



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO**

### **ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

#### **TITULO:**

EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD VISUAL DE LOS TRABAJADORES DE LAS ÁREAS DE TORNOS CONVENCIONALES Y TORNOS CNC DE LA EMPRESA SERVISILVA CIA LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA PERIODO 2016. PROPUESTA DE MEJORA DE ILUMINACIÓN.

#### **Autor:**

ING. MONTES VEGA KLEVER SAÚL

#### **TUTOR:**

Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán Msc.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**ENERO – 2017**



### Aval del Tribunal de Grado

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: MONTES VEGA KLEVER SAÚL, con el título: EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD VISUAL DE LOS TRABAJADORES DE LAS ÁREAS DE TORNOS CONVENCIONALES Y TORNOS CNC DE LA EMPRESA SERVISILVA CIA LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA PERIODO 2016. PROPUESTA DE MEJORA DE ILUMINACIÓN. ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga. Enero del 2017

Para constancia firman:

.....  
MSc. Karina Paola Marín Quevedo  
CC.....  
PRESIDENTE

.....  
PhD. Juan José La Calle Domínguez  
CC.....  
MIEMBRO

.....  
MSc. David Santiago Carrera Molina  
CC.....  
MIEMBRO

.....  
PhD. Edilberto Chacón Marcheco  
CC.....  
OPONENTE



### **Certificado de Validación de Tutor**

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en **Gestión de la Producción**, nombrado por el Consejo de Posgrado.

### **Certifico**

Que: Analizado el Proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo para optar por el grado de Magister en **Gestión de la Producción**

#### **El problema de investigación se refiere a:**

“EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD VISUAL DE LOS TRABAJADORES DE LAS ÁREAS DE TORNOS CONVENCIONALES Y TORNOS CNC DE LA EMPRESA SERVISILVA CIA LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA PERIODO 2016. PROPUESTA DE MEJORA DE ILUMINACIÓN”.

Presentado por: **Montes Vega Klever Saúl** con cédula de ciudadanía N° 0503057747

Sugiero su aprobación y permita continuar con la el trámite correspondiente para su graduación.

Latacunga, Enero del 2017

-----

Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán MSc.

**Director.**



### Responsabilidad Autoría

**Montes Vega Klever Saúl** con cedula de ciudadanía N° **0503057747** en calidad de autor del presente proyecto de investigación y desarrollo.

### Certifico

Que: Los datos, resultados, obtenidos sobre la presente investigación titulada:

**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD VISUAL DE LOS TRABAJADORES DE LAS ÁREAS DE TORNOS CONVENCIONALES Y TORNOS CNC DE LA EMPRESA SERVISILVA CIA LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA PERIODO 2016. PROPUESTA DE MEJORA DE ILUMINACIÓN.** Son auténticos y originales.

Latacunga, Enero del 2017.

-----  
Ing. Montes Vega Klever Saúl.  
C.C. 0503057747  
**Autor**

### **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres a mis hermanos y a mi esposa que en el transcurso de la maestría fueron un apoyo tanto moral como económico en muchas instancias y a los docentes catedráticos quienes nos impartieron todos los conocimientos necesarios para cumplir una meta más.

A mis compañeros que con su ayuda en las salas de clases con su aporte y experiencias me ayudaron para culminar con éxito; agradezco a la UNIVERSIDAD TÉCNICAS DE COTOPAXI por dame la oportunidad de surgir profesionalmente día a día y fortalecer mis conocimiento en beneficio de un buen vivir.

### **Dedicatoria**

La presente investigación la dedico a mi mujer Vanesa Pacheco a mi hermana Evelyn Montes a mis padres Luis Montes y María Vega quienes son los anfitriones para que pueda cumplir una meta más en mi vida profesional la cual es obtener el título de magíster en gestión de la producción.

