas, fábricas, residencias y además, es circular el aire en un cuarto con el propósito de sacar el aire viciado o usado y reponerlo con una cantidad suficiente de aire fresco, de afuera, para el consumo humano.

La ventilación juega también un importante papel en el control de accidentes y de la fatiga de los operarios. Se ha comprobado que gases, vapores, humos, polvos y toda clase de olores causan fatiga que aminora la eficiencia física de un trabajador, y suele originar tensiones mentales. Los resultados de laboratorio indican que el efecto deprimente de una mala ventilación está asociado al movimiento del aire y a su temperatura y humedad.

Cuando se eleva el grado de humedad, el enfriamiento por medio de la evaporación decrece rápidamente, reduciendo la capacidad del organismo para disipar el calor. Estas condiciones aceleran el ritmo cardiaco, elevan la temperatura del cuerpo y producen una lenta recuperación después de las labores, dando por resultado una fatiga considerable.

Experimentos semejantes llevados a cabo por la Sociedad Norteamericana de Ingenieros de calefacción y ventilación revelaron que incrementos correspondientes en la producción, la seguridad y ánimo del personal laborante se obtienen cuando se introduce una ventilación adecuada en los sitios de trabajo.

El área de acabados consta de estaciones de trabajo donde hay cabinas que están provistas de aspiración con ventiladores axiales, instalados dentro de las chimeneas; dado que en el ambiente interno es fácil percibir la presencia de solventes en el aire, se infiere que la succión es insuficiente. La presencia de solventes volátiles y partículas de laca en el aire, constituyen un riesgo para la salud y para la seguridad. Además, la falta de un filtro en las cabinas, permite que partículas de laca salgan al exterior.

La ventilación del área se efectúa simplemente a través de las puertas de ingreso del personal, una grande de 4 metros de ancho en el lado norte y dos más pequeñas del lado sur de 1 metro de ancho cada una. No existe ventilación forzada ya que no hay ventiladores inyectores o extractores de aire.

Por esta razón hay problemas con la formación de depósitos de materiales que quedan suspendidos en el ambiente y que al no tener una salida adecuada caen por gravedad sobre las instalaciones, cabinas, piso y canaletas de distribución de la energía eléctrica y aumentan el riesgo de incendio. Esto es debido a que el sobrecalentamiento de los conductores eléctricos o una chispa con facilidad pueden inflamar los residuos de materiales depositados sobre ellos.

2.5 Análisis de riesgos

El realizar un análisis de riesgos de siniestros, financieros, etc., de la empresa, es indispensable. Esto ayuda a tener un panorama general de las debilidades de la organización.

La prevención contra las pérdidas por incendio representa un elemento indispensable en la industria y los negocios. Solamente subsiste con una dirección óptima y con el apoyo del trabajo.

La designación de protección contra incendios generalmente comprende el campo completo de prevención contra pérdidas por incendio, incluyendo tanto las causas que provocan los incendios como los métodos para minimizar sus consecuencias. Se incluye también otros factores destructivos como explosiones, flamazos, corriente eléctrica, viento, terremotos, accidentes nucleares y contaminación radiactiva.

El OSHA y los códigos de construcción señalan los estándares mínimos de protección para prevenir daños y la pérdida de la vida. Los estándares más altos para proteger la inversión son una opción de la dirección.

2.5.1 Instalaciones

Las instalaciones deben estar diseñadas y construidas de tal forma que sean funcionales para el proceso productivo y seguras para el personal que trabaja dentro de ellas.

2.5.1.1 Peligro de incendio

La resistencia al incendio se refiere a los tipos de construcción que soportan un incendio considerable sin sufrir daños serios, como la que presentan el concreto reforzado o el acero protegido. Por incombustible se entiende cualquier construcción que no contiene elementos que puedan quemarse, pero que puedan ser estructuralmente dañados por el fuego, como es el caso del metal sin protección.

Por combustibles se entienden las estructuras de materiales completamente combustibles o que contengan elementos que lo son y con una distribución tal, que puedan extender y contribuir al incendio provocando daños importantes. Los tipos de materiales de construcción combustibles se subdividen en **madera pesada**, que también se conoce como “tablones”, o de “combustión lenta”, tiene paredes de mampostería con techos y pisos de madera pesada; **construcción ordinaria**, que tiene paredes de mampostería, con pisos y techos de tablas sobre vigas y frecuentemente se le llama de “combustión rápida”; **armado de madera**, la cual tiene todos los elementos de madera, a excepción de que el exterior va cubierto de una superficie incombustible.

En un área como la de estudio el riesgo de incendio es muy elevado, debido a los productos que se utilizan en esta área en específico.

2.5.1.1.1 Punto de inflamación (de líquidos)

Es la temperatura a la cual un líquido libera vapores en concentración suficiente para presentar ignición en contacto con una fuente de ignición externa cerca de la superficie del líquido.

2.5.1.1.2 Riesgo de explosión por deflagración de polvos

La inflamación de polvos de combustibles suspendidos en el aire es similar a las mezclas de aire y de gas inflamable, con la excepción de que las mezclas de aire y polvo combustible que se encuentran normalmente no suelen detonar. En ciertos casos, tales como en las minas de carbón con túneles prolongados y, por lo tanto, con un elevado grado de confinamiento se han producido detonaciones en nubes de polvo de carbón.

2.5.1.1.3 Riesgo de explosiones por deflagración de materiales nebulizados

La llamada explosión de nieblas es la deflagración de una niebla de pequeñas gotas pulverizadas de líquidos inflamables suspendidas en el aire. Estas nebulizaciones se forman generalmente por la condensación de vapores inflamables en el aire. La ignición de estas nieblas pueden dar como resultado deflagraciones violentas.

2.5.1.1.4 Riesgo de explosiones de nubes de vapores

Se ha utilizado esta expresión para describir las consecuencias de la inflamación de una nube de gran tamaño sin confinar (al aire libre) de una mezcla de vapor nebulizado. Si la nube combustible es bastante grande, puede crear presiones elevadas importantes que producirán desperfectos en las estructuras cercanas.

Este fenómeno puede ser considerado como una forma combinada de deflagración o detonación de una mezcla de gas y material nebulizado. En los últimos años, la liberación accidental de grandes cantidades de vapores inflamables, como ciclo hexano, etileno y propano, ha originado accidentes causantes de destrucciones enormes en complejos industriales y zonas civiles.

2.5.1.2 Riesgo de sismo

Como en cualquier parte de la república, el área donde está ubicada la fábrica no está exenta de padecer en cualquier momento las consecuencias que un sismo puede ocasionar. Guatemala está catalogada como un área geológica sísmica, dado las fallas geológicas que la atraviesan, por la cadena volcánica y por su posición en el globo terráqueo.

2.5.2 Del personal

Estos riesgos se refieren a todos los que los colaboradores pueden encontrar en su área de trabajo y en la empresa misma. Riesgos a su integridad física y mental.

2.5.2.1 Enfermedades

En cualquier operación industrial en que se procesará un material tóxico, de tal manera que las personas responsables de su manejo o que se encuentren en las áreas cercanas a la de operación, estén expuestas a cantidades apreciables de polvos, humos, vapores, gases; resulta de importancia extrema adoptar las medidas de control adecuadas.

Los riesgos para el personal de estar expuestos a enfermedades debido al proceso y a los productos que se utilizan para realizar el mismo se dividen en enfermedades respiratorias, de la piel, del oído y vista. En cuanto al riesgo de enfermedades respiratorias se observa que éste es muy alto, ya que los productos químicos que se utilizan son solventes y al volatizarse causan irritaciones y problemas a todo el sistema respiratorio.

Otro riesgo muy importante es el que tiene que ver con la salud de la piel de las personas, esto es debido nuevamente por el uso de productos químicos derivados del petróleo que pueden causar problemas como resequedad, artritis y otras.

2.5.2.2 Accidentes

En todo lugar donde se utilice herramientas y maquinaria para realizar el trabajo se va a estar expuesto a sufrir cualquier tipo de accidentes si no se utilizan correctamente.

Dado los materiales que se utilizan y a su mal manejo se pueden producir accidentes como quemaduras de la piel, daño a los ojos por salpicadura de solventes, quedar atrapados por la cadena de la línea transportadora, golpes causados por la bandejas de transportación.

2.5.3 Sistemas de protección

En las industrias o trabajos que ofrezcan peligro de incendio o explosión, deben tomarse las medidas necesarias para que todo incendio en sus comienzos, pueda ser rápida y eficazmente combatido. Las medidas principales serán, según el caso.

- Los locales deben disponer de agua a presión y de un número suficiente de tomas o bocas de esa agua con las correspondientes mangueras con lanza.
- Debe disponerse de una instalación de alarma y de rociadores automáticos de extinción.
- Debe haber siempre, el número suficiente de extintores de incendio, repartidos convenientemente. La naturaleza del producto extintor debe ser apropiada a la clase de riesgo.
- Debe disponerse también de recipientes llenos de arena, de cubos, palas, piochas y cubiertas de lona ignífuga.
- Todo el material de que se disponga para combatir el incendio debe mantenerse en perfecto estado de conservación y funcionamiento, lo cual se comprobará periódicamente.
- Deben darse a conocer al personal las instrucciones adecuadas sobre salvamento y actuación para el caso de producirse el incendio y deben designarse y aleccionarse convenientemente, aquellos trabajadores que hayan de actuar y manejar el material extintor.

2.5.3.1 Sistema de protección contra incendio

Todos los años se producen cuantiosas pérdidas a consecuencia de incendios y explosiones. Estas pérdidas no sólo se deben al poder destructivo del fuego, el agua y el humo sobre los materiales, maquinaria, equipo e instalaciones, sino que existen muchas otras pérdidas intangibles e indirectas que no pueden traducirse en cifras económicas, como pueden ser.

- Pérdidas de empleo, salarios y vidas
- Quiebras de negocios
- Destrucción de objetos irremplazables como maquinaria y equipo

El riesgo de incendio es inherente a cualquier proceso, dentro del cual están expuestas tanto las personas como las instalaciones mismas. De aquí la importancia de una eficiente protección contra incendios que permita prevenir, detectar y extinguir un incendio.

Los sistemas de protección contra incendio son todos aquellos procedimientos y equipos que ayudan a prevenir o a sofocar un incendio o conato de incendio.

Entre los procedimientos se tiene que es necesario el formar un buen plan de seguridad industrial, capacitación del personal, planes de contingencia, formación de brigadas contra incendio, planes y mecanismos de divulgación de normas de seguridad.

Los equipos para la protección contra incendios son variados, van de simples cubos de arena, hasta equipo de rociadores automáticos. Un listado aproximado sería el siguiente:

- Hidrantes para combatir incendios
- Extinguidores tipo BC y ABC
- Rociadores de agua
- Rociadores de espuma
- Sistema de bombeo de agua
- Cubos de arena

2.5.3.1.1 Red de hidrantes

La fábrica cuenta con una red de hidrantes o tomas de agua que están instalados tanto en el exterior como en el interior de los edificios. La red completa es alimentada por tubería de 4" de diámetro, luego es reducida a 2" en cada hidrante y por último se reduce con un niple especial al diámetro de las mangueras que es de 1 ½".

Existen más de 20 hidrantes diseminados en toda la fábrica, según se observa en el plano de ubicación. Cada hidrante está compuesto de.

1. Gabinete con puerta de vidrio y cerradura
2. Extinguidor (de polvo químico seco o de bióxido de carbono según sea el equipo o lugar a proteger)
3. Válvula de globo
4. Manguera o mangueras
5. Pitón o pichacha que se coloca en un extremo de la manguera.

Los hidrantes son utilizados para incendio de clase "A", es decir, los que están formados por materias sólidas (plásticos, etc.) y orgánicas (carbonáceas) tales como el papel, madera, telas, carbón, semillas, granos, etc.

Debido a que los hidrantes usan agua como medio de sofocar un incendio, no se deben utilizar en equipos eléctricos energizados. Además, los hidrantes se usan cuando ya son incendios declarados y los extinguidores ya no son funcionales.

2.5.3.1.2 Extinguidores

Un extinguidor es simplemente un aparato portátil, de fácil manejo, capaz de producir una reacción química con la cual es posible apagar principios o conatos de fuego si se usa correctamente, o propagarlos y convertirlos en verdaderos siniestros, con graves riesgos personales y materiales si se usan en forma inadecuada.

Existen muchas marcas, tipos y forma de extinguidores, pero todos se circunscriben en sí a un fin específico: **enfriar y asfixiar**. Al saber que el fuego es una oxidación rápida, transformación o unión química, en la cual el material combustible con los necesarios grados de calor se combina con el elemento carburante por excelencia, el oxígeno produce **humo, gases, llama, calor** y lógicamente la reducción del oxígeno del área incendiada, pues el fuego se alimenta de esto. Se puede decir que es posible disolver esta unión química al separar sus elementos componentes, **material combustible, calor y oxígeno**.

En el área de acabados se cuenta con extinguidores del tipo ABC de 20 libras de capacidad cada uno, colocados en cada cabina y en los hidrantes. Se utiliza este tipo de extinguidores debido a que es el más adecuado a utilizar para detener conatos de incendios producidos por los productos derivados del petróleo, tipo B.

Adicional al equipo anterior existe una unidad rodante de polvo químico seco de 125 libras de capacidad, la cual está situada entre el área en estudio y la bodega de materiales para acabados y combustibles. La ubicación de los mismos se detalla en las figuras 7 y 8.

2.5.3.1.3 Brigadas de bomberos industriales

Las brigadas contra incendio son esenciales para desarrollar y mantener un programa de protección efectiva contra incendios en cada lugar de trabajo. Debe hacerse cualquier esfuerzo para la rápida notificación y la pronta respuesta por parte del departamento de bomberos local, para controlar el fuego a los pocos minutos de haberse iniciado. La disponibilidad inmediata de la protección adecuada contra incendios y del equipo para controlarlo resulta esencial.

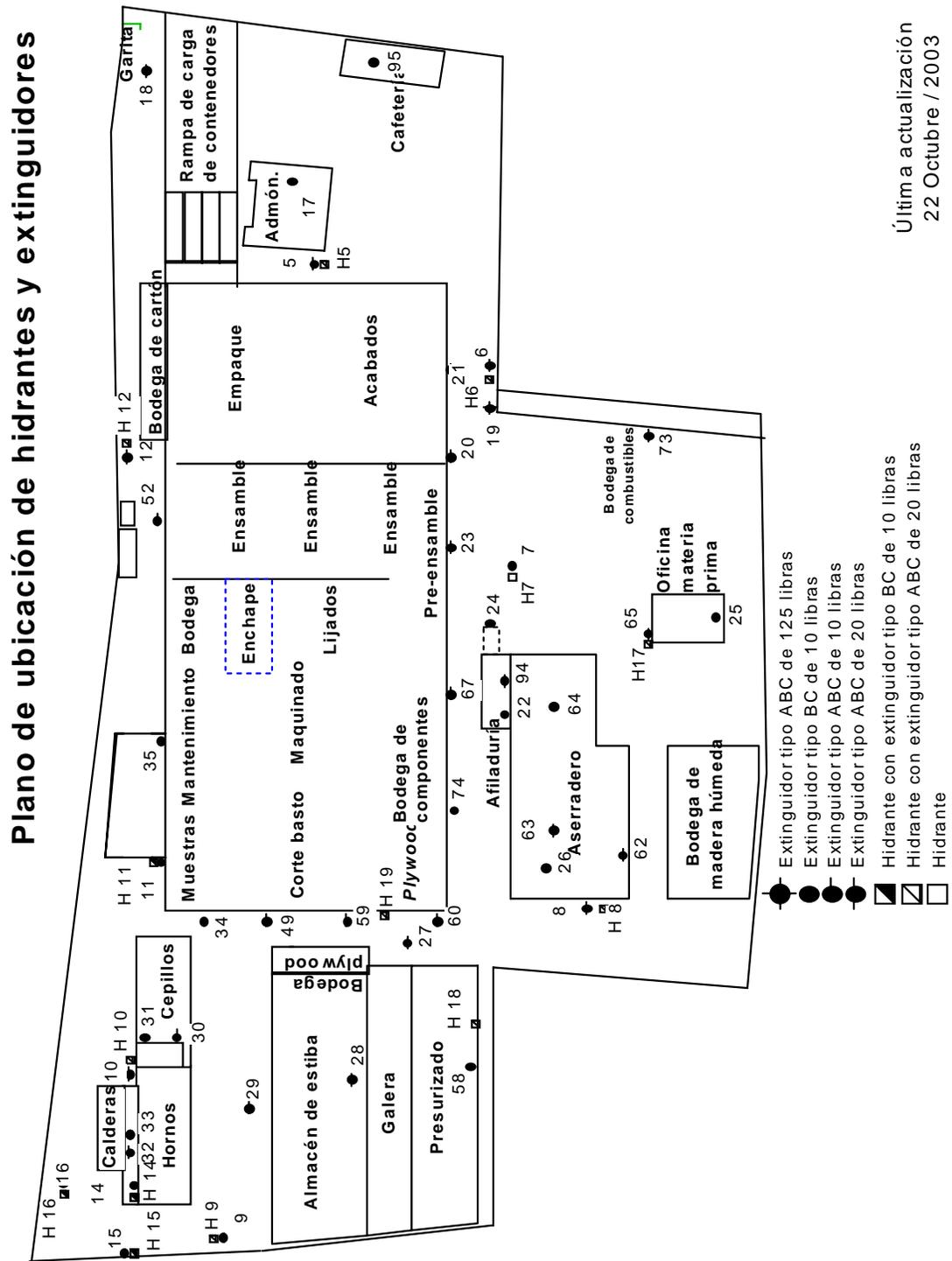
2.5.3.2 Protección personal

Debido a la naturaleza de la operación, consideraciones económicas, o a ambos factores, no es siempre posible eliminar ciertos peligros por cambios de métodos, equipo y herramientas. Cuando éste es el caso, a menudo puede protegerse totalmente un operario mediante el equipo de protección personal. Este equipo comprende gafas o anteojos, caretas, cascos, delantales, pantalones especiales, tapones de oídos, guantes, zapatos y equipo respiratorio.

El objetivo de la utilización de este equipo de protección es eliminar las enfermedades ocupacionales que son originadas por algunas condiciones extremas, a las cuales está expuesto el personal que labora en esta área.

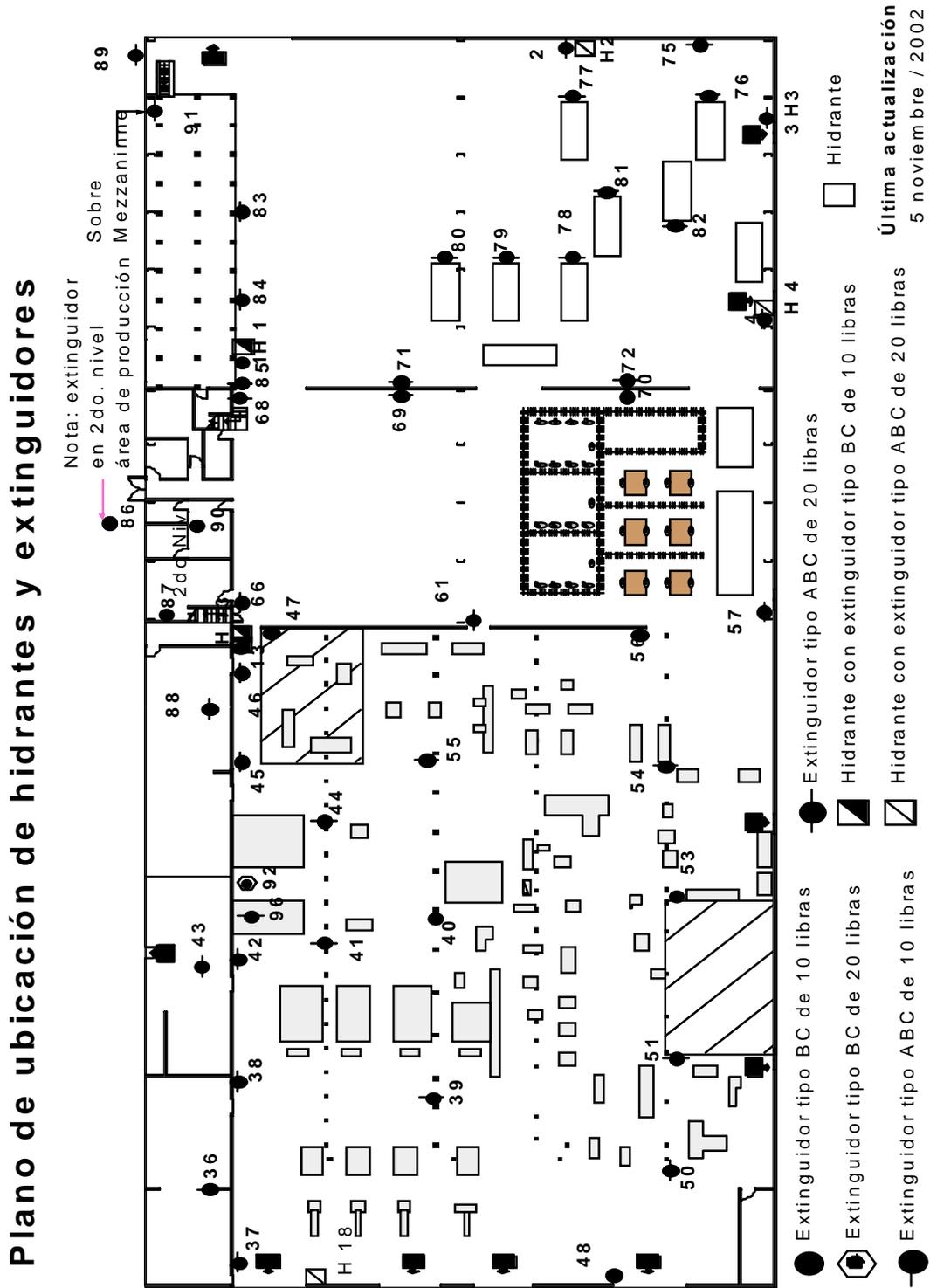
Para ofrecer un ambiente agradable y seguro de trabajo es necesario contar con el equipo y herramientas adecuadas para la realización de las tareas cotidianas.