## Índice General

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Aval del Tribunal de Grado .....	i
Certificado de Validación de Tutor .....	ii
Responsabilidad Autoría .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Dedicatoria.....	v
Índice General .....	vi
Lista de Figuras.....	xix
Lista de Tablas .....	xxii
Lista de Formulas .....	xxvi
Resumen.....	xxvii
Abstract.....	xxviii
Introducción .....	1
Situación Problémica .....	3
Justificación .....	6
Objeto de Estudio de la Investigación.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos .....	8
Campo de la Investigación .....	8

<b>Hipótesis.....</b>	<b>8</b>
<b>Sistema de Tareas por Objetivos Específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>Sistema de Tareas Señalando los Métodos, Procedimientos y Técnicas que Concretan las Acciones en cada Tarea. ....</b>	<b>10</b>
<b>Paradigma o Enfoque Epistemológico .....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Marco Contextual y Teórico.....</b>	<b>12</b>
1.1 Caracterización Detallada del Objeto .....	12
1.2 Marco Teórico.....	13
1.2.1 El sentido de la Visión .....	13
1.2.2 Anatomía del Ojo.....	13
1.2.3 Visión.....	15
1.2.4 Tres Tipos de Visión.....	15
1.2.4.1 Acomodación Visual .....	15
1.2.4.2 Adaptación Visual .....	15
1.2.4.3 Agudeza Visual o Poder Separador del Ojo .....	15
1.2.5 Magnitudes y Unidades Luminosas .....	15
1.2.5.1 El Flujo Luminoso (Lumen).....	16
1.2.5.2 Intensidad Luminosa.....	16
1.2.5.3 Flujo Luminoso.....	16
1.2.5.4 Nivel de Iluminancia (Iluminación) .....	17
1.2.5.5 Brillo (Luminancia) .....	18



1.2.5.6	Iluminancia.....	19
1.2.6	Características de la Radiación Luminosa.....	19
1.2.6.1	Reflexión.....	19
1.2.6.2	Transmisión.....	19
1.2.6.3	Refracción.....	19
1.2.6.4	Polarización.....	19
1.2.6.5	Dispersión.....	20
1.2.7	Calidad de la Iluminación.....	20
1.2.7.1	Deslumbramiento.....	20
1.2.8	Tipos de Iluminación.....	20
1.2.8.1	Naturales.....	20
1.2.8.2	Artificial.....	20
1.2.8.3	Luminaria.....	22
1.2.9	Métodos de Alumbrado.....	22
1.2.9.1	Alumbrado General.....	22
1.2.9.2	Alumbrado General Localizado.....	23
1.2.9.3	Alumbrado Individual.....	23
1.2.9.4	Alumbrado Combinado.....	23
1.2.10	Medida de Campo.....	24
1.2.10.1	Medición de Iluminación General.....	24
1.2.10.2	Medición de la Luminancia o Brillo en el Puesto de Trabajo.....	24
1.2.11	Niveles de Iluminación y Contrastes de Brillo Recomendados.....	25
1.2.11.1	Niveles de Iluminación Recomendados.....	25

1.2.11.1.1	American Petroleum Institute (API)	25
1.2.11.1.2	Decreto Ejecutivo 2393	25
1.2.12	Diseño de Iluminación Artificial	27
1.2.12.1	Método del Lumen para la Iluminación General	27
1.2.13	Medición	27
1.2.13.1	Medición Directa	28
1.2.13.2	Medición Indirecta	28
1.2.14	Luxómetro	28
1.2.15	Enfermedades Profesionales	29
1.2.16	Capacidad Visual	29
1.2.17	Factores que Afectan a la Capacidad Visual	29
1.2.17.1	Factores Físicos	29
1.2.17.2	Factores Fisiológicos	30
1.2.17.3	Factores Psicológicos	30
1.2.18	Enfermedades Causadas por la Falta de Iluminación	31
1.2.19	Escala de Evaluación de la Capacidad Visual	31
1.2.19.1	Escala Tipo Snellen	31
1.3	Fundamentación de la Investigación	32
1.4	Bases Teóricas Particulares de la Investigación	33
<b>Capítulo II</b>		<b>35</b>
<b>1. Metodología</b>		<b>35</b>
1.1	Métodos, Técnicas y Procedimientos De Investigación	35
1.1.1	Método Hipotético – Deductivo	35

1.1.2	Método Analítico – Sintético .....	35
1.1.3	Método Descriptivo .....	36
1.2	Tipos de Investigación .....	36
1.2.1	Bibliográfica .....	36
1.2.2	Descriptiva .....	37
1.2.3	De Campo .....	37
1.3	Técnicas de Investigación.....	37
1.3.1	Observación .....	38
1.3.2	Medición .....	38
1.3.3	Encuestas.....	38
1.4	Procedimiento Para Realizar la Medición General.....	39
1.4.1	Constante del Local.....	39
1.4.2	Número Mínimo de Puntos de Medición.....	40
1.4.3	Iluminancia Media .....	41
1.4.4	Uniformidad de la Iluminación.....	41
1.4.5	Uniformidad.....	41
1.5	Método de Lúmenes.....	42
1.5.1	Cálculo de Índice del Local .....	42
1.5.2	Coeficiente de Reflexión.....	43
1.5.3	Factor de Utilización.....	43
1.5.4	Factor de Mantenimiento .....	44
1.5.5	Cálculos.....	44
1.5.5.1	Flujo Luminoso Total Necesario .....	44

1.5.5.1.1	Cálculo de Número de Luminarias Tornos Convencionales .....	45
1.5.5.1.2	Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho.....	45
1.5.5.1.1	Emplazamiento de Luminaria a lo Largo.....	46
1.5.5.1.2	Distancia Máxima Entre Luminarias .....	46
1.5.5.1.3	Comprobación de Resultados.....	47
1.6	Población y Muestra .....	48
<b>Capítulo III.....</b>		<b>49</b>
<b>1.</b>	<b>Resultados de la Investigación de la Medición de Luxes .....</b>	<b>49</b>
1.1	Área de Tornos Convencionales .....	49
1.1.1	Iluminación General.....	50
1.1.1.1	Procedimiento para Realizar la Medición General .....	50
1.1.1.1.1	Constante del Local.....	50
1.1.1.1.2	Número Mínimo de Puntos De Medición .....	51
1.1.1.2	Medición de Iluminancia Realizada en la Mañana.....	52
1.1.1.2.1	Cálculo de la Iluminancia Media en la Mañana.....	53
1.1.1.2.2	Uniformidad de la Iluminación en la Mañana.....	53
1.1.1.3	Medición de Iluminación Realizada en la Tarde .....	54
1.1.1.3.1	Cálculo de la Iluminancia Media en la Tarde .....	54
1.1.1.3.2	Uniformidad de la Iluminación en la Tarde .....	55
1.1.1.4	Medición de Iluminación Realizada en la Noche .....	56
1.1.1.4.1	Cálculo de la Iluminancia Media en la Noche .....	56
1.1.1.4.2	Uniformidad de la Iluminación en la Noche .....	57
1.1.2	Iluminación Punto por Punto .....	58

1.1.2.1	Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 01.....	58
1.1.2.2	Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 02.....	59
1.1.2.3	Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 03.....	61
1.1.2.4	Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 04.....	62
1.1.2.5	Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 05.....	64
1.1.2.6	Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 06.....	65
1.2	Área de Torno CNC.....	66
1.2.1	Iluminación General.....	67
1.2.1.1	Procedimiento para Realizar la Medición General.....	67
1.2.1.1.1	Constante del Local.....	67
1.2.1.1.2	Número Mínimo de Puntos de Medición.....	68
1.2.1.2	Medición Realizada en la Mañana.....	69
1.2.1.2.1	Cálculo de la Iluminancia Media en la Mañana.....	69
1.2.1.2.2	Uniformidad de la Iluminación en la Mañana.....	70
1.2.1.3	Medición de Iluminación Realizada en la Tarde.....	71
1.2.1.3.1	Cálculo de la Iluminancia Media en la Tarde.....	71
1.2.1.3.2	Uniformidad de la Iluminación en la Tarde.....	72
1.2.1.4	Medición de Iluminación Realizada en la Noche.....	73
1.2.1.4.1	Cálculo de la Iluminancia Media en la Noche.....	73
1.2.1.4.2	Uniformidad de la Iluminación en la Noche.....	74
1.2.2	Iluminación Punto por Punto.....	75
1.2.2.1	Medición de Iluminación de Torno CNC ROMI C 830.....	75
1.2.2.2	Medición de Iluminación de Torno CNC ROMI C 1000.....	77