Figura 7. Plano de ubicación de hidrantes y extinguidores fuera de la planta de producción



Planta general

Figura 8. Plano de ubicación de hidrantes y extinguidores dentro de la planta de producción



2.5.3.2.1 Protección auditiva

Para la protección auditiva se pueden utilizar diferentes equipos, entre ellos están, orejeras, tapones para oídos, etc. En el área de acabados se utilizan tapones de silicón. Estos tapones son lavables y tienen mayor duración que los desechables de esponja que comúnmente se utilizan. Estos tapones ofrecen, entre otras ventajas un mayor sello en el conducto auditivo, son cómodos y fáciles de utilizar, tienen un cordón suave trenzado que cuelga fácilmente sin que tuerza o se doble, mayor duración. Brindan con todo ello mayor protección al personal.

El modelo que se utiliza en la fábrica es el 1270 y 1271 de la marca 3M, son tapones reutilizables, tienen un índice NRR de 25dB (tasa de reducción de ruido).

2.5.3.2.2 Protección visual

La protección visual se refiere a todo equipo que ayude a proteger el sentido de la vista y su órgano más expuesto los ojos.

Entre la protección visual se tiene las gafas y pantallas adecuadas (caretas) contra toda clase de proyección de partículas sólidas, líquidas o gaseosas, calientes o no, que puedan causar daño al trabajador. Se deben utilizar gafas y protectores especiales contra radiaciones luminosas o caloríficas peligrosas, cualquiera que sea su origen.

En la fábrica se utiliza lentes de seguridad en todos las áreas o equipos donde se puedan dar todo este tipo de situaciones, se usa el modelo, *see pro plus* y son de policarbonato. En las máquinas o equipo que utilizan señalador laser y luz ultravioleta se utilizan lentes especiales para evitar que este tipo de radiaciones dañen la vista del personal.

2.5.3.2.3 Protección respiratoria

Para la protección de las vías y aparato respiratorio se utilizan mascarillas de acuerdo al área o lugar en que laboran las personas, no se utiliza la misma mascarilla para proteger al personal que labora en el área de maquinado y lijados con las que trabajan en el área de acabados, por ejemplo.

Máscaras o caretas respiratorias deben ser proporcionadas al personal, cuando por la índole de la industria o trabajo, no sea posible conseguir una eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud.

Para el área de estudio, que es la de acabados, se utiliza una mascarilla con cartuchos de carbón activado y prefiltro, el modelo 6200 de la marca 3M. Este modelo se utiliza en las cabinas de aplicación ya que ahí la exposición a los vapores y nieblas de los solventes es mucho mayor. Para el resto de personal se utiliza el modelo 8247 de la marca 3M, esta mascarilla cumple con las normas NIOSH: R95, es para aplicaciones en trabajos de fundición, laboratorios, agricultura, productos petroquímicos, trabajos de pintura a mano.

2.5.3.2.4 Protección corporal

Ésta se lleva a cabo con la ayuda de gabachas de cuero o plástico resistente a los solventes; el personal también utiliza guantes para manipular los materiales y para aplicación con pistola y a mano de los tintes y lacas. También se deben utilizar cascos para proteger de toda clase de proyecciones violentas o posible caída de materiales pesados.

Se deben utilizar guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzado especial, para la protección conveniente del cuerpo contra las proyecciones, contaminaciones y contactos peligrosos en general.

Además deben utilizarse trajes o equipos especiales para el trabajo, en el caso que éste ofrezca marcado peligro para la salud o para la integridad física del trabajador.

3. SISTEMA PROPUESTO

3.1 Consideraciones para la selección del sistema eléctrico propuesto

Para satisfacer las necesidades de iluminación de un área peligrosa, potencialmente peligrosa o en un ambiente adverso, el propietario, compañía de seguros responsable y las autoridades correspondientes, deben tener el conocimiento adecuado sobre el uso que se le dará, al definir las necesidades, del área en cuestión antes de especificar una luminaria.

Existen varias regulaciones que deben tomarse en cuenta para seleccionar el sistema eléctrico adecuado, estas son: determinar la atmósfera de trabajo, temperatura de trabajo, determinar la temperatura de auto-ignición de los gases, el tipo de ambiente.

3.1.1 Atmósfera de trabajo

Ésta se define en base a los productos que puedan encontrarse en forma de vapores o partículas suspendidas en el aire del área o localización peligrosa para la que se especificará el sistema eléctrico anti-explosivo.

El *National Electrical Code* (NEC), distribuye y define reglas básicas en la aplicación e instalación de luminarias en lugares peligrosos.

Los lugares peligrosos se definen en términos de clases, divisiones y grupos según NEC. Estas definiciones fueron presentadas en el inciso 1.2.7.1.1.1.

Para el área de acabados que es la de estudio, se debe tomar en cuenta las siguientes reglas:

Clase I. Lugares en donde hay o puedan estar presentes gases o vapores inflamables en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Grupo D. Atmósferas que contienen gasolina, hexano, nafta, benceno, butano, propano, alcoholes, acetona, benzol, vapores de disolvente de lacas y gas natural.

División II. El peligro está presente sólo por una falla del equipo y otra condición anormal de funcionamiento.

3.1.2 Temperatura de trabajo

Es muy importante determinar esta información, ya que de ello depende también que se elija la luminaria adecuada a la temperatura de trabajo del área en cuestión. La temperatura que es generada por el funcionamiento de la lámpara no puede exceder la temperatura de auto-ignición de los gases y vapores producidos por los productos utilizados en el proceso de acabados.

Para la obtención de los datos de temperatura del área de trabajo se hicieron mediciones a diferentes horas del día utilizando un termómetro, los resultados promedio se presentan en la tabla IV.

Tabla IV. Temperatura promedio del área de acabados

| Jornada de trabajo | Temperatura promedio °C |
|---------------------------|--------------------------------|
| Matutina | 22 grados centígrados |
| Vespertina | 24 grados centígrados |

3.1.3 Determinación de la temperatura de auto-ignición de los gases

La temperatura de auto-ignición es la temperatura a la cual un material sólido, líquido o gaseoso se incendiará continuando en combustión sin necesidad de poner una chispa o llama. Los vapores que se producen en acabados pertenecen a los productos del grupo “D”, según la clasificación de NEC.

En la tabla V se observa la temperatura de auto-ignición de todos los materiales que se utilizan en el área de acabados, así puede determinarse, cual es la menor. Como se puede observar en la tabla, la temperatura de auto-ignición menor es de 226 °C.

3.1.4 Determinación del tipo de ambiente

En algunas industrias las luminarias trabajan bajo condiciones que se consideran adversas, ambientes corrosivos, húmedos, etc. Debido a lo anterior es necesario determinar el tipo de ambiente al que serán sometidas las luminarias y hacer la selección correcta de ellas. Para lograr este objetivo se utilizará la tabla VI.

Tabla V. Temperaturas de auto-ignición de los materiales utilizados en acabados

| Descripción del material | Temperatura auto-ignición °C | Base | Componente |
|--|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| <i>Low haps lacquer washcoat (10%)</i> | 250 | <i>Thinner</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>Rn. Lac durostain</i> | 363 | <i>Thinner</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Durostain</i> | 363 | <i>Thinner</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>White water emulsion</i> | <i>No aplica</i> | | |
| <i>Real tone</i> | 250 | <i>Laca</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>L/HFD PS-1180 pad stain</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Spatter</i> | 250 | <i>Alcohol</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>Lacquer durostain</i> | 363 | <i>Thinner</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Clear Crackle</i> | 250 | <i>Thinner</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>Low haps 10 sheen lacquer</i> | 250 | <i>Laca</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>H/S lacquer sealer</i> | 250 | <i>Sellador</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>Anhydrol PM 4081</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Dry brush stain</i> | 226 | <i>Thinner</i> | <i>Aliphatic petroleum distillate</i> |
| <i>White real tone</i> | 250 | <i>Laca</i> | <i>Aliphatic naphtha</i> |
| <i>Low haps cherry/mahogany sap s</i> | 363 | <i>Mineral</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Glaze stain</i> | 226 | <i>Mineral</i> | <i>Aliphatic petroleum distillate</i> |
| <i>NGR stain</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Oil sealer stain</i> | 232 | <i>Thinner</i> | <i>Mineral spirits</i> |
| <i>White powder glaze</i> | 232 | <i>Thinner</i> | <i>Mineral spirits</i> |
| <i>L/H PS-1200 pad stain</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Carbon black</i> | 226 | <i>Thinner</i> | <i>Aliphatic petroleum distillate</i> |
| <i>NGR toner</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Pad stain</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |
| <i>Cherry wiping stain</i> | 232 | <i>Thinner</i> | <i>Mineral spirits</i> |
| <i>Sap stain</i> | 363 | <i>Alcohol</i> | <i>Ethanol</i> |

Tabla VI. Tipo de ambiente de trabajo para luminarias

| Ambiente adverso | Industria |
|--|---|
| Ácidos | |
| Hidroclorito (muriático) | Manufactura de metales, ladrillos y cerámica |
| Nítrico | Explosivos, textiles, fertilizantes, plásticos, pulido de metales |
| Sulfúrico | Petróleo, fertilizantes, baterías, pulido de metales, chapeados metálicos |
| Fosfórico | Fertilizantes, alimenticias, pulido de metales |
| Hidrofluorídrico | Pulido de metales, vidrio, petróleo, productos de iluminación |
| Bases | |
| Sodio e hidróxido de potasio | Pulido de metales, químicos, papeleras, petróleo, alimenticias |
| Gases | |
| Cloro | Papeleras, huleras, químicos, farmacéuticas, metales, petróleo |
| Dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre | Químicos, papeleras, alimenticias |
| Sales | |
| Cloruros | Procesos en metales, baterías, procesos con carbón |
| Otros | |
| Vapor, agua salada, polvo | Químicos |

El área de acabados presenta un ambiente adverso en cuanto a la deposición de partículas, polvo y gases inflamables de los derivados del petróleo. Como el ambiente no es corrosivo, se puede utilizar las luminarias normales que los fabricantes ofrecen. En caso contrario tendría que solicitarse luminarias de diferentes materiales que sustituyan a la fibra de vidrio reforzada con poliéster o fibra de vidrio reforzada con polibutilnetereftalato, polipropileno. Un material que se podría utilizar para sustituir a estos sería el aluminio fundido u otros materiales que ofrezcan más resistencia a ambientes corrosivos.

3.1.5 Cálculo de iluminación

Hay varias maneras de encarar una iluminación industrial, principalmente se observa gran cantidad de factores a tomar en cuenta, que varían según el tipo de industria, el proceso de fabricación, los materiales con que se trabaja, los acabados, etc.

También se debe considerar si la luz de la fuente se refleja directamente a los ojos, el contraste y la visibilidad resultante se reducen mucho. Cuando una fuente altamente luminosa se refleja en forma directa a los ojos, es posible que anule por completo una tarea.

Las reflexiones veladas se controlan por medio de un adecuado diseño y colocación de los aparatos lumínicos y artefactos. Para un trabajo sobre una superficie horizontal, la línea de mira para la mayoría es de 0 a 40 grados a partir de la vertical, con un ángulo pico cercano a los 25 grados. Algunos diseños mantienen el flujo fuera de la zona de los 0 a 40 grados. Hasta donde sea posible, el área de trabajo debe tener una superficie mateada sin detalles brillantes, y la luz debe venir desde un lado o detrás del trabajador.

Además de la reflexión velada, hay una reducción en el contraste debido a la luz que, desde la fuente, entra directamente en el ojo. Esto se llama incapacidad por efecto deslumbrante, lo cual produce un velo luminoso sobre la imagen de trabajo en la retina. Esto no es un problema serio en el alumbrado interior, pero es importante en el alumbrado de carreteras y situaciones similares.

Para obtener una buena iluminación es necesario evaluar los siguientes factores:

- **Nivel lumínico adecuado:** no todos los trabajos requieren el mismo nivel lumínico. Para apreciar detalles pequeños se requiere más iluminación, lo mismo sucede para los colores oscuros. No existe ninguna ley matemática que indique exactamente los valores requeridos en cada caso; sin embargo, distintas sociedades de ingenieros se han dedicado a investigar los niveles requeridos para distintos tipos de trabajo, han llegado a conclusiones bastante diferentes. Esto puede asociarse a las distintas condiciones económicas y costumbres de los países.

A continuación se presenta una serie de tablas con los niveles lumínicos sugeridos comúnmente, aprobados por la Sociedad de Aplicaciones Industriales IEEE.

Los trabajos se clasificarán de acuerdo a las normas IES.

Tabla VII. Clasificación de los trabajos

| Descripción | Rango |
|--|--------------|
| Montaje | |
| Simple | D |
| Moderadamente difícil | E |
| Difícil | F |
| Muy difícil | G |
| Extra difícil | H |
| | |
| Talleres | |
| Trabajo grueso | D |
| Trabajo medio | E |
| Trabajo fino | H |
| | |
| Oficinas | |
| Lectura de reproducciones pobres | F |
| Lectura y escritura a tinta | D |
| Lectura impresiones de mucho contraste | D |
| | |
| Salas de dibujo | |
| Dibujo detallado | F |
| Esbozos | E |
| | |
| Áreas de servicio | |
| Escaleras, corredores, entradas, baños | C |

Los rangos de iluminancia en Lux se aplicarán de la siguiente manera.

Tabla VIII. Rangos de iluminancia en lux

| Rango | Nivel lumínico | Descripción |
|--------------|-----------------------|---|
| A | 20 – 30 – 50 | Áreas públicas, alrededores oscuros |
| B | 50 – 75 – 100 | Áreas de orientación, corta permanencia |
| C | 100 – 150 – 200 | Trabajos ocasionales simples |
| D | 200 – 300 – 500 | Trabajos de gran contraste o tamaño. Lectura de originales y fotocopias buenas. Trabajo sencillo de inspección o de banco |
| E | 500 – 750 – 1000 | Trabajos de contraste medio o tamaño pequeño. Lectura a lápiz, fotocopias pobres, trabajos moderadamente difíciles de montaje o banco |
| F | 1000 – 1500 – 2000 | Trabajos de poco contraste o muy pequeño tamaño, ensamblaje difícil, etc. |
| G | 2000 – 3000 – 5000 | Lo mismo durante períodos prolongados. Trabajo muy difícil de ensamblaje, inspección o de banco |
| H | 5000 – 7500 – 10000 | Trabajos muy exigentes y prolongados |
| I | 10000 – 15000 – 20000 | Trabajos muy especiales, salas de cirugía |

Para seleccionar entre los límites establecidos, se tomarán en consideración los siguientes factores de peso.

Tabla IX. Factores de peso para escoger los límites de iluminación

| Factores de peso | -1 | 0 | 1 |
|---------------------------------|---------------|------------|---------------|
| Edad | Menor de 40 | 40 – 55 | Mayor de 55 |
| Velocidad o exactitud | No importa | Importante | Crítico |
| Reflectancia de los alrededores | Mayor de 70 % | 30 – 70 % | Menor de 70 % |

Tabla X. Sumatoria de factores de peso

| Sumatoria factores de peso | Rango de valor a utilizar |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| -2 ó -3 | Utilizar el valor inferior |
| -1, 0, +1 | Utilizar el valor medio |
| +2 ó +3 | Utilizar el valor superior |

- **Uniformidad:** se debe procurar que la iluminación sea lo más uniforme posible; es costoso lograr la uniformidad absoluta, pero es imprescindible evitar los contrastes fuertes. La iluminación general permite obtener un alto grado de uniformidad, pero en locales de trabajo de alta precisión es generalmente recomendable utilizar alumbrado complementario individual, debiéndose tratar que el alumbrado general sea lo suficientemente elevado para no causar contrastes demasiado marcados. La uniformidad está directamente relacionada con el número de lámparas y su distribución en un ambiente.

Para lograr una uniformidad aceptable, se ha recomendado que el espaciamiento de las lámparas sea en la norma alemana 1.5 a 2.5 la altura de suspensión y en la norma americana menor o igual a la altura de suspensión.

La altura de suspensión es la altura de la lámpara sobre el plano de trabajo que es usualmente entre 2 y 3 metros.

- **Ausencia de deslumbramiento:** el deslumbramiento disminuye la capacidad funcional del ojo, produce molestias, inseguridad en el trabajo y peligro de accidentes. Para reducir o evitar el deslumbramiento se utilizan lámparas con difusores, y se colocan las lámparas fuera del ángulo visual normal (15 grados sobre el plano horizontal a la altura de la vista). También es importante evitar reflejos causados por superficies brillantes, etc.
- **Graduación de sombras:** la graduación de sombras está íntimamente ligada a la uniformidad. Mientras mayor sea el número de lámparas, serán más suaves las sombras. El alumbrado generalmente no debe estar desprovisto de sombras, ya que éstas ayudan a la percepción tridimensional. Sin embargo hay que evitar sombras fuertes que perjudican la vista y dificultan apreciar los detalles de los objetos.
- **Color de la luz:** para ciertos trabajos (contabilidad por ejemplo), no afecta el color de la luz. Sin embargo en lugares donde hay que apreciar los colores (comercio, arte, acabados) el alumbrado debe ser lo más parecido posible a la luz natural, para evitar la distorsión. Para efectos especiales, se pueden utilizar colores fuertes que realzan algunos aspectos deseables (alumbrado de vitrinas, etc.)

3.2 Diseño del sistema eléctrico propuesto

El objeto de un diseño de alumbrado es proporcionar iluminación suficiente para una tarea visual dada sin producir malestar. No es difícil obtener suficiente luz con las modernas fuentes luminosas, pero si se colocan y controlan en forma inadecuada, se obtendrá luz molesta y deslumbrante. Un trabajo dado necesita un espacio, contraste de luminancia y color.

Existen dos tipos de iluminación la general y la complementaria o específica. La iluminación general de un ambiente da mayor uniformidad, pero mantener un nivel muy alto es costoso, por lo que en muchas ocasiones se prefiere utilizar el alumbrado complementario directamente en las áreas que requieren el más alto nivel, alumbrando el resto del ambiente con un nivel más bajo, por ejemplo: lámparas de dibujo, escritorio, inspección, etc.

3.2.1 Iluminación

Los principales métodos que se utilizan para diseño lumínico son:

- a. Punto por punto,
- b. Curvas isolux,
- c. Utilización o rendimiento, y
- d. Cavidad zonal.

Los métodos **a** y **b**, son utilizados para alumbrados de exterior donde se desprecian factores de reflexión y se considera que toda la luz producida por las lámparas es enfocada o dirigida hacia la superficie a iluminar.

Los métodos **c** y **d**, se aplican para alumbrado de interiores, en los cuales un cálculo exacto o directo es prácticamente imposible, debido a las variantes de reflexión de los ambientes. Estos se basan en factores experimentales que relacionan el rendimiento lumínico total con las dimensiones y acabados de los ambientes.

Debido a que el área de estudio es interna, se analizarán únicamente los métodos c y d.

3.2.1.1 Método de rendimiento o utilización

Los pasos que hay que seguir son los siguientes:

- Seleccionar el nivel lumínico de acuerdo a una de las normas, ver tabla VII.
- Seleccionar el tipo de iluminación, clasificado generalmente como directo, indirecto, semi-directo, semi-indirecto y de difusión general de acuerdo con el % de luz dirigida hacia arriba o hacia abajo (D, I, SD, SI, G), ver anexo 1.
- Seleccionar los colores del ambiente.

Tabla XI. Coeficientes de reflexión de acuerdo al color de pintura

| Color | Coeficiente de reflexión % | Tipo de color |
|-----------------|----------------------------|---------------|
| Blanco | 75 – 85 | Claro |
| Marfil | 70 – 75 | Claro |
| Colores pálidos | 60 – 70 | Claro |
| Amarillo | 55 – 65 | Semi-claro |
| Marrón claro | 45 – 55 | Semi-claro |
| Verde claro | 40 – 50 | Semi-claro |
| Gris | 30 – 50 | Semi-claro |
| Azul | 25 – 35 | Oscuro |
| Rojo | 15 – 20 | Oscuro |
| Marrón oscuro | 10 – 15 | Oscuro |

- Estimar el coeficiente de mantenimiento K', que toma en cuenta la disminución de la luz debido al envejecimiento y ensuciamiento, que oscila entre 0.50 y 0.80.
- Calcular la relación de ambiente (RR) con la fórmula:

$$RR = \frac{L * H}{h(L + H)} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde,

L = largo del ambiente

H = ancho

h = altura de suspensión de la lámpara sobre la superficie de trabajo.