<b>2.</b>	<b>Análisis e Interpretación de Resultados Encuesta Realizada a los Trabajadores.....</b>	<b>79</b>
2.1	¿La Iluminación de su Puesto de Trabajo es?.....	79
2.2	¿En qué Área de la Empresa ha Trabajado el Último Año? .....	80
2.3	¿Se ha Realizado Estudios de Iluminación Anteriormente? .....	81
2.4	¿Considera que el Nivel de Iluminación es Suficiente para Realizar su Trabajo? .....	82
2.5	¿Si Considera que no es Suficiente cómo definiría el Problema? .....	83
2.6	¿Cuándo es más Deficiente el Nivel de Iluminación? .....	84
2.7	¿Ha Tenido Alguno de estos los Síntomas por Efecto de la Iluminación?.....	85
<b>3.</b>	<b>Análisis e Interpretación de Resultados de los Exámenes de Agudeza Visual .....</b>	<b>87</b>
3.1	Agudeza Visual Binocular y Monocular sin Corrección.....	87
3.2	Examen de Distinción Cromática .....	88
<b>4.</b>	<b>Verificación de la Hipótesis .....</b>	<b>89</b>
	<b>Capítulo IV .....</b>	<b>91</b>
<b>1.</b>	<b>Propuesta.....</b>	<b>91</b>
1.1	Tema .....	91
1.2	Presentación.....	91
1.3	Justificación .....	91
1.4	Objetivo General.....	92
1.4.1	Objetivos Específicos.....	92
1.5	Impacto Técnico .....	93
1.6	Impacto Económico .....	93
1.7	Impacto Social .....	94
1.8	Impacto Ambiental .....	94

1.9	Estructura de la Propuesta.....	95
1.9.1	Caracterización de la Empresa.....	95
1.9.2	Método de Lúmenes.....	95
1.9.3	Cálculo de Índice del Local .....	95
1.9.4	Determinación de Coeficiente de Reflexión.....	95
1.9.5	Determinación de Factor de Utilización .....	95
1.9.6	Determinación de Factor de Mantenimiento.....	95
1.9.7	Cálculo del Flujo Luminoso Total Necesario .....	95
1.9.8	Cálculo del Número de Luminarias .....	95
1.9.9	Cálculo de Emplazamiento de Luminarias Eje X (Largo).....	95
1.9.10	Cálculo de Emplazamiento de Luminarias Eje Y (Ancho).....	95
1.9.11	Cantidad Total de Luminarias en el Área.....	95
1.9.12	Distribución de Luminarias en el Área (Largo Y Ancho).....	95
1.9.13	Selección de Luminarias Según Costo Beneficio .....	95
1.9.14	Plano de Distribución de Luminarias .....	95
1.9.15	Distancia Máxima entre Luminarias .....	95
1.9.16	Comprobación de Resultados.....	95
1.9.17	Mantenimiento .....	95
1.9.18	Reemplazo de Luminarias Quemadas .....	95
1.9.19	Disposición Final.....	95
<b>2.</b>	<b>Desarrollo de la Propuesta.....</b>	<b>96</b>
2.1	Caracterización de la Empresa.....	96
2.1.1	Origen .....	96

2.1.2	Dedicación .....	96
2.1.3	Ubicación .....	97
2.1.4	Objetivos .....	97
2.1.5	Misión .....	98
2.1.6	Visión .....	98
2.2	Método de Lúmenes Área Tornos Convencionales .....	98
2.2.1	Iluminación General .....	98
2.2.1.1	Plano de Medición .....	98
2.2.1.2	Nivel de Iluminancia Media Requerida en el Puesto de Trabajo .....	99
2.2.1.3	Luminarias para Análisis .....	100
2.2.1.4	Altura de Suspensión de las Lámparas .....	100
2.2.1.5	Índice del Local .....	100
2.2.1.6	Coefficiente de Reflexión .....	101
2.2.1.7	Determinación de Coeficiente de Utilización .....	102
2.2.1.8	Factor de Mantenimiento .....	102
2.2.1.9	Flujo Luminoso Total Necesario .....	103
2.2.1.10	Cálculo de Número de Luminarias Tornos Convencionales .....	103
2.2.1.11	Emplazamiento de las Luminarias .....	104
2.2.1.11.1	Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho .....	104
2.2.1.11.1	Emplazamiento de Luminaria a lo Largo .....	105
2.2.1.11.2	Cantidad Total de Luminarias a Utilizar .....	106
2.2.1.12	Distribución de Luminarias en el Área .....	106
2.2.1.12.1	Distribución de Luminarias a lo Ancho .....	107