- Buscar el coeficiente de utilización (K). Si no apareciera el valor exacto de K, será necesario interpolar o extrapolar.
- Se calcula el flujo lumínico total que hay que proporcionar:

$$F = \frac{E * S}{K * K'} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

E = Iluminación en luxes,

S = Superficie en m²,

K = Coeficiente de utilización, y

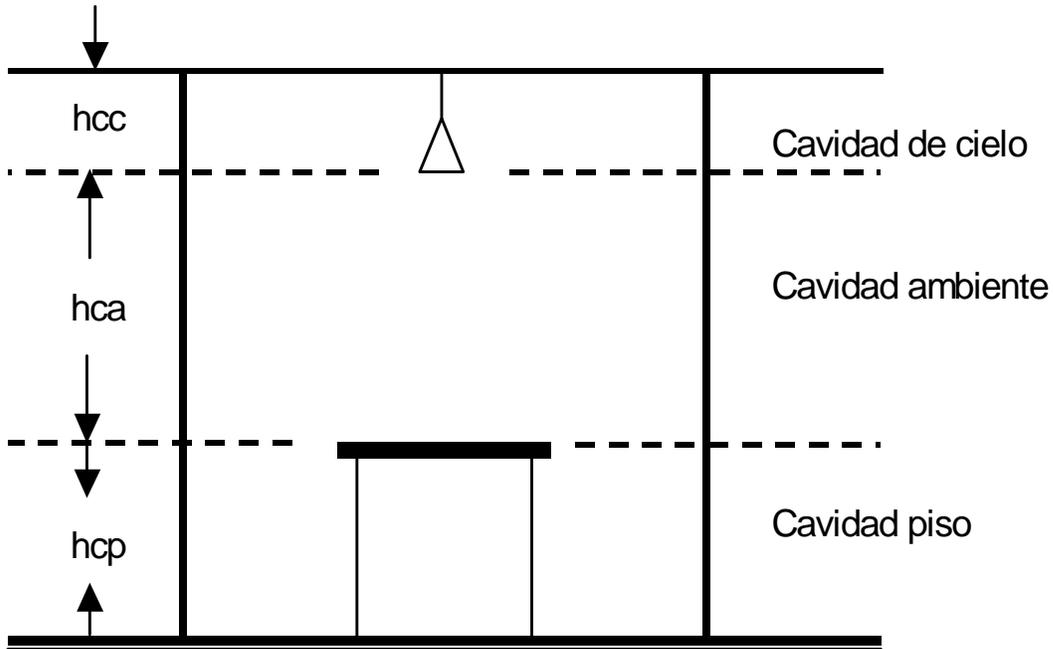
K' = Factor de mantenimiento.

- Se calcula el espaciamiento máximo de lámparas de acuerdo al principio de uniformidad para determinar el # de lámparas requeridas.
- Se determina el flujo por lámpara dividiendo el flujo total entre el número de lámparas y se escogen las bombillas o tubos adecuados para proporcionar como mínimo ese flujo lumínico.

3.2.1.2 Método de cavidad zonal

Este método que es el más moderno, consiste en encontrar un coeficiente de utilización, pero determinado de una forma un poco diferente. El ambiente se considera formado por 3 cavidades o espacios zonales, de cielo, de ambiente y de piso (ver la figura 9).

Figura 9. Dibujo para determinación de los espacios o cavidades zonales



Con las dimensiones del ambiente y las alturas de las cavidades zonales respectivamente, se pueden determinar ciertas relaciones para encontrar las reflectancias respectivas. Para aplicar este método se procede en la forma siguiente.

Los pasos del 1 al 4 se encuentran como en el método de rendimiento.

- Se determinan las relaciones de cavidad de ambiente, de cielo y de piso respectivamente, así:

$$R_{ca} = \frac{5 h_{ca}(L + H)}{L * H} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$R_{cc} = \frac{5h_{cc}(L + H)}{L * H} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$R_{cp} = \frac{5h_{cp}(L + H)}{L * H} \quad (\text{Ecuación 5})$$

- Este paso se sub-divide en los siguientes:
 - a. Buscar en la tabla de reflectancia efectiva en anexo 1, para la cavidad de cielo entrando a la misma con los valores de reflectancia de cielo y de paredes y la relación de cavidad de cielo R_{cc} .
 - b. Proceder similarmente para encontrar la reflectancia efectiva de la cavidad de piso P_{cp} , usando la reflectancia de piso P_f , anexo 1.
- Con los valores de relación de cavidad ambiente R_{ca} y los de reflectancia efectiva de cavidad de cielo P_{cc} , y de reflectancia de paredes P_p , encontrar o interpolar en las tablas correspondientes, el coeficiente de utilización de acuerdo al tipo de luminaria usada. Esta tabla supone una reflectancia efectiva de cavidad de piso P_{cp} del 20%, si el valor encontrado difiere del 20% hay que multiplicar por el factor de corrección (o un factor interpolado si es necesario de las tablas del anexo 1).
- Los pasos 8 a 10 son iguales a los 7 a 9 del método anterior.

A continuación se desarrollará con datos reales del área en estudio el método para el cálculo de la iluminación necesaria. Por ser más exacto se aplicará el segundo método que es el de **cavidad zonal**.

3.2.1.2.1 Paso 1. Determinación del nivel lumínico

Para obtener una mejor calidad de iluminación y el más bajo costo posible, se dividirá el área de acabados en tres tipos de iluminación: Iluminación general, iluminación específica para inspección e iluminación específica para las cabinas de aplicación.

Iluminación general

Para determinar el nivel lumínico de esta área se tomarán en cuenta los parámetros de la tabla VII, para el tipo de actividad que se realiza en el lugar se trata de un taller y el trabajo que se realiza es de tipo grueso, lo que da el rango “D”.

Al revisar la tabla VIII, se tiene que los rangos de iluminancia en Lux son: 200 – 300 – 500. Para seleccionar entre los límites establecidos, se toman en cuenta los siguientes factores.

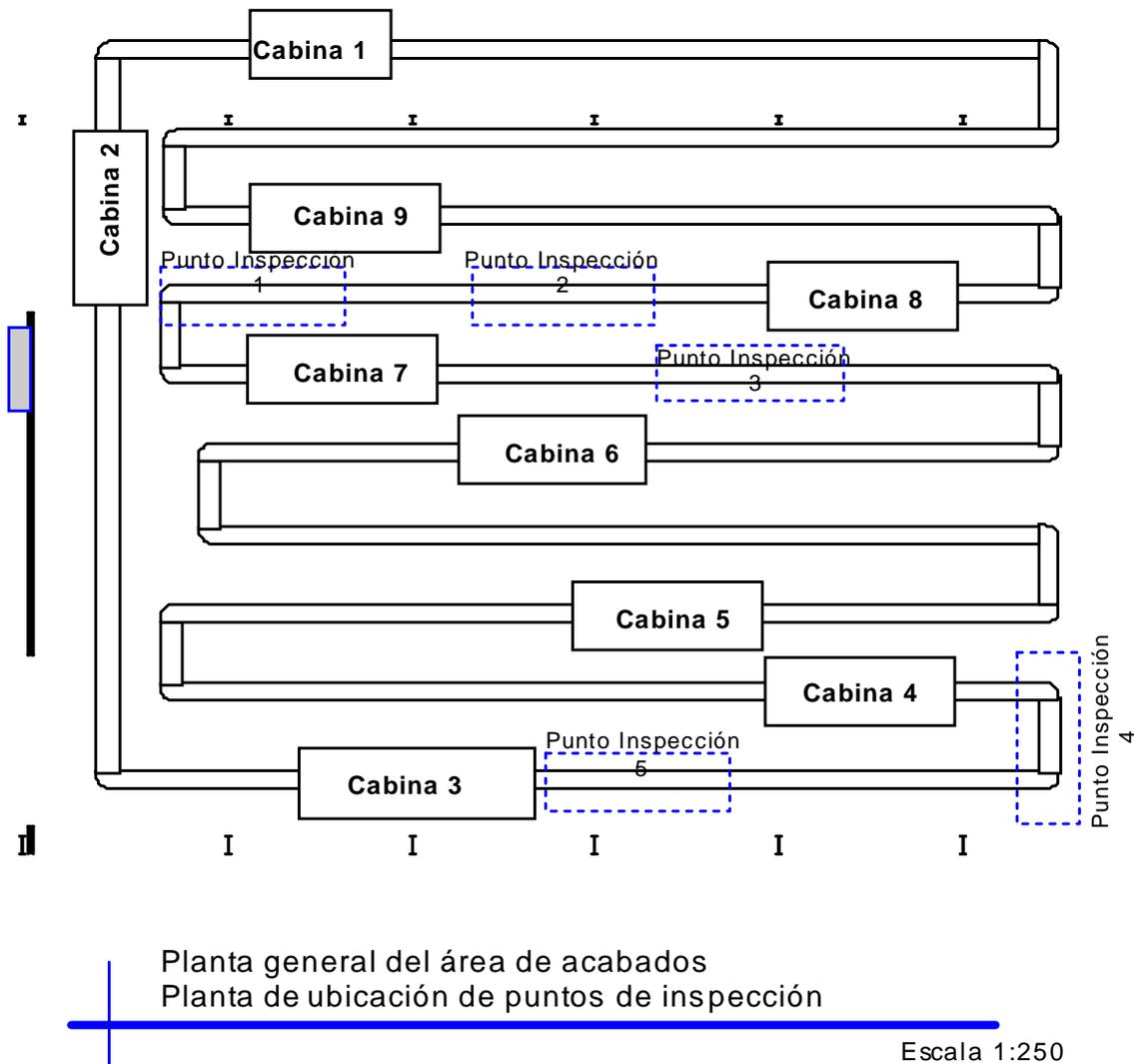
- Personal menor de 40 años
- Velocidad y exactitud, no tan importante
- Reflectancia de los alrededores mayor de 70 %.

Al sumar los factores de peso da el resultado siguiente: $-1-1-1 = -3$, esto indica que se puede utilizar el valor inferior de los rangos de iluminancia, 200 luxes, que es el nivel lumínico buscado.

Iluminación específica para inspección

Para este tipo de actividad es muy importante tener iluminación de buena calidad, que no ocasione deslumbramiento y con buena eficiencia de color. También es importante tomar en cuenta las condiciones de trabajo que son jornadas largas y en un ambiente pesado. Esta iluminación se realizará en lugares estratégicos del área que se detallan en la figura 10.

Figura 10. Plano de ubicación de puestos de inspección



Después de observar la tabla VII, se escoge el área de talleres para trabajo medio, esto da el rango **E**, siguiendo los lineamientos de la tabla IX, se obtienen los siguiente factores de peso:

- Edad del personal, menos de 40 años
- Velocidad o exactitud, la exactitud es crítica para este sistema de iluminación
- Reflectancia de los alrededores, mayor de 70 %.

La suma de estos factores da el siguiente resultado: $-1+1-1 = -1$. Como el resultado es -1 se utiliza el valor medio del rango **E** de la tabla VIII, este valor es de 750 luxes, que es el nivel lumínico buscado.

Iluminación específica para cabinas de aplicación

En esta área o áreas, tomando en cuenta que cada cabina es un área individual, el trabajo que se realiza es el de rociar o aplicar los materiales que darán el acabado (decoración y protección) al mueble, no se necesita iluminación con alto rendimiento de color ya que la formulación de tintes ya se la dan al personal operativo listo para ser aplicado. Para encontrar el nivel lumínico adecuado se utilizará nuevamente la tabla VII, en el renglón de talleres, escogiendo el trabajo grueso, esto da un rango tipo **D**. Seguidamente se observa los factores de peso en la tabla IX, lo que da el siguiente análisis.

- La edad del personal es inferior a los 40 años
- La velocidad o exactitud no importa
- La reflectancia de los alrededores con pintura blanca está en el rango del 30 al 70 %.

La suma de los factores de peso es la siguiente: $-1-1+0 = -2$. Ya que el resultado de la suma da -2 se utiliza el nivel menor del rango **D**, que es de 200 luxes.

El resumen de los resultados anteriores se da en la tabla XII.

Tabla XII. Nivel lumínico por área o lugar

| Descripción del área o lugar | Nivel lumínico (luxes) |
|--|------------------------|
| Iluminación general | 200 |
| Iluminación específica de inspección | 750 |
| Iluminación específica de cabina de aplicación | 200 |

3.2.1.2.2 Paso 2. Tipo de iluminación

Se necesita que la iluminación sea lo más dirigida posible hacia el producto, es decir, iluminación **directa** para los tres tipos de iluminación que se utilizará en el área (ver anexos).

3.2.1.2.3 Paso 3. Colores de ambiente

Tabla XIII. Iluminación general y específica de inspección

| Ambiente | Color a utilizar | Coefficiente de reflexión en % | Tipo de color |
|----------|------------------|--------------------------------|---------------|
| Paredes | Marfil | 70 | Claro |
| Piso | Gris | 30 | Semi-claro |
| Cielo | Gris | 40 | Semi-claro |

Tabla XIV. Iluminación específica de cabinas de aplicación

| Ambiente | Color a utilizar | Coefficiente de reflexión en % | Tipo de color |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Paredes | Blanco | 75 | Claro |
| Piso | Gris | 30 | Semi-claro |
| Cielo | Marfil | 70 | Claro |

3.2.1.2.4 Paso 4. Coeficiente de mantenimiento

En el área hay sistema de extracción de aire únicamente en las cabinas de aplicación, a pesar de ello, siempre se escapa material por sus costados ya que no están provistas de paredes. Como se forman partículas pesadas debido al tipo de producto utilizado, el sistema de extracción no alcanza a succionar completamente los materiales, por lo tanto, quedan partículas en suspensión que se van depositando en las paredes, cielo y piso de las cabinas y del área en general, también las luminarias sufren de este problema por lo que se ensucian con mucha frecuencia.

Analizando por separado cada tipo de iluminación da como resultado la siguiente tabla de valores del coeficiente de mantenimiento de las luminarias.

Tabla XV. Coeficiente de mantenimiento por tipo de iluminación

| Tipo de iluminación | Coeficiente de mantenimiento (K') |
|---|--|
| Iluminación general | 0.70 |
| Iluminación específica de inspección | 0.70 |
| Iluminación específica de cabinas de aplicación | 0.50 |

3.2.1.2.5 Paso 5. Relaciones de cavidad

Tabla XVI. Relaciones de cavidad

| Tipo de iluminación | Relación cavidad ambiente (RCA) | Relación cavidad de cielo (RCC) | Relación cavidad de piso (RCP) |
|----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| General | 1.43 | 0.51 | 0.15 |
| Inspección | 7.28 | 2.53 | 1.43 |
| Cabinas de aplicación | 6.42 | 2.42 | 1.35 |

3.2.1.2.6 Paso 6. Reflectancias efectivas

Tabla XVII. Reflectancias efectivas

| Tipo de iluminación | Reflectancia efectiva cavidad de cielo | Reflectancia efectiva cavidad de piso |
|---|---|--|
| Iluminación general | 37 | 30 |
| Iluminación de inspección | 34 | 29 |
| Iluminación de cabinas de aplicación | 41 | 27 |

3.2.1.2.7 Paso 7. Coeficiente de utilización

Con los datos obtenidos, se utiliza la relación de cavidad de ambiente y los de reflectancia efectiva de cavidad de cielo P_{cc} , y de reflectancia de paredes P_p que se encuentra en la tabla XVIII, los valores de los coeficientes de utilización preliminar para las iluminaciones buscadas se obtienen en las tablas de los anexos.

Tabla XVIII. Coeficiente de utilización preliminar

| Tipo de iluminación | Coeficiente de utilización preliminar |
|--|--|
| Iluminación general | 0.74 |
| Iluminación específica de inspección | 0.51 |
| Iluminación específica de cabinas de aplicación | 0.53 |

Estos datos los da la tabla de coeficiente de utilización, anexos, se supone una reflectancia efectiva de cavidad de piso $P_{cp} = 20\%$. Pero como se puede ver en la tabla antes mencionada, las reflectancias efectivas son diferentes, entonces se utiliza el factor de multiplicación de las tablas del anexo 1. Esto da los siguientes resultados.

Tabla XIX. Coeficiente de utilización final

| Tipo de iluminación | Coeficiente de utilización final K |
|---|---|
| Iluminación general | 0.78 |
| Iluminación específica de inspección | 0.53 |
| Iluminación específica de cabinas de aplicación | 0.55 |

3.2.1.2.8 Paso 8. Cálculo del flujo lumínico total a proporcionar

Aquí se calculará el flujo lumínico total que necesitan los diferentes tipos de iluminación que se están analizando. Para obtener los resultados se utiliza la ecuación 2, los resultados se presentan a continuación.

Iluminación general:
$$F = \frac{200 * 948.74}{0.78 * 0.70} = 347,523.81 \text{ lúmenes.}$$

Iluminación de inspección:
$$F = \frac{750 * 16}{0.53 * 0.70} = 32,345.01 \text{ lúmenes.}$$

Iluminación de cabinas:
$$F = \frac{200 * 14.03}{0.55 * 0.50} = 10,203.64 \text{ lúmenes}$$

3.2.1.2.9 Paso 9. Espaciamiento máximo de las luminarias

Este dato servirá para determinar a qué distancia estarán ubicadas las luminarias una de otra y la cantidad requerida de las mismas, se utiliza el principio de uniformidad y da los siguientes resultados.

Iluminación general: $2.0H = 2.0 * 4.35 \text{ metros} = 8.70 \text{ metros}$

- Por filas, a lo largo: $36.49/8.70 = 4.19 = 4.0$
- Por filas, a lo ancho: $26.00/8.70 = 2.99 = 3.0$
- Por lo tanto el número total de luminarias será: 12

Iluminación de inspección: $1.50 * H = 1.50 * 2.30 \text{ metros} = 3.45 \text{ metros}$

- Por filas, a lo largo: $8.00/3.45 = 2.32 = 2.00$
- Por filas, a lo ancho: $2.00/3.45 = 0.58 = 0.60$
- El número total de luminarias será: 1, en este caso por ubicación y distribución de la iluminación se utilizará 3 más pequeñas.

Iluminación de cabinas: $1.50H = 1.50 * 2.15 \text{ metros} = 3.22 \text{ metros}$

- Por filas, a lo largo: $6.10/3.22 = 1.89$
- Por filas, a lo ancho: $2.30/3.22 = 0.71$
- El número total de luminarias será: $1.35 = 2$, por cuestiones de uniformidad.

3.2.1.3.0 Paso 10. Determinación del flujo lumínico por luminaria

Se calculará el flujo de iluminación que debe brindar cada lámpara para satisfacer las necesidades de la iluminación del área de acabados.

$$\text{Iluminación general:} \quad \frac{347,523.81}{12} = 28,960.32 \text{ lúmenes.}$$

$$\text{Iluminación de inspección:} \quad \frac{32,345.01}{3} = 10,781.67 \text{ lúmenes.}$$

$$\text{Iluminación de cabinas:} \quad \frac{10,203.64}{2} = 5,101.82 \text{ lúmenes.}$$

Por medio de las tablas de los fabricantes se selecciona el bulbo o lámpara que satisfaga las necesidades prioritarias. Flujo lumínico adecuado, bajo consumo, índice de rendimiento de color alto y vida promedio alta.

Para escoger el tipo de lámpara adecuado se debe tomar en cuenta los aspectos:

- El color de los objetos iluminados.
- Si la iluminación es general o dirigida.
- Si se necesita encendido instantáneo o con calentamiento.
- La temperatura mínima de calentamiento.
- La importancia del control óptico de la iluminación.
- La eficiencia energética de la lámpara.
- Facilidad de mantenimiento para el cambio de lámpara.

Para seleccionar la lámpara (bulbo, tubo, etc.) adecuada para satisfacer las condiciones detalladas en el párrafo anterior se utilizarán los catálogos de los fabricantes de la marca **Sylvania** (ver anexo).

A continuación se presenta un cuadro con el detalle de los modelos de bulbos seleccionados para cada tipo de iluminación.

Tabla XX. Modelo de bulbos de iluminación

| Tipo de iluminación | Bulbo seleccionado | Potencia (watts) | Índice rendimiento de color (IRC) | Lúmenes iniciales | Vida promedio (h) |
|----------------------------|---|-------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| Iluminación general | Metalarc, Fosforado, Universal | 400 | 70 | 32,000 | 15,000 |
| Iluminación de inspección | Reflector parabólico, Luz día, Haz disperso | 75 | 100 | 6,000 | 12,000 |
| Iluminación de cabinas | Fluorescente T8, Octron serie "800" | 32 | 82 | 2,950 | 20,000 |

3.2.1.4 Selección de luminarias

Los resultados del ejercicio anterior servirán de base para la determinación o selección de las luminarias a utilizar. Las luminarias deben presentar las características necesarias que brinden los resultados deseados:

Facilidad de instalación y mantenimiento
Requerimientos de seguridad a cumplir
Productividad
Confort visual
Calidad de iluminación
Alta eficiencia para la aplicación que se le dará
Las condiciones físicas a las que la luminaria estará expuesta tales como humedad, polvo, temperatura, etc.
El efecto direccional de la luz (directa o indirecta)

En el sector industrial, altamente competitivo, la iluminación puede significar un factor importante en la mejora de los procesos productivos. Una buena iluminación industrial debe proporcionar seguridad, reduciendo los accidentes de trabajo y la probabilidad de siniestros.

Mejorar la iluminación de una instalación industrial significa aumentar la seguridad, el confort visual, estimular la productividad y calidad, es una inversión con retorno garantizado.

La correcta elección de los productos de iluminación, de acuerdo a las actividades y los sitios en que ellas serán ejecutadas, puede proporcionar un aumento sensible en la calidad, en el proceso productivo y el aumento del bienestar de los empleados. La calidad de los sistemas de iluminación es factor determinante en la eliminación de fallas en los procesos productivos y en el buen desempeño visual de los empleados.

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas (bombillas incandescentes, tubos fluorescentes, bulbos, etc.). Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios.

Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

Tomando todos los factores anteriores se procederá a elegir la luminaria adecuada. Se utilizarán los catálogos de la **General Electric Lighting Fixtures** de 1,997 en su sección de luminarias para lugares peligrosos (páginas de la 123 a la 169) y el catálogo de **GRAINGER**, de acuerdo a seguridad, confort visual y la capacidad para recibir el bulbo o lámpara seleccionada de acuerdo al flujo lumínico por unidad determinada en la sección anterior.

Tabla XXI. Descripción de luminarias para cada tipo de iluminación

| Tipo de iluminación | Descripción de la luminaria | Marca | Cantidad |
|--------------------------------------|---|------------------|-----------------|
| Iluminación general | POWR-GARD H9 Luminaire, modelo H9040M3PJJ | General Electric | 12 |
| Iluminación para inspección fija | <i>Incandescent fixture</i> , modelo AAU-15N | Appleton | 15 |
| Iluminación para inspección móvil | <i>Hazardous location incandescent hand lamp</i> , modelo 4V362 | Woodhead | 6 |
| Iluminación de cabinas de aplicación | H4 <i>fluorescent luminaire</i> , modelo H4132B | General Electric | 18 |

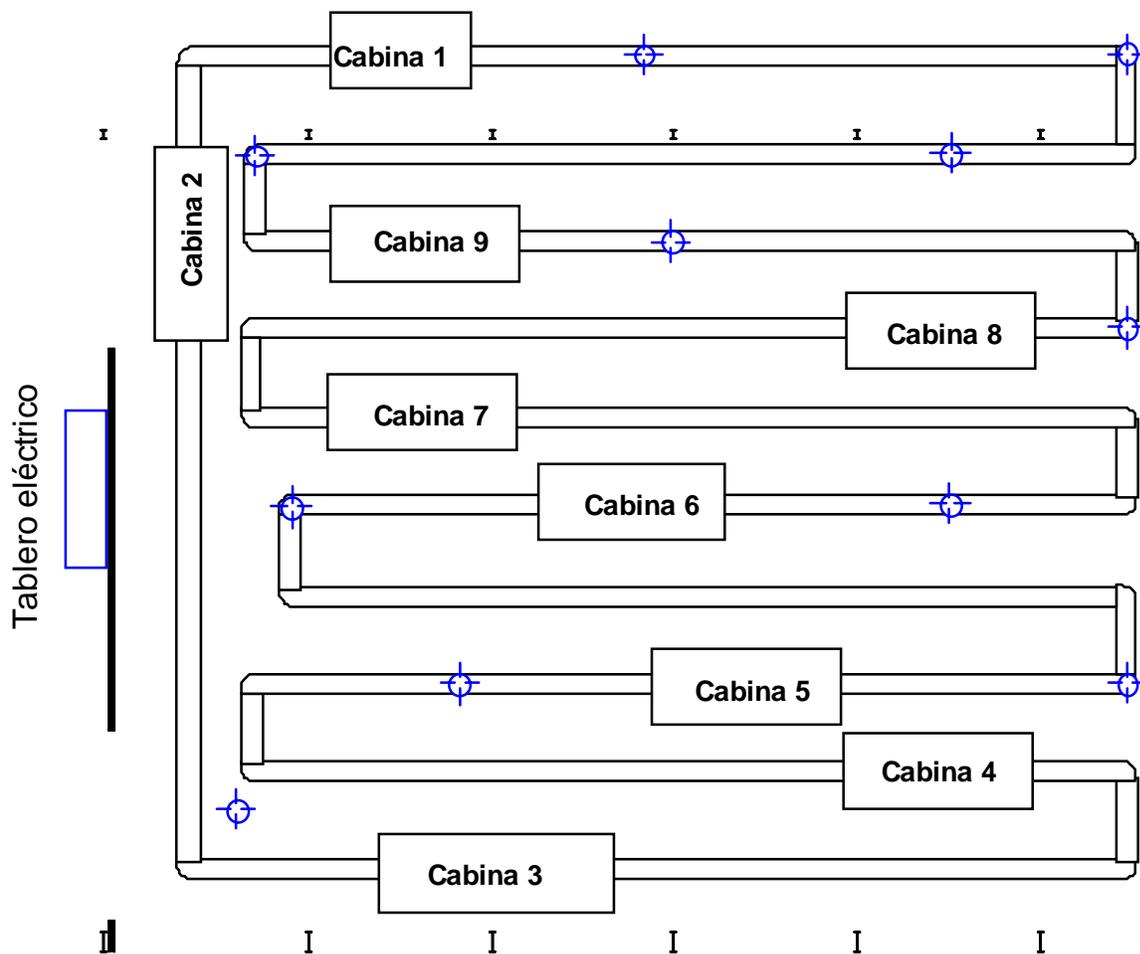
3.2.1.5 Distribución de luminarias

La distribución de las luminarias es muy importante ya que de ello depende que la luz emitida por la lámpara llegue al lugar donde se necesitará, logrando con esto, que el trabajo sea ejecutado con mayor productividad y calidad. Evitar todo lo posible las sombras que se produzcan, en fin, se logrará la uniformidad deseada. También ayudará a evitar la fatiga de los operarios que laboran en todos los lugares del área en estudio y no solo de algunos.

Como se determinó, para la iluminación general, se necesitarán 12 luminarias, las cuales serán distribuidas de acuerdo a su separación máxima y siempre revisando en el plano del área que el equipo no quede sobre ninguna de las cabinas de aplicación ya que sería mal aprovechada la iluminación y tendría el agravante de que la cabina provocaría sombra.

En la distribución solo se localizan 11 lámparas y no 12 como dio el resultado del cálculo, el motivo es por el tipo de distribución que se hizo. Se trató de ubicarlas en los lugares donde no hay cerca iluminación de inspección y de las cabinas, ya que estas áreas ya tienen su propia iluminación. La distribución se puede observar en la figura 11.

Figura 11. Plano de distribución de luminarias en el área de acabados

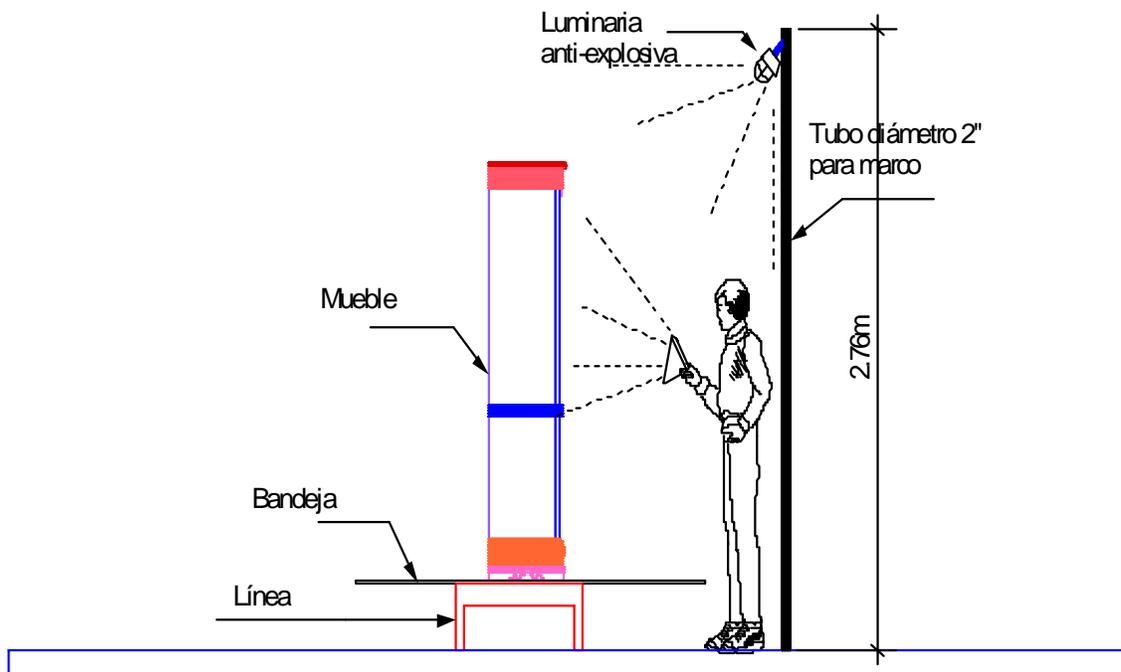


Planta general del área de acabados
Planta de distribución de iluminación

Escala 1:250

Para la iluminación de inspección las luminarias se colocarán sobre un soporte que será fabricado e instalado para que la iluminación dé en el frente del mueble, ubicándolas de forma simétrica, horizontalmente. Verticalmente se deberá dejar a la altura de suspensión que se determinó anteriormente para este tipo de iluminación (2.76 metros), ver detalle en la figura 12.

Figura 12. Dibujo colocación lámparas fijas inspección

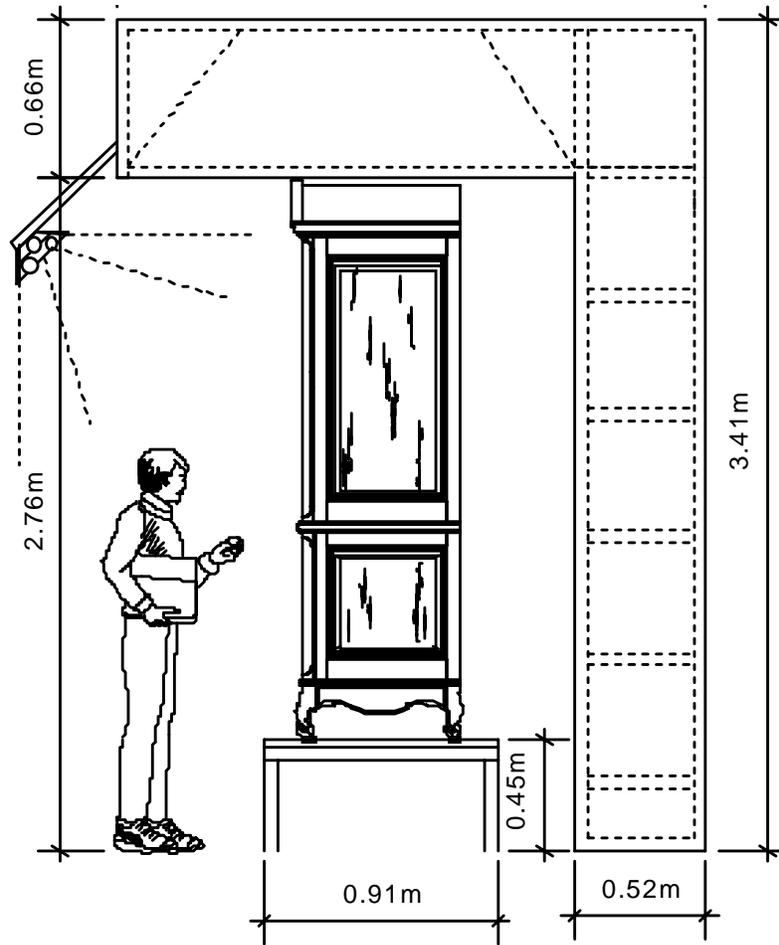


Elevación lateral - iluminación de inspección

ESC. 1:35

Para las cabinas, la distribución se realizará simétricamente en forma horizontal y la suspensión será de acuerdo a lo establecido anteriormente (2.76 metros). Las luminarias se colocarán un poco afuera de la cabina (ver figura 13), esto ayudará a mantener un poco más limpias las luminarias y además mejorará el haz luminoso para que incida sobre el mueble completo y no a medio mueble como sucede actualmente.

Figura 13. Detalle de construcción de cabina de aplicación



Elevación lateral

3.2.2 Potencia

En esta sección se tratará todo lo referente a la instalación de los motores y equipo de fuerza eléctrica para hacer funcionar la línea de transportación, los extractores de las cabinas de aplicación, lámparas portátiles de inspección y algunos ventiladores de pedestal que se encuentran dispersos en el área y que sirven para acelerar el secado de los muebles luego de algunos procesos.

Tabla XXII. Descripción de motores por equipo del área de acabados

| Descripción del equipo | Número de motor | Potencia hp | Amperaje nominal |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| Cabina 1 | 1.1 | 1.5 | 4.20 |
| Cabina 2 | 2.1 | 1.5 | 5.20 |
| | 2.2 | 1.5 | 4.20 |
| Cabina 3 | 3.1 | 1.5 | 4.20 |
| | 3.2 | 1.5 | 4.20 |
| Cabina 4 | 4.1 | 1.5 | 4.20 |
| | 4.2 | 1.5 | 4.20 |
| Cabina 5 | 5.1 | 1.5 | 4.20 |
| | 5.2 | 1.5 | 4.20 |
| Cabina 6 | 6.1 | 2.0 | 6.80 |
| | 6.2 | 2.0 | 6.00 |
| Cabina 7 | 7.1 | 5.0 | 15.00 |
| Cabina 8 | 8.1 | 2.0 | 6.00 |
| | 8.2 | 2.0 | 4.20 |
| Cabina 9 | 9.1 | 1.5 | 5.20 |
| | 9.2 | 1.5 | 4.20 |
| Ventilador de pedestal | 1 | 0.33 | 3.30 |
| Ventilador de pedestal | 2 | 0.33 | 3.30 |
| Ventilador de pedestal | 3 | 0.33 | 6.00 |
| Ventilador de pedestal | 4 | 0.50 | 5.80 |
| Línea transportadora | 1.1 | 5.0 | 13.00 |
| | 1.2 | 5.0 | 13.00 |

A continuación se presenta un resumen de la cantidad y datos técnicos de todos los motores eléctricos que se utilizan en el área de acabados, así también de los tomacorrientes que deben ir instalados en los diferentes puntos del área para conectar equipos auxiliares como lámparas portátiles de inspección y los ventiladores de pedestal.

3.2.2.1 Selección del cableado

Esta selección se realiza de acuerdo a la potencia y amperaje consumidos por el equipo eléctrico. Debido a que la potencia y amperaje nominal ya son conocidas, se utilizan las tablas de los fabricantes y empresas proveedoras de este tipo de material a seleccionar el calibre de cable adecuado a las necesidades de cada uno de los equipos.

A continuación se presenta en la tabla XXIII los calibres comerciales de cable.

Tabla XXIII. Calibres comerciales de cable de cobre

| Calibre AWG | Sección mm | Diámetro mm | Peso Kg./1000 m |
|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 14 | 2.08 | 1.63 | 18.50 |
| 12 | 3.31 | 2.05 | 29.04 |
| 10 | 5.26 | 2.59 | 46.80 |
| 8 | 8.37 | 3.26 | 74.40 |
| 6 | 13.30 | 4.11 | 118.20 |
| 4 | 21.10 | 5.19 | 188.00 |
| 2 | 33.60 | 6.64 | 299.00 |
| 1 | 42.40 | 7.35 | 377.00 |
| 1/0 | 53.50 | 8.25 | 475.00 |
| 2/0 | 67.40 | 9.27 | 599.00 |
| 3/0 | 85.00 | 10.40 | 756.00 |
| 4/0 | 107.00 | 11.70 | 953.00 |
| 250MCM | 127.00 | 14.60 | 1129.00 |
| 300MCM | 152.00 | 16.00 | 1351.00 |
| 350MCM | 177.00 | 17.30 | 1574.00 |
| 400MCM | 203.00 | 18.50 | 1805.00 |

Al conocer cómo se miden los cables comercialmente, se procede a ver en tablas de proveedores para seleccionar el calibre adecuado según el consumo en amperios de cada motor, en esta ocasión se utilizará una tabla de **Square D** ver tabla L. El resumen se presenta en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. Calibre de cable a utilizar dependiendo del consumo en amperios de los motores

| Descripción del equipo | Número motor | Potencia hp | Amperaje nominal | Calibre de cable a utilizar |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Cabina 1 | 1.1 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| | 1.2 | | | |
| Cabina 2 | 2.1 | 1.5 | 5.20 | 14 |
| | 2.2 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| Cabina 3 | 3.1 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| | 3.2 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| Cabina 4 | 4.1 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| | 4.2 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| Cabina 5 | 5.1 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| | 5.2 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| Cabina 6 | 6.1 | 2 | 6.00 | 14 |
| Cabina 7 | 7.1 | 5 | 15.00 | 14 |
| Cabina 8 | 8.1 | 2 | 6.00 | 14 |
| | 8.2 | 2 | 4.20 | 14 |
| Cabina 9 | 9.1 | 1.5 | 5.20 | 14 |
| | 9.2 | 1.5 | 4.20 | 14 |
| Ventilador de pedestal | 1 | 0.33 | 3.30 | 14 |
| Ventilador de pedestal | 2 | 0.33 | 3.30 | 14 |
| Ventilador de pedestal | 3 | 0.33 | 6.00 | 14 |
| Ventilador de pedestal | 4 | 0.50 | 5.80 | 14 |
| Línea transportadora | 1.1 | 5 | 13.00 | 14 |
| | 1.2 | 5 | 13.00 | 14 |

3.2.2.2 Selección de la tubería y accesorios

El tamaño de tubería y accesorios que se utilizarán para la instalación de fuerza (potencia) de los motores eléctricos está determinada por los siguientes factores.

- Calibre y cantidad de conductores (cables) que deberá transportar
- Tipo de ambiente en el que se utilizará
- Tipo de instalación (aérea o subterránea)

El sistema de iluminación y fuerza que se instalará es muy especial, ya que por las condiciones del ambiente de trabajo y los materiales utilizados debe reunir las condiciones necesarias para ser a prueba de explosión.

3.2.2.2.1 Tubería

Casi todos los motores que se utilizan en el área de acabados son trifásicos en 220 V y todos deben llevar su tierra física. La instalación de los tomacorrientes de péndulo por el equipo que se conectará a ellos debe ser del tipo monofásico 110 V. Para cumplir con la condición de ser a prueba de explosión, la tubería que se debe utilizar, según las normas eléctricas es la tubería *Conduit*.

La tubería conduit es del grosor adecuado y utiliza roscas en los extremos para los acoples con otras tuberías o accesorios, el tipo de rosca que utiliza es la NPT, este tipo de rosca es cónica con lo que se garantiza que al apretando la tubería, ésta sella. El sello es una condición muy importante que la tubería utilizada para este tipo de instalaciones (a prueba de explosión) debe cumplir.

En resumen se tiene que:

- Para equipo trifásico 220 V, se utilizará 4 cables
- Para el equipo monofásico 110 V, se utilizará cables incluyendo la tierra física

El diámetro de la tubería debe ser el adecuado para alojar la cantidad de cables del calibre que se va a utilizar, debe permitir también que la instalación sea más cómoda. Determinando adecuadamente el diámetro de la tubería se logrará que los cables queden con la holgura necesaria para evitar sobrecalentamiento.

La tubería cambiará de diámetro de acuerdo a los tramos que se determinen, se colocará un ramal principal de donde saldrán los sub-ramales hacia cada equipo o equipos, según su ubicación, para no saturar el área con demasiadas tuberías.

Para los ramales principales que se definirán como “A, B y C” se seleccionará tubo conduit de 2” de diámetro. Para las conexiones de los motores se usará tubería conduit de ¾” de diámetro. En los casos que la tubería transportará cables para dos o más equipos se utilizará tubería conduit también de 1 y 1 ½” de diámetro.

3.2.2.2 Accesorios

Los accesorios deben ser seleccionados de acuerdo al tipo de ambiente que tiene el área de acabados, así también al tamaño y cantidad de los conductores que los utilizarán.

Cada ramal utilizará diferente tamaño de accesorios que deben ir de acuerdo al diámetro de la tubería que se seleccionó con anterioridad para llegar hasta todos los equipos eléctricos del área de estudio.

Los accesorios al igual que la tubería debe cumplir con todas las normas necesarias para que sean a prueba de explosión como la instalación lo requiere.

La cantidad de materiales, tanto en tubería como en accesorios se dará luego de diseñar la distribución de la instalación para calcular distancias y dirección de las líneas eléctricas, en la sección de cálculo de materiales.