2.2.1.12.2	Distribución de Luminarias a lo Largo .....	107
2.2.1.13	Selección de Luminarias Según su Costo Beneficio .....	108
2.2.1.13.1	Potencia y Consumo Eléctrico .....	108
2.2.1.13.2	Lúmenes de las Amparas .....	108
2.2.1.13.3	Vida Útil de las Lámparas.....	109
2.2.1.13.4	Costo por Luminaria .....	110
2.2.1.13.5	Costo de Inversión en Luminarias.....	110
2.2.1.13.6	Consumo Eléctrico Mensual .....	111
2.2.1.13.7	Costo Mensual Consumo Eléctrico.....	112
2.2.1.14	Plano de Distribución de Luminarias .....	115
2.2.1.15	Distancia Máxima entre Luminarias.....	116
2.2.1.16	Comprobación de Resultados .....	116
2.3	Método de Lúmenes Área Tornos CNC .....	118
2.3.1	Iluminación General.....	118
2.3.1.1	Plano de Medición.....	118
2.3.1.2	Nivel de Iluminancia Media Requerida en el Puesto de Trabajo .....	119
2.3.1.3	Lámparas a Utilizar en el Análisis.....	119
2.3.1.4	Altura de Suspensión de las Lámparas .....	119
2.3.1.5	Coefficiente de Reflexión .....	120
2.3.1.6	Determinación de Coeficiente de Utilización.....	121
2.3.1.7	Factor de Mantenimiento.....	121
2.3.1.8	Flujo Luminoso Total Necesario .....	122
2.3.1.9	Cálculo de Número de Luminarias .....	122

2.3.1.10	Emplazamiento de las Luminarias.....	123
2.3.1.10.1	Emplazamiento de Luminarias a lo Ancho .....	123
2.3.1.10.2	Emplazamiento de Luminarias a lo Largo .....	124
2.3.1.10.1	Cantidad Total de Luminaria a Utilizar .....	125
2.3.1.11	Distribución de Luminarias en El Área .....	125
2.3.1.11.1	Distribución de Luminarias en el Área a lo Ancho.....	126
2.3.1.11.2	Distribución de Luminarias en el Área a lo Largo.....	126
2.3.1.1	Selección de Luminarias Según su Costo Beneficio .....	127
2.3.1.1.1	Potencia y Consumo Eléctrico .....	127
2.3.1.1.2	Lúmenes de las Lámparas .....	127
2.3.1.1.3	Vida Útil de las Lámparas.....	128
2.3.1.1.4	Costo por Luminaria .....	129
2.3.1.1.5	Costo de Inversión en Luminarias.....	129
2.3.1.1.6	Consumo Eléctrico Mensual .....	130
2.3.1.1.7	Costo Mensual Consumo Eléctrico.....	131
2.3.1.2	Plano de Distribución de Luminarias .....	134
2.3.1.3	Distancia Máxima entre Luminarias.....	135
2.3.1.4	Comprobación de Resultados .....	135
2.3.2	Mantenimiento .....	136
2.3.3	Reemplazo de Luminarias.....	137
2.3.4	Disposición Final de los Bombillos Quemados .....	137
	<b>Conclusiones .....</b>	<b>139</b>
	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>140</b>

**Referencias Bibliográficas..... 141**

**Anexos ..... 145**

## Lista de Figuras

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Visible Del Espectro Electromagnético. ....	13
<b>Figura 2</b> Partes del Ojo. ....	14
<b>Figura 3</b> Clasificación en función del flujo luminoso.....	21
<b>Figura 4</b> Alumbrado General. ....	22
<b>Figura 5</b> Alumbrado Individual. ....	23
<b>Figura 6</b> Alumbrado Combinado. ....	24
<b>Figura 7</b> Luxómetro. ....	28
<b>Figura 8</b> Escala Snell. ....	32
<b>Figura 9</b> Plano de Iluminación.....	40
<b>Figura 10</b> Diagrama de Flujo del Método de Lúmenes. ....	42
<b>Figura 11</b> Factor de Utilización. ....	44
<b>Figura 12</b> Área de Tornos Convencionales.....	49
<b>Figura 13</b> Plano de Iluminación.....	50
<b>Figura 14</b> Área de Torno CNC. ....	67
<b>Figura 15</b> Plano de Iluminación.....	67
<b>Figura 16</b> Iluminación en el Puesto de Trabajo. ....	79
<b>Figura 17</b> Área donde ha trabajado el último año.....	80
<b>Figura 18</b> Estudios de iluminación anteriores.....	81
<b>Figura 19</b> Iluminación Suficiente. ....	82
<b>Figura 20</b> Magnitud del Problema. ....	83
<b>Figura 21</b> Horario más Deficiente de Iluminación. ....	84

<b>Figura 22</b> Efectos por la Mala Iluminación. ....	86
<b>Figura 23</b> Examen de agudeza Visual.....	87
<b>Figura 24</b> Examen de Distinción Cromática.....	88
<b>Figura 25</b> Ubicación empresa SERVISILVA CIA LTDA. ....	97
<b>Figura 26</b> Plano de medición. ....	99
<b>Figura 27</b> Consumo en Kw/h. ....	108
<b>Figura 28</b> Lúmenes de las luminarias. ....	109
<b>Figura 29</b> Vida Útil de las Luminarias.....	109
<b>Figura 30</b> Costo Por Luminaria. ....	110
<b>Figura 31</b> Costo de Inversión Usd. ....	111
<b>Figura 32</b> Consumo Kw/h/Mes.....	112
<b>Figura 33</b> Costo Mensual de consumo eléctrico.....	112
<b>Figura 34</b> Luminaria Seleccionada para Tornos Convencionales. ....	115
<b>Figura 35</b> Plano Distribución de Luminarias.....	115
<b>Figura 36</b> Plano de Medición.....	118
<b>Figura 37</b> Consumo en Kw/h. ....	127
<b>Figura 38</b> Lúmenes de las luminarias. ....	128
<b>Figura 39</b> Vida Útil de las Luminarias.....	128
<b>Figura 40</b> Costo Por Luminaria. ....	129
<b>Figura 41</b> Costo de Inversión Usd. ....	130
<b>Figura 42</b> Consumo Kw/h/Mes.....	131
<b>Figura 43</b> Costo Mensual de consumo eléctrico.....	131
<b>Figura 44</b> Luminaria Seleccionada para Tornos Convencionales. ....	134

**Figura 45** Plano Distribución de Luminarias ..... 134

## Lista de Tablas

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Sistema de Tareas por Objetivos Específicos .....	9
<b>Tabla 2</b> Metodología Técnicas y Procedimientos .....	10
<b>Tabla 3</b> Niveles de Iluminación Mínima para Trabajos Específicos y Similares .....	26
<b>Tabla 4</b> Coeficiente de reflexión .....	43
<b>Tabla 5</b> Factor de Mantenimiento .....	44
<b>Tabla 6</b> Distancia Máxima Entre Luminarias .....	47
<b>Tabla 7</b> Universo Población.....	48
<b>Tabla 8</b> NMPM Tornos Convencionales .....	52
<b>Tabla 9</b> Mediciones Realizadas en la Mañana .....	52
<b>Tabla 10</b> Mediciones Realizadas en la Tarde.....	54
<b>Tabla 11</b> Mediciones Realizadas en la Noche .....	56
<b>Tabla 12</b> Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 01 .....	58
<b>Tabla 13</b> Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 02.....	59
<b>Tabla 14</b> Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 03.....	61
<b>Tabla 15</b> Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 04.....	62
<b>Tabla 16</b> Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 05.....	64
<b>Tabla 17</b> Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 06.....	65
<b>Tabla 18</b> NMPM Área de Tornos CNC .....	69
<b>Tabla 19</b> Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Mañana.....	69
<b>Tabla 20</b> Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Tarde .....	71
<b>Tabla 21</b> Mediciones Realizada en Tornos CNC en la Noche.....	73