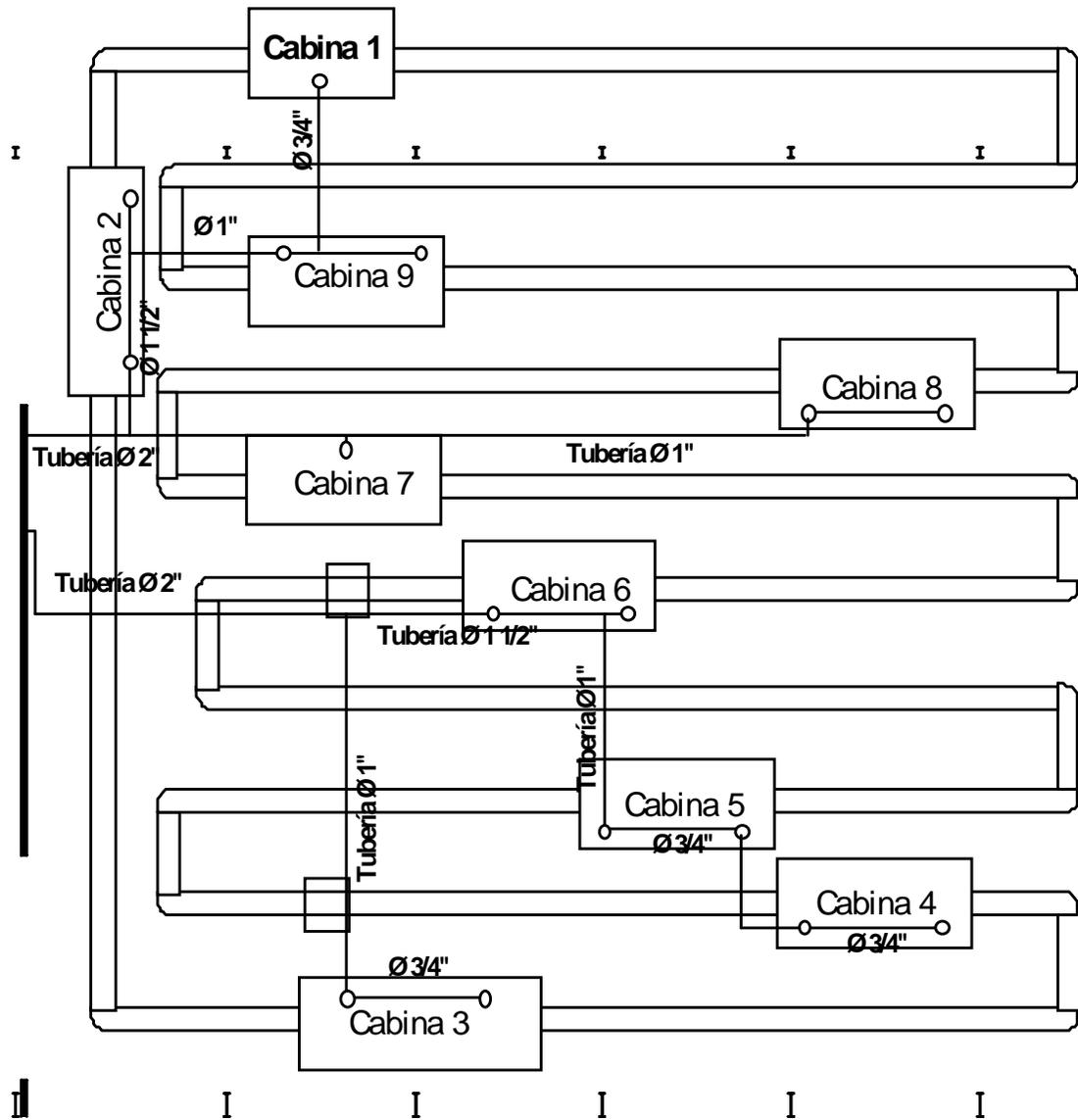
3.2.2.3 Distribución de la instalación

La distribución de la instalación debe realizarse de tal forma que sea lo más eficiente posible, para ahorro de tubería y de conductores con la seguridad necesaria para un área como la que se está estudiando. El detalle se presenta en la figura 13.

3.3 Cálculo de materiales para la instalación

Se realizó el plano de distribución de la instalación eléctrica, por lo cual se procede a la elaboración de listado y cantidad de materiales que se utilizarán, cantidad de cable, tubería en sus diferentes medidas, cajas de registro y distribución, clavijas, tomacorrientes, tubería flexible, conectores, etc.

Figura 14. Plano de distribución de instalación eléctrica del área de acabados



Planta general del área de acabados
Planta de instalación eléctrica de fuerza

El resumen del listado y cantidad de los materiales para la instalación de potencia se presenta a continuación.

Tabla XXV. Listado de materiales a utilizar en la instalación eléctrica

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|--|------------------|-------------|
| Tubería conduit galvanizado de 2" | Unidad | 10 |
| Tubería conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 4 |
| Tubería conduit galvanizado de 1" | Unidad | 20 |
| Tubería conduit galvanizado de 3/4" | Unidad | 10 |
| Cable calibre 12 | Unidad | 900 |
| Caja conduit explosion proof de 2" GRN | Unidad | 2 |
| Caja conduit explosion proof de 2" GRT | Unidad | 3 |
| Caja conduit explosion proof de 2" GRX | Unidad | 1 |
| Caja conduit explosion proof de 1 1/2" GRT | Unidad | 4 |
| Caja conduit explosion proof de 3/4" GRX | Unidad | 1 |
| Caja conduit explosion proof de 3/4" GRT | Unidad | 5 |
| Caja conduit explosion proof de 1" GRN | Unidad | 1 |
| Caja conduit explosion proof de 1" GRT | Unidad | 1 |
| Caja conduit explosion proof de 1" GRX | Unidad | 2 |
| Tubo LT de 3/4" anti-explosivo | Metros | 20 |
| Conector LT de 3/4" anti-explosivo | Unidad | 40 |
| Curva conduit galvanizado de 1" | Unidad | 1 |
| Abrazadera Hanger de 2" | Unidad | 20 |
| Abrazadera Hanger de 1 1/2" | Unidad | 8 |
| Abrazadera Hanger de 1" | Unidad | 40 |
| Abrazadera Hanger de 3/4" | Unidad | 20 |
| Copla conduit galvanizado de 2" | Unidad | 5 |
| Copla conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 2 |
| Copla conduit galvanizado de 3/4" | Unidad | 5 |
| Coplas conduit galvanizado de 1" | Unidad | 12 |
| Total | | 1137 |

A continuación se presenta un cuadro con el listado de materiales para la instalación de la iluminación.

Tabla XXVI. Listado de materiales para instalación de iluminación

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|--|-------------------------|-----------------|
| Tubería conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 14 |
| Tubería conduit galvanizado de 1" | Unidad | 13 |
| Tubería conduit galvanizado de 3/4" | Unidad | 50 |
| Cable calibre 12 | Metros | 1200 |
| Caja conduit explosion proof de 1 1/2" GRT | Unidad | 7 |
| Caja conduit explosion proof de 3/4" GRX | Unidad | 2 |
| Caja conduit explosion proof de 3/4" GRT | Unidad | 26 |
| Caja conduit explosion proof de 1" GRN | Unidad | 1 |
| Caja conduit explosion proof de 1" GRT | Unidad | 4 |
| Caja conduit explosion proof de 1" GRX | Unidad | 2 |
| Tubo LT de 3/4" anti-explosivo | Metros | 33 |
| Conector LT de 3/4" anti-explosivo | Unidad | 66 |
| Abrazadera Hanger de 1 1/2" | Unidad | 28 |
| Abrazadera Hanger de 1" | Unidad | 26 |
| Abrazadera Hanger de 3/4" | Unidad | 100 |
| Copla conduit galvanizada de 1 1/2" | Unidad | 7 |
| Copla conduit galvanizado de 3/4" | Unidad | 7 |
| Coplas conduit galvanizado de 1" | Unidad | 25 |
| Curva conduit galvanizado de 1" | Unidad | 1 |
| Coplas conduit galvanizado de 1" | Unidad | 2 |
| Total | | 1614 |

3.4 Cotizaciones del proyecto

Esta parte es muy importante en el proyecto ya que se pueden obtener mejores resultados en cuanto a calidad y costo de los materiales que se utilizarán.

Para la determinación de qué materiales se comprarán con uno o con otro proveedor se ampliarán las tablas XXV y XXVI, lo que ayudará a tomar una mejor decisión. En esta nueva tabla se analizará las diferentes ventajas que ofrece un proveedor sobre otro, como marca, servicio, formas de pago, calidad del producto, asesoría técnica y precio.

Para ver con más claridad las diferentes opciones se usará un formato como el que se muestra a continuación, en el se podrá analizar y visualizar de mejor forma los precios de tres oferentes de los materiales que se utilizará.

Tabla XXVII. Formato para análisis de precios de los proveedores

| Descripción | Unidad de medida | Proveedor A | Proveedor B | Proveedor C | Observaciones |
|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

3.5 Determinación de costos

En esta sección se determinarán todos los costos que se tendrán que realizar para la ejecución del proyecto. Estos costos son de materiales y mano de obra, tanto para la iluminación, como para la instalación de potencia.

3.5.1 Costo de luminarias

Éste será el costo más elevado del proyecto, debido a que el equipo debe reunir las condiciones y normas internacionales para ser a prueba de explosión. Las luminarias deben ser bien localizadas en los catálogos de los proveedores para hacer correctamente el pedido, ya que localmente las empresas que comercializan materiales del ramo eléctrico no mantienen inventario en sus bodegas dado los altos costos y el poco movimiento que este tipo de luminaria tiene en el país.

Se pueden tomar dos opciones en lo que a la consecución de las luminarias se refiere. La primera sería hacer el pedido directamente a la fábrica de los productos que se necesitan y la segunda sería contactar a una empresa local para que ésta realice el trámite ante el fabricante.

Realizando el contacto directamente con el fabricante a veces se puede lograr un mejor precio, pero los trámites del flete y aduana pueden volverse bastante engorrosos e incrementar el costo para tener el producto en las bodegas de la fábrica de muebles. Además el pago regularmente se realiza por adelantado.

Con la segunda opción se evitan los trámites que hay que realizar para el traslado del producto desde el fabricante hacia nuestro país. En algunas ocasiones como los proveedores ya tienen contactos establecidos con los fabricantes o porque son distribuidores de sus marcas, logran algún descuento y por lo tanto puede salir más económico el costo de los productos. Otra ventaja es que con los proveedores locales se puede negociar la forma de pago, logrando con esto más tiempo para la obtención del capital.

También se tendría otras ventajas como el contacto más directo con el proveedor, más facilidad para la obtención de garantía y asesoría técnica en el lugar donde se utilizará el producto.

En este caso se utilizará la segunda opción que consiste en recurrir a un proveedor local de prestigio ya que la inversión es muy alta, por lo tanto debe contar con experiencia, seriedad y responsabilidad.

El pedido que se solicitará en cuanto a luminarias se presenta a continuación.

Tabla XXVIII. Descripción y costo de luminarias

| Tipo de iluminación | Descripción de luminaria | Marca | Cantidad | Costo unitario Q. | Costo total Q. |
|--------------------------------------|---|------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|
| Iluminación general | POWR-GARD H9 LUMINAIRE, modelo H9040M3PJJ | General Electric | 11 | 14,400.00 | 158,400.00 |
| Iluminación para inspección fija | <i>Incandescent fixture</i> , modelo AAU-15N | Appleton | 15 | 1,942.72 | 29,140.80 |
| Iluminación para inspección móvil | <i>Hazardous location incandescent hand lamp</i> , modelo 4V362 | Woodhead | 6 | 2,461.44 | 14,768.64 |
| Iluminación de cabinas de aplicación | H4 <i>Fluorescent luminaire</i> , modelo H4132B | General Electric | 18 | YA EXISTEN | YA EXISTEN |
| TOTAL | | | | | 202,309.44 |

* Todas las lámparas cumplen con las normas a prueba de explosión para áreas peligrosas de la Clase I, División II, Grupo D.

3.5.2 Costos de la instalación

Para la instalación se tiene que, la tubería, el cable y otros accesorios menores se encuentran con los diferentes proveedores locales de materiales eléctricos. Con los accesorios a prueba de explosión existe el inconveniente de que al no ser comerciales, los proveedores los venden sobre pedido ya que no tienen en inventario.

Se utilizará el listado de materiales que se presentó en la tabla XXV y se le agregará los costos unitarios de cada uno para determinar el gran total. Los resultados de la instalación eléctrica de fuerza están resumidos en la tabla XXIX. Los resultados de los costos de materiales para la instalación eléctrica de iluminación se encuentran en la tabla XXX.

3.5.3 Selección de proveedores de bienes y servicios

La selección del proveedor es muy importante ya que ayudará en el proyecto a obtener los materiales y servicios de la calidad requerida y puede ayudar a no tener atrasos en la ejecución del proyecto por la falta de materiales.

Para el presente proyecto del sistema eléctrico anti-explosivo se seleccionó al proveedor "B" por las siguientes razones.

- Conocimiento y experiencia en los materiales solicitados
- Prestigio dentro del medio
- Buenas experiencias en adquisiciones pasadas
- Forma de pago favorable, crédito
- Cumplimiento de fechas de entrega de los productos
- Precios razonables

Tabla XXIX. Costos de la instalación eléctrica de fuerza

| Descripción | Unidad de medida | Canti- dad | Costo unitario Q. | Costo total Q. |
|---|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Tubería conduit galvanizado de 2" | Unidad | 10 | 130.58 | 1,305.80 |
| Tubería conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 4 | 103.53 | 414.12 |
| Tubería conduit galvanizado de 1" | Unidad | 20 | 61.95 | 1,239.00 |
| Tubería conduit galvanizado de 3/4" | Unidad | 10 | 45.46 | 454.60 |
| Cable calibre 12 | Unidad | 900 | 1.90 | 1,710.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 2" GRN | Unidad | 2 | 200.00 | 400.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 2" GRT | Unidad | 3 | 235.00 | 705.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 2" GRX | Unidad | 1 | 275.00 | 275.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> .de 1 1/2" GRT | Unidad | 4 | 175.00 | 700.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 3/4" GRX | Unidad | 1 | 125.00 | 125.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 3/4" GRT | Unidad | 5 | 115.00 | 575.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 1" GRN | Unidad | 1 | 125.00 | 125.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 1" GRT | Unidad | 1 | 135.00 | 135.00 |
| Caja condulet <i>explosion proof</i> de 1" GRX | Unidad | 2 | 158.00 | 316.00 |
| Tubo LT de 3/4" anti-explosivo | Metros | 20 | 55.25 | 1,105.00 |
| Conector Lt de 3/4" anti-explosivo | Unidad | 40 | 96.00 | 3,840.00 |
| Curva conduit galvanizado de 1" | Unidad | 1 | 25.60 | 25.60 |
| Abrazadera Hanger de 2" | Unidad | 20 | 3.45 | 69.00 |
| Abrazadera Hanger de 1 1/2" | Unidad | 8 | 2.94 | 23.52 |
| Abrazadera Hanger de 1" | Unidad | 40 | 1.93 | 77.20 |
| Abrazadera Hanger de 3/4" | Unidad | 20 | 1.29 | 25.80 |
| Copla conduit galvanizado de 2" | Unidad | 5 | 25.62 | 128.10 |
| Copla conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 2 | 14.04 | 28.08 |
| Copla conduit galvanizado de 3/4" | Unidad | 5 | 5.21 | 26.05 |
| Coplas conduit galvanizado de 1" | Unidad | 12 | 10.07 | 120.84 |
| TOTAL | | 1137 | | 13,948.71 |

Tabla XXX. Costos de la instalación de iluminación

| Descripción | Unidad de medida | Can-tidad | Costo unitario Q. | Costo total Q. |
|---|-------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|
| Tubería conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 14 | 103.53 | 1,449.42 |
| Tubería conduit galvanizado de 1" | Unidad | 13 | 61.95 | 805.35 |
| Tubería conduit galvanizado de ¾" | Unidad | 50 | 45.46 | 2,273.00 |
| Cable calibre 12 | Metros | 1200 | 1.90 | 2,280.00 |
| Caja conduit <i>explosion proof</i> de 1 1/2" GRT | Unidad | 7 | 175.00 | 1,225.00 |
| Caja conduit <i>explosion proof</i> de 3/4" GRX | Unidad | 2 | 125.00 | 250.00 |
| Caja conduit <i>explosion proof</i> de 3/4" GRT | Unidad | 26 | 115.00 | 2,990.00 |
| Caja conduit <i>explosion proof</i> de 1" GRN | Unidad | 1 | 125.00 | 125.00 |
| Caja conduit <i>explosion proof</i> de 1" GRT | Unidad | 4 | 135.00 | 540.00 |
| Caja conduit <i>explosion proof</i> de 1" GRX | Unidad | 2 | 158.00 | 316.00 |
| Tubo LT de 3/4" anti-explosivo | Metros | 33 | 55.25 | 1,823.25 |
| Conector LT de 3/4" anti-explosivo | Unidad | 66 | 96.00 | 6,336.00 |
| Abrazadera Hanger de 1 ½" | Unidad | 28 | 2.94 | 82.32 |
| Abrazadera Hanger de 1" | Unidad | 26 | 1.93 | 50.18 |
| Abrazadera Hanger de 3/4" | Unidad | 100 | 1.29 | 129.00 |
| Copla conduit galvanizado de 1 1/2" | Unidad | 7 | 14.04 | 98.28 |
| Copla conduit galvanizado de ¾" | Unidad | 7 | 5.21 | 36.47 |
| Coplas conduit galvanizado de 1" | Unidad | 25 | 10.07 | 251.75 |
| Curva conduit galvanizado de 1" | Unidad | 1 | 25.60 | 25.60 |
| Coplas conduit galvanizado de 1" | Unidad | 2 | 5.10 | 10.20 |
| TOTAL | | 1614 | | 21,096.82 |

3.5.4 Costo de mano de obra

Este es el costo que tendrá el proyecto en cuanto a la mano de obra del departamento de mantenimiento se refiere, ya que sería personal de este departamento el que ejecutaría el proyecto con la supervisión necesaria.

Para lograr un mejor detalle y control en la ejecución se dividirán los trabajos en diferentes áreas.

- Trabajos de obra civil
- Trabajos de instalación de fuerza
- Trabajos de instalación de iluminación
- Trabajos de cableado
- Trabajos de conexiones a tierra y protecciones
- Trabajos de instalación de equipos

Tabla XXXI. Detalle de mano de obra del proyecto

| Descripción | Mano obra calificada horas | Costo/hora Q. | Mano obra no calificada horas | Costo/hora Q. | Total Q. |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------|
| Obra civil | | | | | |
| Albañil (1) | - | 20.47 | 44.00 | 13.36 | 587.84 |
| Ayudante albañil (1) | - | 20.47 | 44.00 | 13.36 | 587.84 |
| Instalaciones | | | | | - |
| Electricista (1) | 308.00 | 20.47 | - | 13.36 | 6,304.76 |
| Ayudante electricista (2) | - | 20.47 | 616.00 | 13.36 | 8,229.76 |
| TOTAL | 308.00 | | 704.00 | | 15,710.20 |

3.5.5 Análisis de costo de proveedor Vrs. ejecución interna

El que un proveedor de servicios externos realice el trabajo tiene sus ventajas y sus desventajas. Las ventajas pueden ser de tipo económico, organizativo, disponibilidad de personal y garantía sobre el trabajo realizado.

Se analizaron las opciones presentadas por los tres proveedores de servicios y se determinó que es preferible realizarlo con personal del departamento de mantenimiento de la fábrica debido principalmente a la reducción de costos. Se calculó una reducción de 50% en lo que se refiere a mano de obra.

3.6 Determinación del consumo de energía eléctrica del nuevo sistema

En estos tiempos de constante cambio y globalización se debe ser competente, eficiente y eficaz para subsistir y ampliar nuestros mercados. Para ser competitivos se debe reducir los gastos de fabricación.

Una parte de los gastos que se generan para producir son los de la energía eléctrica. Para ahorrar en cuanto al consumo de energía eléctrica se debe realizar un plan. El primer paso es la determinación de los consumos de energía tanto en iluminación y en la potencia instalada en cada área y departamento de la fábrica.

Existen hoy en día diferentes formas para hacer los sistemas eléctricos más eficientes, algunas de las cuales se detallan a continuación:

- Reubicación de luminarias
- Quitar iluminación innecesaria o en exceso, según el trabajo que se realiza debajo de su ubicación
- Emigrar a luminarias y lámparas más eficientes
- Mejorar la iluminación natural
- Sectorizar la iluminación, instalar un interruptor por cada luminaria, para que cuando no se esté utilizando sea apagada y se evite su consumo

3.6.1 Costo de la iluminación

El costo de la energía eléctrica que se utiliza para iluminar las áreas de trabajo se determina de la siguiente forma.

- Conocer la cantidad de luminarias
- Conocer la cantidad de lámparas por luminaria
- Conocer la potencia en watts de cada lámpara
- Determinar el número de horas promedio que trabaja anualmente
- Conocer el costo por kilovatio/hora
- Aplicar la siguiente fórmula

$$D = N * (P/1000) * H * C \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

D = Costo por año de la energía eléctrica

N = Número de lámparas (bulbos, tubos, etc.)

P = Potencia de cada lámpara en watts

H = Horas promedio de utilización de la lámpara al año

C = Costo del kilovatio/hora

Los datos de cada tipo de iluminación que se utilizará en el área de acabados se visualizan más fácilmente en la tabla siguiente.

Tabla XXXII. Consumo de energía eléctrica por iluminación del área de acabados

| Tipo de iluminación | Número luminarias | Número lámparas | Watts/lámpara | Total watts |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| Iluminación general | 11 | 1 | 400 | 4,400 |
| Iluminación de inspección fija | 15 | 1 | 150 | 2,250 |
| Iluminación de inspección móvil | 6 | 1 | 100 | 600 |
| Iluminación de cabinas | 18 | 2 | 32 | 1,152 |

Al aplicar la ecuación 6, se obtiene el siguiente resumen de costos.

Tabla XXXIII. Costo anual de energía eléctrica por iluminación

| Tipo de iluminación | Consumo Kw | Horas de utilización al año | Costo Kw/Hr Q. | Costo anual Q. |
|---------------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Iluminación general | 4.40 | 3200 | 0.62 | 8,729.60 |
| Iluminación de inspección fija | 2.25 | 3200 | 0.62 | 4,464.00 |
| Iluminación de inspección móvil | 0.60 | 3200 | 0.62 | 1,190.40 |
| Iluminación de cabinas | 1.15 | 3200 | 0.62 | 2,281.60 |
| TOTAL | 8.70 | | | 16,665.60 |

3.6.2 Costo de la potencia

Para la determinación del costo que tiene la potencia consumida por los equipos eléctricos del área se usará el inventario que se obtuvo en la sección de potencia.

Tabla XXXIV. Costo anual de la energía eléctrica por potencia

| Equipo | Potencia Hp | Kw | Kw/hora anual | Costo Kw/Hr. Q. | Costo total Q. |
|---|--------------------|--------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Motores de extractores | 29.50 | 22.00 | 70,400 | 0.62 | 43,648.00 |
| Ventiladores de pedestal | 1.49 | 1.11 | 3,552 | 0.62 | 2,202.24 |
| Moto-reductores de línea transportadora | 10.00 | 7.46 | 23,872 | 0.62 | 14,800.64 |
| TOTAL | | 30.57 | | | 60,650.88 |

3.7 Determinación de la factibilidad del proyecto

En esta sección se determinará la factibilidad del proyecto de inversión, con el objeto de tomar decisiones de la puesta en marcha o determinar su rentabilidad.