<b>Tabla 22</b> Resultados de Medición Realizada a Torno CNC ROMI C 830 .....	75
<b>Tabla 23</b> Resultados de Medición Realizada a Torno CNC ROMI C 1000 .....	77
<b>Tabla 24</b> La Iluminación en su Puesto de Trabajo.....	79
<b>Tabla 25</b> Área de Trabajo.....	80
<b>Tabla 26</b> Se ha Realizado Estudios de Iluminación .....	81
<b>Tabla 27</b> Iluminación Suficiente .....	82
<b>Tabla 28</b> Magnitud del Problema.....	83
<b>Tabla 29</b> Deficiencia de Iluminación .....	84
<b>Tabla 30</b> Efectos por la Mala Iluminación.....	85
<b>Tabla 31</b> Examen de Agudeza Visual .....	87
<b>Tabla 32</b> Examen de Distinción Cromática .....	88
<b>Tabla 33</b> Comparación de Datos Tornos Convencionales .....	89
<b>Tabla 34</b> Comparación de Datos Tornos CNC .....	89
<b>Tabla 35</b> Luminarias para Análisis .....	100
<b>Tabla 36</b> Coeficiente de Reflexión.....	101
<b>Tabla 37</b> Selección del Coeficiente de Reflexión .....	101
<b>Tabla 38</b> Coeficiente de Utilización Área Tornos Convencionales.....	102
<b>Tabla 39</b> Factor de Mantenimiento .....	102
<b>Tabla 40</b> Cálculo de Número de Luminarias Tornos Convencionales .....	104
<b>Tabla 41</b> Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho .....	105
<b>Tabla 42</b> Emplazamiento de Luminaria a lo Largo.....	106
<b>Tabla 43</b> Cantidad Total de Luminarias a utilizar.....	106
<b>Tabla 44</b> Distribución de Luminarias en el Área a lo Ancho.....	107



<b>Tabla 45</b> Distribución de Luminarias en el Área a lo Largo.....	107
<b>Tabla 46</b> Potencia y Consumo Eléctrico.....	108
<b>Tabla 47</b> Lúmenes de las Lámparas.....	108
<b>Tabla 48</b> Vida Útil de las Lámparas.....	109
<b>Tabla 49</b> Costo por Luminaria.....	110
<b>Tabla 50</b> Costo de Inversión en Luminarias.....	110
<b>Tabla 51</b> Consumo Eléctrico Mensual.....	111
<b>Tabla 52</b> Costo Mensual Consumo Eléctrico.....	112
<b>Tabla 53</b> Análisis de Luminarias Tornos Convencionales.....	114
<b>Tabla 54</b> Distancia Máxima Entre Luminarias.....	116
<b>Tabla 55</b> Lámparas para el Análisis Tornos CNC.....	119
<b>Tabla 56</b> Coeficiente de Reflexión.....	120
<b>Tabla 57</b> Selección del Coeficiente de Reflexión.....	120
<b>Tabla 58</b> Coeficiente de Utilización Área Tornos CNC.....	121
<b>Tabla 59</b> Factor de Mantenimiento.....	121
<b>Tabla 60</b> Cálculo de Número de Luminarias Tornos CNC.....	123
<b>Tabla 61</b> Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho.....	124
<b>Tabla 62</b> Emplazamiento de Luminaria a lo Largo.....	125
<b>Tabla 63</b> Cantidad Total de Luminarias a utilizar.....	125
<b>Tabla 64</b> Distribución de Luminarias en el Área a lo Ancho.....	126
<b>Tabla 65</b> Distribución de Luminarias en el Área a lo Largo.....	126
<b>Tabla 66</b> Potencia y Consumo Eléctrico.....	127
<b>Tabla 67</b> Lúmenes de las Lámparas.....	127

<b>Tabla 68</b> Vida Útil de las Lámparas.....	128
<b>Tabla 69</b> Costo por Luminaria .....	129
<b>Tabla 70</b> Costo de Inversión en Luminarias .....	129
<b>Tabla 71</b> Consumo Eléctrico Mensual .....	130
<b>Tabla 72</b> Costo Mensual Consumo Eléctrico.....	131
<b>Tabla 73</b> Análisis de Luminarias Tornos CNC.....	133
<b>Tabla 74</b> Distancia Máxima Entre Luminarias .....	135