En esta etapa se conocerá tres de los grandes rubros que corresponden a la evaluación de proyectos:

- Evaluación financiera
- Evaluación económica
- Análisis de sensibilidad

De las evaluaciones y análisis mencionados se utilizará la evaluación económica. En el estudio de la evaluación económica, es considerado en, primer término, el efecto que tiene el tiempo en el dinero invertido en alguna actividad productiva.

Diferentes criterios pueden considerarse para decidir acerca del mérito financiero que tiene un proyecto, sin embargo, los métodos de evaluación que se utilizan toman en cuenta la actualización del valor del dinero a través del tiempo para medir su rendimiento.

3.7.1 Cálculo de los medidores económicos

Los procedimientos de actualización que se emplean en la evaluación económica, proporcionan una base para la comparación de los ingresos y costos que se produzcan en el futuro, reduciéndolos a un valor actualizado, que determinará la factibilidad del proyecto en estudio.

Dentro de los métodos de evaluación económica se mencionan los siguientes:

- Tasa contable o tasa de retorno contable
- Período de recuperación de la inversión
- Valor actual neto
- Relación beneficio costo
- Tasa interna de retorno (TIR)

De estos métodos solamente se utilizarán tres medidores, el valor actual neto, tasa interna de retorno y período de recuperación de la inversión. Estos serán expuestos y calculados a continuación.

3.7.1.1 Período de recuperación de la inversión

El objeto de utilizar este método es el de determinar el tiempo en que se recupera la inversión en el proyecto y servirá para compararlo con el período que se llevarían otras opciones de inversión. Para determinarlo se utilizará la siguiente fórmula:

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{Utilidades netas}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Para los cálculos de las utilidades netas se analizará únicamente el ahorro en energía eléctrica en la iluminación general por el cambio de tipo de luminaria y lámpara. La iluminación en cuanto a la inspección y cabinas sigue en igual número y tipo de lámpara por lo que no se tomarán en cuenta para este cálculo.

También hay que agregar a las utilidades, el ahorro que se tendría al evitarse un siniestro, este se detalla en la tabla XXXV.

3.7.1.1.1 Cálculo del efecto en la facturación de un mes

Se calcula que se perdería el 84% de la facturación promedio mensual lo cual representaría Q. 3,040,000.00.

Tabla XXXV. Cálculo de pérdidas totales al suceder un siniestro

Efectos en los gastos

| | | |
|--|-------------|----------------------|
| Mano de obra | | |
| Acabados | Q78,845.20 | |
| Empaque | Q42,000.00 | |
| Total | | Q120,845.20 |
| | | |
| Gastos de fabricación | Q422,400.00 | Q422,400.00 |
| Costos totales en pérdidas | | Q3,583,245.20 |
| (-) Costo de la inversión | | Q253,065.17 |
| Ahorro al momento de suceder un siniestro | | Q3,330,180.03 |

Con esos datos se procede a calcular el período de recuperación de la inversión:

$$PR = \frac{Q. 253,065.17}{Q. 337,317.67} = 0.75 \text{ años}$$

Esto indica que en menos de un año (9 meses) se recuperaría la inversión al momento de suceder un siniestro.

3.7.1.2 Valor actual neto

El valor actual neto (VAN) o valor presente es una herramienta de análisis que se utiliza para actualizar los beneficios que genera un proyecto para evaluarlo.

Este método persigue determinar el valor del dinero en el tiempo, es decir, establece lo que valdría el día de hoy una suma de dinero a recibir en el futuro.

Para aplicar y desarrollar la fórmula se requiere conocer las definiciones básicas siguientes.

Tasa de actualización: es el porcentaje que iguala una suma de dinero a recibir en el futuro, con su valor actual.

Factor de actualización (FA): es una fracción que oscila entre 0 y 1 que ayuda a determinar el valor actual de una unidad monetaria recibida o gastada en uno o más años. Se determina mediante la fórmula siguiente:

$$FA = \frac{1}{(1 + r)^n} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde r es la tasa de descuento y n el número de años.

Para determinar el valor actual neto, se necesita los tres elementos siguientes:

- Una cantidad de dinero que representa los flujos de efectivo o utilidades del proyecto.
- Las veces, períodos o años, que se espera se produzcan los flujos de efectivo.
- El porcentaje de descuento que se utilizará para descontar los flujos de efectivo en el tiempo que se planea se produzcan, para determinar su valor actual.

Al aplicar el valor actual neto a un proyecto, se determina la factibilidad o no factibilidad de la inversión, para decidir si se acepta o se rechaza. El resultado de este método da los lineamientos para tener un criterio al respecto, para lo cual se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

- Un proyecto se considera aceptable o factible si se obtiene un resultado que sea un valor positivo o igual a cero.
- Si el resultado obtenido es positivo quiere decir que la rentabilidad supera la tasa de actualización elegida en la evaluación.
- Cuando el resultado es cero, se tiene que la rentabilidad es igual a la tasa de actualización elegida en la evaluación.
- Si el valor actual neto resultante es negativo, quiere decir que la rentabilidad está por debajo de la tasa de evaluación elegida, por lo tanto el proyecto debe ser rechazado.

Para los beneficios netos por año se utilizará el costo de pérdida de producción que se tendría al ocurrir un siniestro y no en todos los años ya que solo ocurriría una vez.

Para todos los años se calculó una depreciación anual de Q. 21,983.22 y la suma del ahorro de consumo de energía eléctrica que ya tiene restados los costos del mantenimiento del nuevo sistema. La tasa de descuento a utilizar es de 9.5% que es proporcionada por el departamento de contabilidad.

Tabla XXXVI. Cálculo del valor actual neto

| Año | Inversión | Tasa | Factor utilización | Beneficio neto | VAN |
|------------|------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| 0 | Q253,065.17 | | 1 | 0 | 253,065.17 |
| 1 | - | 0.095 | 0.9132 | Q 359,300.89 | 328,128.67 |
| 2 | - | 0.095 | 0.8340 | Q 26,282.89 | 21,920.22 |
| 3 | - | 0.095 | 0.7617 | Q 26,282.89 | 20,018.46 |
| 4 | - | 0.095 | 0.6956 | Q 26,282.89 | 18,281.70 |
| 5 | - | 0.095 | 0.6352 | Q 26,282.89 | 16,695.62 |
| 6 | - | 0.095 | 0.5801 | Q 26,282.89 | 15,247.14 |
| 7 | - | 0.095 | 0.5298 | Q 26,282.89 | 13,924.33 |
| 8 | - | 0.095 | 0.4838 | Q 26,282.89 | 12,716.28 |
| 9 | - | 0.095 | 0.4418 | Q 26,282.89 | 11,613.04 |
| 10 | - | 0.095 | 0.4035 | Q 26,282.89 | 10,605.52 |
| VAN | | | | | 216,085.82 |

3.7.1.3 Cálculo de la tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno TIR, se define como un criterio para evaluar, que da como resultado, el retorno porcentual que en promedio anual rinde cada proyecto, actualizando los beneficios de su vida útil proyectada.

Es un valioso indicador de la rentabilidad, como método alternativo para tomar la decisión de invertir o no en el proyecto. Para aplicar esta evaluación se requiere de la fórmula siguiente.

$$TIR = R + (R2-R1) \left\{ \frac{VAN +}{(VAN +) - (VAN -)} \right\} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Dónde:

R = Tasa inicial de descuento

R1 = Tasa de descuento que origina el VAN (+)

R2 = Tasa de descuento que origina el VAN (-)

(VAN -) = Valor actual neto negativo de fondos, con tasa mayor de descuento

(VAN +) = Valor actual neto positivo de fondos, con tasa menor de descuento

Entonces se calcula el VAN con una tasa mayor al 9.5% que se utilizó anteriormente, los resultados se presentan a continuación.

Tabla XXXVII. Cálculo del valor actual neto negativo

| Año | Inversión | Tasa | Factor utilización | Beneficio neto | VAN |
|------------|------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|------------------|
| 0 | Q 253,065.17 | | 1 | 0 | 253,065.17 |
| 1 | - | 0.60 | 0.6250 | Q 359,300.89 | 224,563.06 |
| 2 | - | 0.60 | 0.3906 | Q 26,282.89 | 10,266.75 |
| 3 | - | 0.60 | 0.2441 | Q 26,282.89 | 6,416.72 |
| 4 | - | 0.60 | 0.1526 | Q 26,282.89 | 4,010.45 |
| 5 | - | 0.60 | 0.0954 | Q 26,282.89 | 2,506.53 |
| 6 | - | 0.60 | 0.0596 | Q 26,282.89 | 1,566.58 |
| 7 | - | 0.60 | 0.0373 | Q 26,282.89 | 979.11 |
| 8 | - | 0.60 | 0.0233 | Q 26,282.89 | 611.95 |
| 9 | - | 0.60 | 0.0146 | Q 26,282.89 | 382.47 |
| 10 | - | 0.60 | 0.0091 | Q 26,282.89 | 239.04 |
| VAN | | | | | -1,522.51 |

Se encontró que con una tasa del 60%, se tiene un VAN negativo, al sustituir en la fórmula los datos encontrados, se determina la TIR.

$$\text{TIR} = 9.50\% + (60\% - 9.50\%) \left\{ \frac{216,085.82}{(216,085.82 - (-1,522.51))} \right\}$$

$$\text{TIR} = 9.50 + 50.50 (0.9930)$$

$$\text{TIR} = 9.50 + 50.14 = \text{TIR} = \mathbf{59.65\%}.$$

3.7.2 Análisis financiero

Los resultados obtenidos hablan muy bien de la rentabilidad y factibilidad del proyecto. El resultado de la tasa interna de retorno indica que la inversión si es rentable si se toma en cuenta que genera un interés del 59.65 % anual sobre el dinero invertido.

Además, el retorno de la inversión se fija en un período de 9 meses, por lo que se considera que la inversión se paga en un tiempo bastante corto con respecto a la vida útil proyectada para las instalaciones y el equipo.

1. IMPLEMENTACION

En este capítulo se tratará todo lo referente a la preparación y planificación para la ejecución del proyecto. Se determinarán todas las actividades que se tengan que realizar para alcanzar la meta de finalizar el proyecto. Se calendarizará el proyecto para determinar qué actividades son críticas para que el trabajo a realizar se lleve a cabo según lo planificado (ruta crítica).

En esta sección se determinará, en base a las fases de ejecución que se establezcan, qué flujo de caja (desembolso) mensual se realizará, todo esto con el fin de agilizar las adquisiciones de materiales y evitar atrasos por falta de estos. Además, se desarrollarán los mecanismos indispensables para llevar un control eficiente de los recursos a invertir, mano de obra, materiales, personal externo y consumo de energía del nuevo sistema.

4.1 Planificación del proyecto

La planeación de proyectos no es nueva, poco a poco ha ido ganando importancia así como, la programación y el control del trabajo de proyectos. Este nuevo concepto de administración data de mediados de la década de los cincuenta y se ha caracterizado por la variación en los grados de interés y de comprensión. Hoy en día, es la base de una parte importante de la actividad económica, la administración del cambio. Asimismo, ha evolucionado de ser una técnica muy especializada, hasta convertirse en una norma general de administración, apoyada por una serie de técnicas, conceptos y teorías de administración.

En la planificación de la ejecución del proyecto se deben conjugar todos los elementos que participarán, como mano de obra, compra de materiales, controles, etc.

Principalmente se determinarán fechas de inicio y finalización de cada trabajo o fase a realizar y se establecerán los controles indispensables para verificar que el trabajo se esté realizando según lo planificado. Se determinarán fechas también para el ingreso de los materiales. Aquí se debe poner énfasis en determinar las actividades que pueden ser críticas al momento de su realización y por ende que pueden retrasar el proyecto si no se hicieran a tiempo.

La planificación del proyecto se llevará a cabo con la ayuda del cronograma de actividades correspondiente, del análisis de ruta crítica, creación de formatos que permitan controlar los recursos destinados a éste. Las estimaciones de tiempo para estas actividades se determinan luego y se construye un diagrama de red (o de flechas) donde cada uno de sus arcos (flechas) representa una actividad.

El diagrama de flechas completo da una representación gráfica de las interdependencias entre las actividades del proyecto. La construcción del diagrama de flechas como una fase de planeación, tiene la ventaja de estudiar los diferentes trabajos en detalle, sugiriendo quizá, mejoras antes de que el proyecto realmente se ejecute. Será más importante su uso en el desarrollo de un programa para el proyecto.

4.1.1 Actividades

Los proyectos están formados por actividades, por lo general, no repetitivas, que operan sobre un conjunto de puntos interrelacionados que, de forma inherente, tienen relaciones tecnológicamente determinadas. Una actividad debe terminarse antes de que se pueda iniciar otra. Estas relaciones se describen en el diagrama de red y se analizarán más adelante con mayor amplitud. El listado de actividades para la ejecución del proyecto se presentan en la tabla XXXVIII.

4.1.2 Calendarización del proyecto

Esta es la etapa de la planificación donde se le asigna tiempo de realización a cada una de las actividades que se definieron con anterioridad. Se usará la gráfica de Gantt para visualizar la secuencia de las actividades.

La gráfica de Gantt fue diseñada por Henry Gantt alrededor de 1917, como un medio para programar el trabajo de un taller. Esta se ha convertido en la representación más fácilmente entendible del plan de programación para una diversidad de tipo de trabajo. Es efectivo para comunicarse con los clientes, los ejecutivos, los mandos intermedios y los gerentes de línea. La calendarización puede observarse más fácilmente en la tabla IXL.

Tabla XXXVIII. Listado de actividades para la ejecución del proyecto

| Actividad | Orden |
|--|--------------|
| Compra de tubería, luminarias y accesorios | A |
| Instalación de soportes de tubería de instalación de fuerza ramales A y B | B |
| Instalación de tubería de fuerza ramal A | C |
| Instalación de tubería de fuerza ramal B | D |
| Cableado de equipo del ramal A | E |
| Cableado de equipo del ramal B | F |
| Conección de equipo del ramal A (cabinas 1, 2, 7, 8 y 9) | G |
| Conección de equipo del ramal B (cabinas 3, 4, 5 y 6) | H |
| Instalación de soportes de tubería de instalación de iluminación general | I |
| Instalación de soportes de tubería de instalación de iluminación de inspección | J |
| Instalación de tubería de iluminación general | K |
| Instalación de tubería de iluminación de inspección | L |
| Cableado de luminarias iluminación general fase 1 | M |
| Cableado de luminarias iluminación general fase 2 | N |
| Cableado de luminarias iluminación general fase 3 | Ñ |
| Conección de luminarias iluminación general fase 1 | O |
| Conección de luminarias iluminación general fase 2 | P |
| Conección de luminarias iluminación general fase 3 | Q |
| Cableado luminarias iluminación de inspección (puntos 1 y 2) | R |
| Cableado luminarias iluminación de inspección (puntos 3 y 4) | S |
| Cableado de luminarias iluminación de inspección (puntos 5 y tomacorrientes) | T |
| Conección luminarias iluminación de inspección (puntos 1 y 2) | U |
| Conección luminarias iluminación de inspección (puntos 3 y 4) | V |
| Conección de luminarias iluminación de inspección (punto 5) e instalación de tomacorrientes para lámparas móviles de inspección en todos los puntos) | W |
| Abrir agujeros para tierras físicas (3) | X |
| Armar tierras físicas (3) | Y |
| Conección de sistema de fuerza a tablero de interruptores | Z |
| Conección de sistema de fuerza a tablero de interruptores | AA |
| Conección de sistema de fuerza a tablero de interruptores | AB |
| Instalación de tierras físicas (3) | AC |
| Realización de pruebas del sistema | AD |
| Protocolo de aceptación del trabajo | AE |

Tabla IXL. Programación de actividades para la ejecución del proyecto

4.1.3 Ruta crítica PERT-CPM

El diagrama de flechas representa las interdependencias y relaciones de precedencia entre las actividades del proyecto. Se utiliza comúnmente una flecha para representar una actividad, y la punta indica el sentido de avance del proyecto. La relación de precedencia entre las actividades se especifica utilizando eventos. Un evento representa un punto en el tiempo y significa la terminación de algunas actividades y el comienzo de nuevas. Los puntos inicial y final de una actividad, por consiguiente, están descritos por dos eventos usualmente conocidos como evento de comienzo y evento terminal.

Las actividades que se originan de un cierto evento no pueden comenzar hasta que las actividades que concluyen en el mismo evento hayan terminado. En la terminología de la teoría de redes cada actividad está representada por un arco dirigido y cada evento está simbolizado por un nudo. La longitud del arco no necesita ser proporcional a la duración de la actividad ni tiene que dibujarse como una línea recta.

Debido a la interacción de las diferentes actividades, la determinación de los tiempos de inicio y terminación, requiere cálculos especiales. Estos cálculos se realizan directamente en el diagrama de flechas usando aritmética simple. El resultado final es clasificar las actividades de los proyectos como críticas o no críticas. Se dice que una actividad es crítica si una demora en su comienzo causará una demora en la fecha de terminación del proyecto completo.

En la figura 17, se puede observar el diagrama de flechas para determinar la correlación de todas las actividades del proyecto y la determinación de la ruta crítica.

4.1.4 Flujo de caja del proyecto

El flujo de caja del proyecto comprende la distribución de los ingresos, ahorros y ganancias, así como los egresos que se tendrán en el tiempo, al desarrollar y ejecutar el proyecto de inversión. Este análisis se realiza para el tiempo de vida útil seleccionado. A continuación se presenta el resumen de flujo de caja de un proyecto.

Tabla XL. Resumen de flujo de caja de un proyecto

| | Vida útil del proyecto | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Utilidades/ahorros | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 | 6,496.00 |
| Gastos de mantenimiento | 44.53 | 48.98 | 53.88 | 59.27 | 65.20 | 71.72 | 78.89 | 86.78 | 95.45 | 105.00 |
| Utilidad neta | 6,451.47 | 6,447.02 | 6,442.12 | 6,436.73 | 6,430.80 | 6,424.28 | 6,417.11 | 6,409.22 | 6,400.55 | 6,391.00 |
| Depreciación de equipos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Depreciación instalaciones | | | | | | | | | | |
| Beneficios netos | 6,451.47 | 6,447.02 | 6,442.12 | 6,436.73 | 6,430.80 | 6,424.28 | 6,417.11 | 6,409.22 | 6,400.55 | 6,391.00 |

4.2 Control del proyecto

La fase final en la administración de proyectos es la de control. Esto incluye el uso del diagrama de flechas y la gráfica de tiempo para hacer reportes periódicos del progreso. La red puede, por consiguiente, actualizarse y analizarse y si es necesario, determinar un nuevo programa para la porción restante del proyecto.

La supervisión del proyecto será directa, ya que es la forma más segura de que los trabajos sean realizados conforme lo planeado. La supervisión recaerá directamente en los supervisores del departamento de mantenimiento.

4.2.1 Formatos para el control del proyecto

Estos son muy importantes para ejercer el control del proyecto. Los formatos ayudarán a capturar la información necesaria para llevar el control de los recursos utilizados, mano de obra y materiales. Los formatos principales que se utilizarán son los siguientes, ver detalle en anexos.

- Formato para control de tiempo de ejecución
- Formato para control del consumo de materiales

4.2.2 Control de la mano de obra

El control de la ejecución del proyecto en cuanto a la mano de obra se refiere será responsabilidad directa de la supervisión de mantenimiento correctivo. La parte administrativa de la ejecución del proyecto estará a cargo de la Supervisión de planificación de mantenimiento.

Será la supervisión de planificación la que se encargará de revisar que el llenado del formato (boleta de trabajo) sea el correcto. Además debe revisar periódicamente el avance del proyecto y la utilización de mano de obra.

En la boleta de trabajo principalmente se recaba la información siguiente:

- Fecha de inicio del trabajo
- Hora de inicio y hora de finalización
- Código del personal que realizará el trabajo
- Trabajo que se realizará

4.2.3 Control del consumo de materiales

El control del consumo de materiales también se llevará a cabo con un formato. El formato ayudará a construir el reporte final de consumo de materiales y la determinación de los costos finales del proyecto. La información básica que se recaba en el, es la siguiente:

- Descripción de materiales a utilizar
- Cantidad de materiales
- El número de proyecto
- El código del personal que utilizó el material

Toda esta información luego se ingresa al programa de inventarios de la bodega de suministros que se encarga de llevar el registro del ingreso y egreso de materiales para el proyecto en mención.

4.2.4 Control del trabajo del sub-contratante

Para el control de los trabajos del sub-contratante si se diera el caso, se necesitará solicitarle un cronograma de actividades y listado de materiales a emplear. Esto se hace con el fin de que el trabajo se realice en el tiempo estipulado y con los materiales especificados en el contrato de trabajo que se realice.

4.2.5 Control del consumo de energía eléctrica

Este tipo de control se realizará llevando a cabo el debido mantenimiento del equipo y de las instalaciones a fin de evitar sobrecargas o que la energía se convierta en calentamiento y no en iluminación.

Se determinó que con el equipo de medición que la empresa eléctrica tiene instalado, no es posible medir con exactitud cuál es el consumo real de cada área y menos el desglose entre el consumo por concepto de iluminación y por fuerza.

El control del consumo de energía teórico puede ser monitoreado de la siguiente forma:

- Determinar el número de luminarias
- Determinar el número de lámparas por luminaria
- Potencia consumida por lámpara en Watts
- Determinar los Kw/Hr de cada sistema de iluminación

5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Todo equipo o instalación debe tener el correcto mantenimiento para dar el servicio deseado, con calidad y eficiencia.

El mantenimiento del sistema anti-explosivo que se implementará en el área de acabados consistirá en la revisión y reparación periódica de todos sus componentes, tubería, accesorios, soportes, luminarias, lámparas. Se deberá realizar ajustes, limpieza del equipo, cambio de piezas dañadas y mediciones de voltaje y amperaje en las diferentes líneas de conducción eléctrica para determinar sobrecargas en el sistema o caídas de voltaje muy fuertes.

Los componentes de unión y conexión entre la tubería deben ser revisados en los sellos, cambiar los que estén dañados y realizar el ajuste necesario para lograr la hermeticidad deseada.

Debe hacerse la limpieza respectiva de todas las luminarias ya que por el ambiente en que están se ensucian demasiado, con esto se baja el rendimiento de intensidad y color de las lámparas, lo que produce, por lo tanto, una iluminación deficiente. Además deberá realizarse el cambio de lámparas y piezas dañadas necesarios para mantener el sistema funcionando al máximo.

5.1 Programación del mantenimiento

Todo mantenimiento ya sea correctivo, preventivo o predictivo debe ser programado para que sea realizado con eficiencia, calidad y se pueda obtener los resultados deseados.

5.1.1 Limpieza

La limpieza del equipo, principalmente de las luminarias se realizará según la ubicación que tengan, así:

- Luminarias de iluminación general, se realizará bimestralmente
- Luminarias de iluminación direccional de Inspección, se realizará quincenalmente
- Luminarias de iluminación específica de cabinas, se realizará mensualmente

Para las luminarias de iluminación general se realizará cada dos meses debido a que por la altura y posición que tendrán, se espera que no se ensucien demasiado.

Para la iluminación direccional, la limpieza debe realizarse con mayor frecuencia ya que serán puntos críticos para controlar la calidad de los productos, por lo que el rendimiento lumínico debe ser muy eficiente.

Las luminarias de las cabinas deberán ser limpiadas cada 30 días, ya que tendrán otra ubicación, lo que permitirá que se ensucien menos que con la ubicación actual, logrando reducir la frecuencia actual de la limpieza.

5.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de un equipo o instalación consiste, como su nombre lo dice en prevenir, es decir, actuar antes de que los equipos o instalaciones se deterioren de tal manera que ocasionen tiempo de paro muy alto y que se eleven los costos de los repuestos y del mantenimiento.

Tabla XLI. Programación del mantenimiento preventivo del nuevo sistema

| Descripción | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | |
|-------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Lámparas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.2 Repuestos

Los repuestos son parte importante para la ejecución del mantenimiento del sistema ya sea este correctivo o preventivo. Por lo tanto es necesario tener la cantidad adecuada de cada tipo de repuesto, bulbos, balastros, interruptores, cable, etc.

El tipo de repuestos que utilizará el nuevo sistema es de más alto costo que los del equipo convencional que ya existe, por lo que es imprescindible tener solo la cantidad mínima necesaria en la bodega. Esto con el fin de no incrementar los inventarios, ya que ocasiona costos altos por manejo y almacenamiento.

Para el proyecto, por la cantidad de lámparas que se utilizarán y por la duración bastante alta de los bulbos, se tendrá en bodega los siguientes repuestos:

- 1 bulbo principal
- 1 balastro
- 1 bulbo de cuarzo (iluminación de emergencia)

5.3 Costo del mantenimiento

El costo de mantenimiento es muy importante determinarlo, debido a que esto influye en los gastos de fabricación que se le suman a los productos que se fabrican. Es necesario entonces controlar y verificar que los costos de mantenimiento no se eleven demasiado.

Entre los costos de mantenimiento están los de mano de obra, que es el costo del tiempo que un ayudante de electricista demora en reparar o en dar mantenimiento preventivo al equipo (limpieza y revisión). Los materiales empleados en el mantenimiento son los insumos y repuestos que el electricista utiliza para realizarlo.

5.3.1 Mano de obra

La mano de obra es uno de los factores que influye en los costos del mantenimiento, para el sistema eléctrico a implementar, los costos estimados se expresan en la tabla XLII.

Tabla XLII. Detalle del costo de la mano de obra

| Personal | Costo/hora Q. | Horas/ mes | Costo mensual Q. | Costo anual Q. |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1 Ayudante de electricista | 5.35 | 3 | 16.05 | 192.60 |

5.3.2 Materiales

En base a los datos de duración de los equipos, proporcionados por los fabricantes, se estiman los costos en que se incurrirá en el rubro de materiales y repuestos los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XLIII. Detalle de los costos de los materiales para mantenimiento

| Descripción | Duración aproximada años | Cantidad | Costo unitario Q. | Costo anual Q. |
|---|---------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|
| Bulbo metal halide BT37, base mogul E39 400 W | 5 | 11 | 205.00 | 451.00 |
| Bulbo cuarzo iluminación emergencia | 8 | 11 | 62.50 | 85.91 |
| Balastro electrónico 400W | 8 | 11 | 970.00 | 1,333.75 |
| Total | | | | 1,870.66 |

CONCLUSIONES

1. La iluminación actual del área de acabados es deficiente, mal distribuida y de mala calidad para el trabajo que se realiza.
2. Las regulaciones a tomar en cuenta para seleccionar el sistema eléctrico adecuado para un área peligrosa son determinar la atmósfera de trabajo, temperatura de trabajo, determinar la temperatura de auto-ignición de los gases y el tipo de ambiente.
3. La temperatura menor de auto-ignición de los materiales utilizados en el área de acabados es de 226 °C.
4. La correcta elección de los productos de iluminación, de acuerdo a las actividades y los sitios en que ellas serán ejecutadas, puede proporcionar un aumento sensible en la calidad en el proceso productivo y el aumento del bienestar de los empleados.
5. Para cumplir con la condición de ser a prueba de explosión, la tubería que debe utilizarse, según las normas eléctricas es la tubería Conduit galvanizado. Esta tubería es del grosor adecuado y es roscada (rosca cónica), con lo que se garantiza un mejor sello. El sello es una condición muy importante que la tubería utilizada para este tipo de instalaciones (a prueba de explosión) debe cumplir.

6. El período de recuperación de la inversión se calculó en 9 meses, esto si ocurriera un siniestro. Por esto se considera que la inversión se paga en un tiempo bastante corto con respecto a la vida útil proyectada para las instalaciones y el equipo.
7. El resultado de la tasa interna de retorno (TIR) indica que la inversión si es rentable, tomando en cuenta que genera un interés del 59.65 % anual sobre el dinero invertido.
8. El proyecto de la nueva instalación eléctrica está planificado para ser ejecutado en un tiempo de 7 semanas.
9. La supervisión del proyecto será directa y recaerá en el departamento de mantenimiento.
10. El mantenimiento del sistema eléctrico anti-explosivo que se implementará en el área de acabados consistirá en la revisión y reparación periódica de todos sus componentes, tubería, accesorios, soportes, luminarias y lámparas.

RECOMENDACIONES

1. Cambiar el sistema eléctrico actual por uno nuevo que reúna las características de seguridad que se requieren para el área de acabados.
2. Incrementar la calidad de iluminación en los procesos de producción para mejorar la productividad y la calidad, respetando y cuidando la salud de los colaboradores.
3. Respetar el programa de mantenimiento estipulado para las instalaciones y el equipo, ya que ello depende la durabilidad y servicio que brinden.
4. Reemplazar a corto plazo el tablero de controles eléctricos del sistema completo (iluminación y fuerza), ya que el actual es obsoleto y no reúne las condiciones de seguridad que se requieren para el sistema anti-explosivo propuesto.
5. Respetar los lineamientos de selección de luminarias y accesorios a prueba de explosión, determinados en este trabajo para obtener los resultados esperados.
6. Negociar el monto de la prima de seguro que se paga. La aseguradora en base a la nueva instalación tendrá que realizar una nueva evaluación.
7. Incrementar los niveles lumínicos del área de acabados en la iluminación general y la de inspección.

BIBLIOGRAFÍA

1. Duarte Cordón, Julio César. **Apuntes de elaboración y evaluación de proyectos.** Colección Textos de Administración, Departamento de Publicaciones, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1995. 86 pp.
2. Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. **Normas para acometidas de servicio eléctrico.** XII edición. 1998. 117 pp.
3. *GE Lighting Systems, Lighting fixtures.* 1997. 384 pp.
4. Grainger. **Industrial supply.** 1999-2000. 4010 pp.
5. Koenigsberger, Rodolfo. **Ingeniería eléctrica 2.** Guatemala. 11 Edición. 137 pp.
6. Marks. **Manual del ingeniero mecánico.** Segunda edición en español. México: Editorial McGraw-Hill, 1984.
7. Niebel, Benjamín W. **Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos.** 3 edición. México: Editorial Alfaomega. 1990. 814 pp.
8. Sylvania SLi. **Catálogo de luminarias.** 94 pp.
9. Taha, Hamdy A. **Investigación de operaciones una introducción.** 2 edición. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A. 1981. 647 pp.

ANEXOS

Tabla XLIV. Coeficientes de utilización (K)

| Distribución típica | Techo | Claro | | Semiclaro | | Claro | |
|---|---------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|
| | Paredes | Claro | Semiclaro | Claro | Oscuro | Claro | Oscuro |
| | Piso | Oscuro | | Claro | | Semiclaro | |
| | RR | | | | | | |
| I 90-100 ↑ ———— 0-10 ↓ | 0.6 | 0.27 | 0.21 | 0.17 | 0.11 | 0.28 | 0.22 |
| | 1.0 | 0.39 | 0.33 | 0.26 | 0.28 | 0.42 | 0.35 |
| | 2.0 | 0.55 | 0.49 | 0.36 | 0.29 | 0.60 | 0.52 |
| | 3.0 | 0.61 | 0.56 | 0.40 | 0.34 | 0.69 | 0.62 |
| | 5.0 | 0.68 | 0.64 | 0.44 | 0.39 | 0.78 | 0.72 |
| SI 60-80 ↑ ———— 20-40 ↓ | 0.6 | 0.24 | 0.19 | 0.17 | 0.11 | 0.24 | 0.19 |
| | 1.0 | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.19 | 0.37 | 0.31 |
| | 2.0 | 0.49 | 0.44 | 0.36 | 0.29 | 0.53 | 0.47 |
| | 3.0 | 0.55 | 0.50 | 0.40 | 0.34 | 0.61 | 0.55 |
| | 5.0 | 0.60 | 0.57 | 0.45 | 0.39 | 0.68 | 0.63 |
| SD 20-40 ↑ ———— 60-80 ↓ | 0.6 | 0.34 | 0.28 | 0.31 | 0.24 | 0.35 | 0.29 |
| | 1.0 | 0.48 | 0.42 | 0.44 | 0.36 | 0.50 | 0.43 |
| | 2.0 | 0.64 | 0.59 | 0.58 | 0.51 | 0.69 | 0.62 |
| | 3.0 | 0.70 | 0.66 | 0.63 | 0.57 | 0.78 | 0.72 |
| | 5.0 | 0.75 | 0.72 | 0.68 | 0.63 | 0.86 | 0.81 |
| G 45-50 ↑ ———— 45-50 ↓ | 0.6 | 0.26 | 0.21 | 0.23 | 0.16 | 0.27 | 0.22 |
| | 1.0 | 0.38 | 0.33 | 0.33 | 0.26 | 0.40 | 0.34 |
| | 2.0 | 0.53 | 0.48 | 0.44 | 0.38 | 0.57 | 0.51 |
| | 3.0 | 0.59 | 0.55 | 0.49 | 0.44 | 0.65 | 0.59 |
| | 5.0 | 0.64 | 0.61 | 0.54 | 0.49 | 0.73 | 0.68 |
| D 0-10 ↑ ———— 90-100 ↓ | 0.6 | 0.34 | 0.28 | 0.33 | 0.24 | 0.35 | 0.28 |
| | 1.0 | 0.49 | 0.42 | 0.47 | 0.37 | 0.51 | 0.43 |
| | 2.0 | 0.65 | 0.60 | 0.63 | 0.55 | 0.71 | 0.64 |
| | 3.0 | 0.72 | 0.67 | 0.69 | 0.63 | 0.80 | 0.74 |
| | 5.0 | 0.78 | 0.75 | 0.75 | 0.71 | 0.89 | 0.85 |

Fuente: Ingeniería eléctrica 2. Pag. 64, 66, 67, 68, 69.

Tabla XLV. Reflectancias efectivas cavidad de cielo (Pcc) y piso (Pcp) %

| Reflectancia piso o cielo | 90 | | | | 80 | | | | 70 | | | 50 | | | 30 | | | | 10 | | |
|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| % Reflectancia pared | 90 | 70 | 50 | 30 | 80 | 70 | 50 | 30 | 70 | 50 | 30 | 70 | 50 | 30 | 65 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 |
| 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 80 | 80 | 80 | 70 | 70 | 70 | 50 | 50 | 50 | 30 | 30 | 30 | 30 | 10 | 10 | 10 |
| 0.1 | 90 | 89 | 88 | 87 | 79 | 79 | 78 | 78 | 69 | 69 | 68 | 59 | 49 | 48 | 30 | 30 | 29 | 29 | 10 | 10 | 10 |
| 0.2 | 89 | 88 | 86 | 85 | 79 | 78 | 77 | 76 | 68 | 67 | 66 | 49 | 48 | 47 | 30 | 29 | 29 | 28 | 10 | 10 | 9 |
| 0.3 | 89 | 87 | 85 | 83 | 78 | 77 | 75 | 74 | 68 | 66 | 64 | 49 | 47 | 46 | 30 | 29 | 28 | 27 | 10 | 10 | 9 |
| 0.4 | 88 | 86 | 83 | 81 | 78 | 76 | 74 | 72 | 67 | 65 | 63 | 48 | 46 | 45 | 30 | 29 | 27 | 26 | 11 | 10 | 9 |
| 0.5 | 88 | 85 | 81 | 78 | 77 | 75 | 73 | 70 | 66 | 64 | 61 | 48 | 46 | 44 | 29 | 28 | 27 | 25 | 11 | 10 | 9 |
| 0.6 | 88 | 84 | 80 | 76 | 77 | 75 | 71 | 68 | 65 | 62 | 59 | 47 | 45 | 43 | 29 | 28 | 26 | 25 | 11 | 10 | 9 |
| 0.7 | 88 | 83 | 78 | 74 | 76 | 74 | 70 | 66 | 65 | 61 | 58 | 47 | 44 | 42 | 29 | 28 | 26 | 24 | 11 | 10 | 8 |
| 0.8 | 87 | 82 | 77 | 73 | 75 | 73 | 69 | 65 | 64 | 60 | 56 | 47 | 43 | 41 | 29 | 27 | 25 | 23 | 11 | 10 | 8 |
| 0.9 | 87 | 81 | 76 | 71 | 75 | 72 | 68 | 63 | 63 | 59 | 55 | 46 | 43 | 40 | 29 | 27 | 25 | 22 | 11 | 9 | 8 |
| 1 | 86 | 80 | 74 | 69 | 74 | 71 | 66 | 61 | 63 | 58 | 53 | 46 | 42 | 39 | 29 | 27 | 24 | 22 | 11 | 9 | 8 |
| 1.1 | 86 | 79 | 73 | 67 | 74 | 71 | 65 | 60 | 62 | 57 | 52 | 46 | 41 | 38 | 29 | 26 | 24 | 21 | 11 | 9 | 8 |
| 1.2 | 86 | 78 | 72 | 65 | 73 | 70 | 64 | 58 | 61 | 56 | 50 | 45 | 41 | 37 | 29 | 26 | 23 | 20 | 12 | 9 | 7 |
| 1.3 | 85 | 78 | 70 | 64 | 73 | 69 | 63 | 57 | 61 | 55 | 49 | 45 | 40 | 36 | 29 | 26 | 23 | 20 | 12 | 9 | 7 |
| 1.4 | 85 | 77 | 69 | 62 | 72 | 68 | 62 | 55 | 60 | 54 | 48 | 45 | 40 | 35 | 28 | 26 | 22 | 19 | 12 | 9 | 7 |
| 1.5 | 85 | 76 | 68 | 61 | 72 | 68 | 61 | 54 | 59 | 53 | 47 | 44 | 39 | 34 | 28 | 25 | 22 | 18 | 12 | 9 | 7 |
| 1.6 | 85 | 75 | 65 | 59 | 71 | 67 | 60 | 53 | 59 | 53 | 45 | 44 | 39 | 33 | 28 | 25 | 21 | 18 | 12 | 9 | 7 |
| 1.7 | 84 | 74 | 65 | 58 | 71 | 66 | 59 | 52 | 58 | 51 | 44 | 44 | 38 | 32 | 28 | 25 | 21 | 17 | 12 | 9 | 7 |
| 1.8 | 84 | 73 | 64 | 56 | 70 | 65 | 58 | 50 | 57 | 50 | 43 | 43 | 37 | 32 | 28 | 25 | 21 | 17 | 12 | 9 | 6 |
| 1.9 | 84 | 73 | 63 | 55 | 70 | 65 | 57 | 49 | 57 | 49 | 42 | 43 | 37 | 31 | 28 | 25 | 20 | 16 | 12 | 9 | 6 |
| 2 | 83 | 72 | 62 | 53 | 69 | 64 | 56 | 48 | 56 | 48 | 41 | 43 | 37 | 30 | 28 | 24 | 20 | 16 | 12 | 9 | 6 |
| 2.1 | 83 | 71 | 61 | 52 | 69 | 63 | 55 | 47 | 56 | 47 | 40 | 43 | 36 | 29 | 28 | 24 | 20 | 16 | 13 | 9 | 6 |
| 2.2 | 83 | 70 | 60 | 51 | 68 | 63 | 54 | 45 | 55 | 46 | 39 | 42 | 36 | 29 | 28 | 24 | 19 | 15 | 13 | 9 | 6 |
| 2.3 | 83 | 69 | 59 | 50 | 68 | 62 | 53 | 44 | 54 | 46 | 38 | 42 | 35 | 28 | 28 | 24 | 19 | 15 | 13 | 9 | 6 |
| 2.4 | 82 | 68 | 58 | 48 | 67 | 61 | 52 | 43 | 54 | 45 | 37 | 42 | 35 | 27 | 28 | 24 | 19 | 14 | 13 | 9 | 6 |
| RCC 2.5 | 82 | 68 | 57 | 47 | 67 | 61 | 51 | 42 | 53 | 44 | 36 | 41 | 34 | 27 | 27 | 23 | 18 | 14 | 13 | 9 | 6 |
| o | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RCP 2.6 | 82 | 67 | 56 | 46 | 66 | 60 | 50 | 41 | 53 | 43 | 35 | 41 | 34 | 26 | 27 | 23 | 18 | 13 | 13 | 9 | 5 |
| 2.7 | 82 | 66 | 55 | 45 | 66 | 60 | 49 | 40 | 52 | 43 | 34 | 41 | 33 | 26 | 27 | 23 | 18 | 13 | 13 | 9 | 5 |
| 2.8 | 81 | 66 | 54 | 44 | 66 | 59 | 48 | 39 | 52 | 42 | 33 | 41 | 33 | 25 | 27 | 23 | 18 | 13 | 13 | 9 | 5 |
| 2.9 | 81 | 65 | 53 | 43 | 65 | 58 | 48 | 38 | 51 | 41 | 33 | 40 | 33 | 25 | 27 | 23 | 17 | 12 | 13 | 9 | 5 |
| 3 | 81 | 64 | 52 | 42 | 65 | 58 | 47 | 38 | 51 | 40 | 32 | 40 | 32 | 24 | 27 | 22 | 17 | 12 | 13 | 8 | 5 |
| 3.1 | 80 | 64 | 51 | 41 | 64 | 57 | 46 | 37 | 50 | 40 | 31 | 40 | 32 | 24 | 27 | 22 | 17 | 12 | 13 | 8 | 5 |
| 3.2 | 80 | 63 | 50 | 40 | 64 | 57 | 45 | 36 | 50 | 39 | 30 | 40 | 31 | 23 | 27 | 22 | 16 | 11 | 13 | 8 | 5 |
| 3.3 | 80 | 62 | 49 | 39 | 64 | 56 | 44 | 35 | 49 | 39 | 30 | 39 | 31 | 23 | 27 | 22 | 16 | 11 | 13 | 8 | 5 |
| 3.4 | 80 | 62 | 48 | 38 | 63 | 56 | 44 | 34 | 49 | 38 | 29 | 39 | 31 | 22 | 27 | 22 | 16 | 11 | 13 | 8 | 5 |
| 3.5 | 79 | 61 | 48 | 37 | 63 | 55 | 43 | 33 | 48 | 38 | 29 | 39 | 30 | 22 | 26 | 22 | 16 | 11 | 13 | 8 | 5 |
| 3.6 | 79 | 60 | 47 | 36 | 62 | 54 | 42 | 33 | 48 | 37 | 28 | 39 | 30 | 21 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 8 | 5 |
| 3.7 | 79 | 60 | 46 | 35 | 62 | 54 | 42 | 32 | 48 | 37 | 27 | 38 | 30 | 21 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 8 | 4 |
| 3.8 | 79 | 59 | 45 | 35 | 62 | 53 | 41 | 31 | 47 | 36 | 27 | 38 | 29 | 21 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 8 | 4 |
| 3.9 | 78 | 59 | 45 | 34 | 61 | 53 | 40 | 30 | 47 | 36 | 26 | 38 | 29 | 20 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 8 | 4 |
| 4 | 78 | 58 | 44 | 33 | 61 | 52 | 40 | 30 | 46 | 35 | 26 | 38 | 29 | 20 | 26 | 21 | 15 | 9 | 13 | 8 | 4 |
| 4.1 | 78 | 57 | 43 | 32 | 60 | 52 | 39 | 29 | 46 | 35 | 25 | 37 | 28 | 20 | 26 | 21 | 14 | 9 | 13 | 8 | 4 |
| 4.2 | 78 | 57 | 43 | 32 | 60 | 51 | 39 | 29 | 46 | 34 | 25 | 37 | 28 | 19 | 26 | 20 | 14 | 9 | 13 | 8 | 4 |
| 4.3 | 78 | 56 | 42 | 31 | 60 | 51 | 38 | 28 | 45 | 34 | 25 | 37 | 28 | 19 | 26 | 20 | 14 | 9 | 13 | 8 | 4 |
| 4.4 | 77 | 56 | 41 | 30 | 59 | 51 | 38 | 28 | 45 | 34 | 24 | 37 | 27 | 19 | 26 | 20 | 14 | 8 | 13 | 8 | 4 |
| 4.5 | 77 | 55 | 41 | 30 | 59 | 50 | 37 | 27 | 45 | 33 | 24 | 37 | 27 | 19 | 25 | 20 | 14 | 8 | 14 | 8 | 4 |
| 4.6 | 77 | 55 | 40 | 29 | 59 | 50 | 37 | 26 | 44 | 33 | 24 | 36 | 27 | 18 | 25 | 20 | 14 | 8 | 14 | 8 | 4 |
| 4.7 | 77 | 54 | 40 | 29 | 58 | 49 | 36 | 26 | 44 | 33 | 23 | 36 | 26 | 18 | 25 | 20 | 13 | 8 | 14 | 8 | 4 |
| 4.8 | 76 | 54 | 39 | 28 | 58 | 49 | 36 | 25 | 44 | 32 | 23 | 36 | 26 | 18 | 25 | 19 | 13 | 8 | 14 | 8 | 4 |
| 4.9 | 76 | 53 | 38 | 28 | 58 | 49 | 35 | 25 | 44 | 32 | 23 | 36 | 26 | 18 | 25 | 19 | 13 | 7 | 14 | 8 | 4 |
| 5 | 76 | 53 | 38 | 27 | 57 | 48 | 35 | 25 | 43 | 32 | 22 | 36 | 26 | 17 | 25 | 19 | 13 | 7 | 14 | 8 | 4 |

Tabla XLVI. Coeficiente de utilización para algunas luminarias

| Distribución típica | Pcc Pp | 80 | | | | 70 | | | | 50 | | | 30 | | | 10 | | |
|---|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 70 | 50 | 30 | 10 | 70 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 |
| | | RCA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coefficientes de utilización, método cavidad zonal, Pcp = 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0.86 | 0.84 | 0.82 | 0.79 | 0.84 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.77 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 |
| | 2 | 0.81 | 0.77 | 0.73 | 0.70 | 0.79 | 0.75 | 0.71 | 0.69 | 0.71 | 0.69 | 0.66 | 0.68 | 0.66 | 0.64 | 0.65 | 0.63 | 0.62 |
| | 3 | 0.76 | 0.70 | 0.66 | 0.62 | 0.74 | 0.69 | 0.65 | 0.61 | 0.66 | 0.63 | 0.60 | 0.63 | 0.61 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.57 |
| | 4 | 0.71 | 0.64 | 0.59 | 0.56 | 0.69 | 0.63 | 0.59 | 0.55 | 0.61 | 0.57 | 0.54 | 0.58 | 0.55 | 0.52 | 0.56 | 0.54 | 0.51 |
| | 5 | 0.67 | 0.59 | 0.54 | 0.50 | 0.65 | 0.58 | 0.53 | 0.49 | 0.56 | 0.52 | 0.49 | 0.54 | 0.50 | 0.48 | 0.52 | 0.49 | 0.47 |
| | 6 | 0.63 | 0.55 | 0.49 | 0.45 | 0.61 | 0.54 | 0.49 | 0.45 | 0.52 | 0.47 | 0.44 | 0.50 | 0.46 | 0.44 | 0.49 | 0.45 | 0.43 |
| | 7 | 0.59 | 0.50 | 0.45 | 0.41 | 0.57 | 0.49 | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.43 | 0.40 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.45 | 0.41 | 0.39 |
| | 8 | 0.55 | 0.46 | 0.41 | 0.37 | 0.54 | 0.45 | 0.40 | 0.37 | 0.44 | 0.40 | 0.36 | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.41 | 0.38 | 0.35 |
| | 9 | 0.51 | 0.43 | 0.37 | 0.34 | 0.50 | 0.42 | 0.37 | 0.33 | 0.41 | 0.36 | 0.33 | 0.40 | 0.35 | 0.33 | 0.38 | 0.35 | 0.32 |
| | 10 | 0.47 | 0.38 | 0.32 | 0.29 | 0.46 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.34 | 0.30 | 0.27 |
| | 1 | 0.73 | 0.70 | 0.68 | 0.66 | 0.71 | 0.68 | 0.67 | 0.65 | 0.66 | 0.64 | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.59 |
| | 2 | 0.67 | 0.63 | 0.59 | 0.56 | 0.66 | 0.62 | 0.58 | 0.56 | 0.59 | 0.57 | 0.54 | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.54 | 0.52 |
| | 3 | 0.62 | 0.57 | 0.52 | 0.49 | 0.61 | 0.56 | 0.52 | 0.48 | 0.54 | 0.50 | 0.47 | 0.52 | 0.49 | 0.47 | 0.51 | 0.48 | 0.46 |
| | 4 | 0.58 | 0.51 | 0.46 | 0.43 | 0.57 | 0.50 | 0.46 | 0.42 | 0.49 | 0.45 | 0.42 | 0.47 | 0.44 | 0.41 | 0.46 | 0.44 | 0.41 |
| | 5 | 0.53 | 0.46 | 0.41 | 0.37 | 0.52 | 0.45 | 0.40 | 0.37 | 0.44 | 0.40 | 0.36 | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.41 | 0.38 | 0.36 |
| | 6 | 0.50 | 0.42 | 0.36 | 0.33 | 0.48 | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.40 | 0.35 | 0.32 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.38 | 0.34 | 0.32 |
| | 7 | 0.46 | 0.38 | 0.32 | 0.29 | 0.45 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.34 | 0.31 | 0.28 |
| | 8 | 0.42 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.41 | 0.33 | 0.28 | 0.25 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.31 | 0.27 | 0.24 |
| | 9 | 0.39 | 0.31 | 0.25 | 0.22 | 0.38 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.28 | 0.24 | 0.21 |
| | 10 | 0.36 | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.36 | 0.27 | 0.23 | 0.19 | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.25 | 0.22 | 0.19 |
| | 1 | | 0.98 | 0.96 | 0.95 | | | | | 0.92 | 0.91 | 0.90 | | | | 0.87 | 0.86 | 0.85 |
| | 2 | | 0.94 | 0.91 | 0.89 | | | | | 0.89 | 0.87 | 0.86 | | | | 0.85 | 0.84 | 0.83 |
| | 3 | | 0.90 | 0.87 | 0.85 | | | | | 0.87 | 0.85 | 0.83 | | | | 0.83 | 0.82 | 0.80 |
| | 4 | | 0.87 | 0.83 | 0.81 | | | | | 0.84 | 0.81 | 0.80 | | | | 0.81 | 0.79 | 0.78 |
| | 5 | | 0.83 | 0.80 | 0.78 | | | | | 0.81 | 0.78 | 0.76 | | | | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| | 6 | | 0.81 | 0.77 | 0.75 | | | | | 0.79 | 0.76 | 0.74 | | | | 0.77 | 0.75 | 0.73 |
| | 7 | | 0.78 | 0.74 | 0.72 | | | | | 0.76 | 0.73 | 0.71 | | | | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| | 8 | | 0.75 | 0.72 | 0.69 | | | | | 0.74 | 0.71 | 0.69 | | | | 0.72 | 0.70 | 0.68 |
| | 9 | | 0.73 | 0.69 | 0.67 | | | | | 0.72 | 0.68 | 0.66 | | | | 0.70 | 0.68 | 0.66 |
| | 10 | | 0.70 | 0.67 | 0.64 | | | | | 0.69 | 0.66 | 0.64 | | | | 0.68 | 0.66 | 0.64 |
| Coefficientes de utilización, método cavidad zonal, Pcp = 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distribución típica | Pcc Pp | 80 | | | | 70 | | | | 50 | | | 30 | | | 10 | | |
| | | 70 | 50 | 30 | 10 | 70 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 |
| | | RCA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | 0.72 | 0.70 | 0.67 | | | | | 0.65 | 0.63 | 0.61 | 0.52 | 0.51 | 0.49 | | | |
| | 2 | | 0.64 | 0.59 | 0.56 | | | | | 0.58 | 0.54 | 0.51 | 0.46 | 0.44 | 0.42 | | | |
| | 3 | | 0.56 | 0.51 | 0.47 | | | | | 0.51 | 0.47 | 0.43 | 0.41 | 0.38 | 0.35 | | | |
| | 4 | | 0.50 | 0.44 | 0.40 | | | | | 0.46 | 0.41 | 0.37 | 0.37 | 0.34 | 0.31 | | | |
| | 5 | | 0.45 | 0.39 | 0.34 | | | | | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.33 | 0.29 | 0.27 | | | |
| | 6 | | 0.40 | 0.34 | 0.30 | | | | | 0.37 | 0.31 | 0.28 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | | | |
| | 7 | | 0.36 | 0.30 | 0.26 | | | | | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | | | |
| | 8 | | 0.33 | 0.27 | 0.23 | | | | | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.25 | 0.21 | 0.18 | | | |
| | 9 | | 0.30 | 0.24 | 0.20 | | | | | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.22 | 0.18 | 0.16 | | | |
| | 10 | | 0.27 | 0.21 | 0.18 | | | | | 0.25 | 0.20 | 0.16 | 0.20 | 0.17 | 0.14 | | | |
| | 1 | | 0.74 | 0.71 | 0.69 | | | | | 0.67 | 0.65 | 0.63 | 0.56 | 0.54 | 0.53 | | | |
| | 2 | | 0.65 | 0.61 | 0.57 | | | | | 0.60 | 0.56 | 0.53 | 0.50 | 0.47 | 0.45 | | | |
| | 3 | | 0.58 | 0.53 | 0.49 | | | | | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.45 | 0.41 | 0.39 | | | |
| | 4 | | 0.52 | 0.46 | 0.42 | | | | | 0.48 | 0.43 | 0.39 | 0.40 | 0.36 | 0.34 | | | |
| | 5 | | 0.47 | 0.40 | 0.36 | | | | | 0.43 | 0.38 | 0.34 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | | | |
| | 6 | | 0.42 | 0.36 | 0.31 | | | | | 0.39 | 0.33 | 0.30 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | | | |
| | 7 | | 0.38 | 0.32 | 0.27 | | | | | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | | | |
| | 8 | | 0.34 | 0.28 | 0.24 | | | | | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | | | |
| | 9 | | 0.31 | 0.25 | 0.21 | | | | | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.24 | 0.20 | 0.17 | | | |
| | 10 | | 0.28 | 0.23 | 0.19 | | | | | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.22 | 0.18 | 0.16 | | | |
| | 1 | | 0.89 | 0.86 | 0.83 | | | | | 0.78 | 0.76 | 0.74 | | | | 0.65 | 0.64 | 0.63 |
| | 2 | | 0.79 | 0.74 | 0.69 | | | | | 0.69 | 0.66 | 0.63 | | | | 0.58 | 0.56 | 0.54 |
| | 3 | | 0.70 | 0.64 | 0.59 | | | | | 0.62 | 0.57 | 0.54 | | | | 0.53 | 0.50 | 0.47 |
| | 4 | | 0.62 | 0.56 | 0.51 | | | | | 0.55 | 0.50 | 0.46 | | | | 0.47 | 0.44 | 0.41 |
| | 5 | | 0.55 | 0.48 | 0.43 | | | | | 0.49 | 0.44 | 0.40 | | | | 0.42 | 0.38 | 0.35 |
| | 6 | | 0.50 | 0.42 | 0.37 | | | | | 0.44 | 0.39 | 0.34 | | | | 0.38 | 0.34 | 0.31 |
| | 7 | | 0.45 | 0.37 | 0.33 | | | | | 0.40 | 0.34 | 0.30 | | | | 0.34 | 0.30 | 0.27 |
| | 8 | | 0.40 | 0.33 | 0.28 | | | | | 0.36 | 0.30 | 0.26 | | | | 0.31 | 0.27 | 0.24 |
| | 9 | | 0.36 | 0.29 | 0.24 | | | | | 0.32 | 0.27 | 0.22 | | | | 0.28 | 0.23 | 0.20 |
| | 10 | | 0.33 | 0.26 | 0.21 | | | | | 0.29 | 0.24 | 0.20 | | | | 0.25 | 0.21 | 0.18 |

Tabla XLVII. Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad de Piso del 10%

| Pcc | 80 | | | | 70 | | | | 50 | | | 30 | | | 10 | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Pp | 70 | 50 | 30 | 10 | 70 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 |
| 1 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 2 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 3 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.94 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 4 | 0.94 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| RCA 5 | 0.95 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 0.95 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 6 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 7 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 8 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 9 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 10 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |

Tabla XLVIII. Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad de piso del 30%

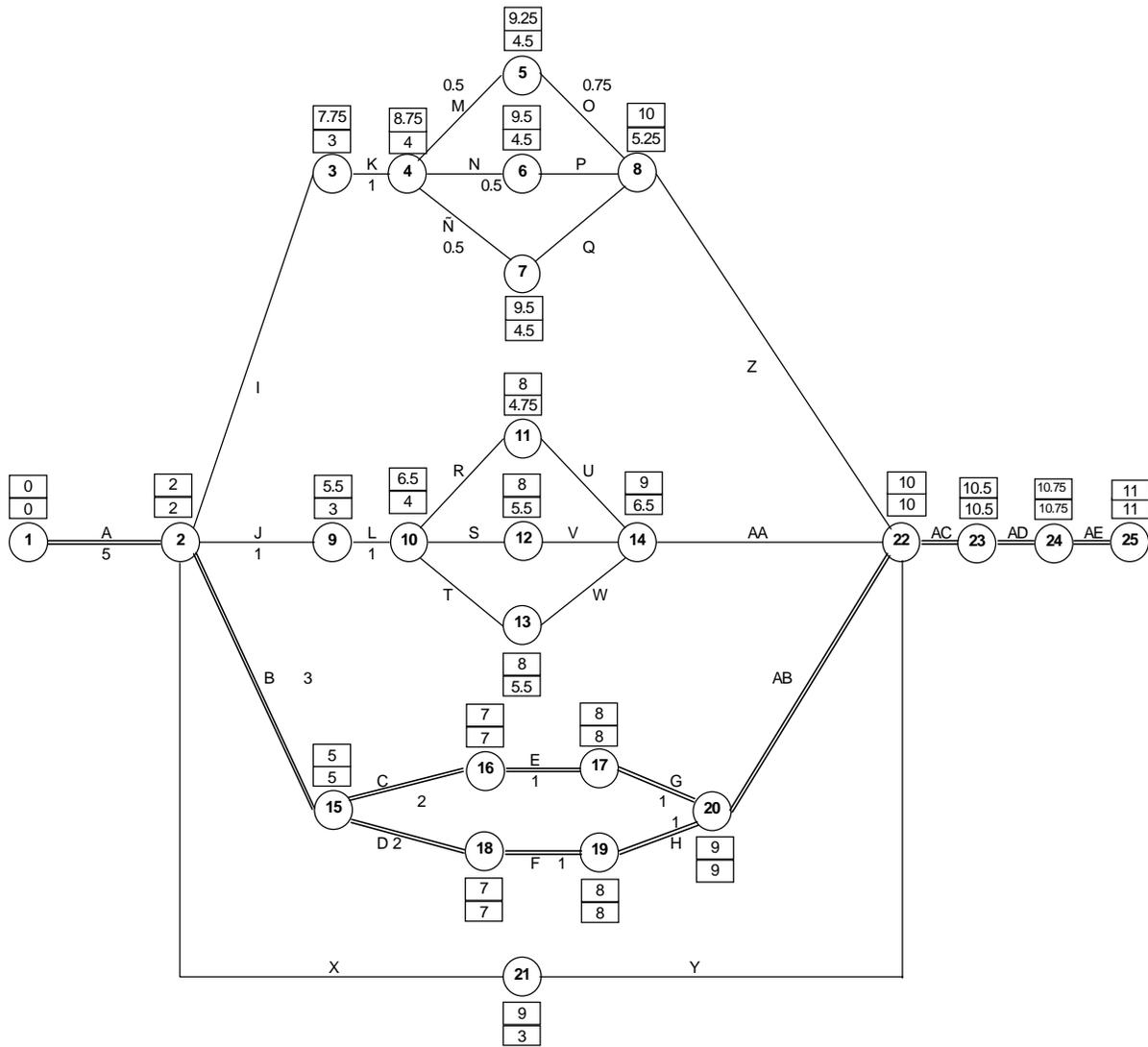
| Pcc | 80 | | | | 70 | | | | 50 | | | 30 | | | 10 | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Pp | 70 | 50 | 30 | 10 | 70 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 |
| 1 | 1.09 | 1.08 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| 2 | 1.08 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 |
| 3 | 1.07 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 4 | 1.06 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| RCA 5 | 1.06 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 6 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 7 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 8 | 1.04 | 1.03 | 1.01 | 1.01 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 9 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 10 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |

Tabla XLIX. Selección de bulbos para lámparas de alta intensidad de descarga METALARC

| Código | Descripción | Watts | Tipo de bulbo | Base | Vida promedio | Índice de rendimiento | Temperatura de color | Lúmenes iniciales |
|------------------|--|-------|---------------|-------|---------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| MP70/U/MED | Metalarc PRO-TECH claro, universal | 70 | E-17 | Med. | 15000V-10000H | 75 | 3000 | 5200 |
| MP100/U/MED | Metalarc PRO-TECH claro, universal | 100 | E-17 | Med. | 15000V-10000H | 75 | 3000 | 6400 |
| MP100/C/U/MED | Metalarc PRO-TECH fosforado, universal | 100 | E-17 | Med. | 15000V-10000H | 75 | 2900 | 7900 |
| M175/U/MED | Metalarc, claro, universal | 175 | E-17 | Med. | 10000V-7500H | 65 | 4000 | 14400-12500 |
| M175/U | Standard metalarc, claro, universal | 175 | BT-28 | Mogul | 10000V-7500H | 65 | 4200 | 14400V-12800H |
| M250/U | Standard metalarc, claro, universal | 250 | BT-28 | Mogul | 10000 | 65 | 4200 | 22000V-20000H |
| M250/C/U | Standard metalarc, fosforado universal | 250 | BT-28 | Mogul | 10000 | 70 | 3800 | 21500V-19500H |
| M400/U | Standard metalarc, claro, universal | 400 | BT-37 | Mogul | 20000V-15000H | 65 | 4000 | 36000V-32000H |
| M400/C/U | Standard metalarc, fosforado universal | 400 | BT-37 | Mogul | 20000V-15000H | 70 | 3700 | 36000V-32000H |
| M400/U/BT-28 | Metalarc, claro, universal | 400 | BT-28 | Mogul | 20000V-15000H | 65 | 4000 | 36000V-32000H |
| M400/C/U/BT-28 | Metalarc, fosforado universal | 400 | BT-28 | Mogul | 20000V-15000H | 70 | 3600 | 36000V-32000H |
| M1000/U | Standard metalarc, claro, universal | 1000 | BT-56 | Mogul | 15000V-9000H | 65 | 4000 | 110000V-107800H |
| M1500/BU-HOR | Standard Met., claro, base arriba horizontal | 1500 | BT-56 | Mogul | 3000 | 70 | 4000 | 158000V-153000H |
| MP150/U/MED | Metalarc PRO-TECH claro, universal | 150 | E-17 | Med. | 15000V-10000H | 75 | 3000 | 13300 |
| MP250/BU | Metalarc PRO-TECH claro, universal | 250 | BT-28 | Mogul | 10000 | 65 | 4000 | 23000 |
| MS320/PS/BU-ONLY | Metalarc, PULSE START, claro, vertical | 320 | BT-28 | Mogul | 20000 | 65 | 4300 | 32000 |
| MS320/PS/BU-ONLY | Metalarc, PULSE START, fosforado, vertical | 320 | BT-28 | Mogul | 20000 | 70 | 3900 | 30000 |
| MS320/PS/BU-ONLY | Metalarc, PULSE START, claro, vertical | 400 | BT-37 | Mogul | 20000 | 65 | 4000 | 41000 |
| MS320/PS/BU-ONLY | Metalarc, PULSE START, fosforado, vertical | 400 | BT-37 | Mogul | 20000 | 70 | 3600 | 41000 |

Fuente: Sylvania Sli. Catálogo de luminarias. Página: 94.

Figura 17. Diagrama de CPM para el proyecto



Simbología:

- Nudo
- $\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$ Tiempo de terminación más tardía
Tiempo de inicio más temprano
- Evento
- ==== Ruta crítica
- A, B, C,.... Actividad

Tabla L. Calibre de cable recomendado para la potencia, amperaje y voltaje de los motores utilizados en el área de acabados, voltaje de 220 V

| Potencia del motor HP | Amperaje nominal | Calibre de cable recomendado |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 0.33 | 2.00 | 14 |
| 0.50 | 2.20 | 14 |
| 1.50 | 6.00 | 14 |
| 2.00 | 6.80 | 14 |
| 5.00 | 15.20 | 14 |