## Lista de Formulas

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Formula 1</b> Flujo Luminoso.....	16
<b>Formula 2</b> Nivel De Iluminación.....	17
<b>Formula 3</b> Número De Luxes Incidentes Sobre La Superficie.....	17
<b>Formula 4</b> Brillo .....	18
<b>Formula 5</b> Constante del Local.....	39
<b>Formula 6</b> Número Mínimo De Puntos De Medición .....	40
<b>Formula 7</b> Iluminancia Media En La Mañana.....	41
<b>Formula 8</b> Uniformidad De La Iluminación.....	41
<b>Formula 9</b> Uniformidad de la iluminancia .....	41
<b>Formula 10</b> Índice Del Local .....	42
<b>Formula 11</b> Flujo Luminoso .....	44
<b>Formula 12</b> Cálculo de Número de Luminarias.....	45
<b>Formula 13</b> Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho.....	45
<b>Formula 14</b> Emplazamiento de Luminarias a lo Largo .....	46
<b>Formula 15</b> Comprobación de Resultados.....	47

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADOS

### MAESTRÍA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

**Título:** EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD VISUAL DE LOS TRABAJADORES DE LAS ÁREAS DE TORNOS CONVENCIONALES Y TORNOS CNC DE LA EMPRESA SERVISILVA CIA LTDA. UBICADA EN LA CIUDAD DE PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA PERIODO 2016. PROPUESTA DE MEJORA DE ILUMINACIÓN.

Autor: Montes Vega Klever Saúl

Tutor: Ing. Xavier Espín

#### Resumen

La presente investigación surge de la necesidad de mantener un ambiente lumínico uniforme en el área de torno, por el incumplimiento a normativa 5CT mediante clausula **10.14.1**. De la normas API (American Petroleum Institute) que determina como mínimo 500 lux. y de igual forma la normativa Ecuatoriana de seguridad y salud mediante decreto ejecutivo 2393 art 56, para mantener el cuidado de la salud visual de los trabajadores

El objetivo de la investigación es evaluar el nivel de iluminación para lo cual se realizó una medición directa en las áreas de tornos convencionales y torno CNC en las cuales los niveles de iluminación son menores a 500 lux; esto puede causar diferentes efectos tanto en la elaboración del producto como en la capacidad visual

En el análisis se utilizaron técnicas de investigación como entrevista y medición directa para la obtención de datos y poder evaluar y cotejar con las normativas aplicables. En conclusión, la iluminación no es suficiente para la actividad que se realiza y se recomienda aplicar la propuesta recomendada para mantener un ambiente de trabajo uniformemente iluminado

La propuesta fue realizada mediante el método de lúmenes el cual nos ayuda a calcular el número de luminarias necesarias dependiendo el tamaño del área, la altura del plano de trabajo y la altura donde se encuentran suspendidas. Las luminarias fueron elegidas mediante un análisis de costo beneficio manteniendo un nivel de ahorro eléctrico e inversión donde se eligió la mejor opción dentro de una variedad de luminarias analizadas.

Palabras claves: Evaluación, Niveles de iluminación, luxes, medición, capacidad visual

**Cotopaxi Technical University**  
**Postgraduate Direction**  
**Master in Production Management**

**THEME:** “EVALUATION OF LIGHTING LEVELS AND ITS INCIDENCE IN THE VISUAL CAPACITY OF WORKERS OF THE CONVENTIONAL AND CNC LATHES OF THE SERVISILVA COMPANY LOCATED IN PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA CITY, PERIOD 2016. PROPOSAL: ENHANCEMENT OF LIGHTING”

**Author:** Ing. Klever Saúl Montes Vega

**Tutor:** Ing. Xavier Espin

**Abstract**

The purpose of this research work arise of the necessity to maintain a uniform lighting environment in the lathe area for non-compliance with 5CT by clause 10.14.1. The American Petroleum Institute (API), which establishes at least 500 lux. and also the Ecuadorian health and safety regulations through executive decree 2393 art 56 To maintain the visual health care of workers.

the research objective is evaluate the lighting level which did do made a direct measurement in the conventional lathes area and CNC lathes area which the lighting levels are less to 500 lux. this can cause different effects on the product and the workers health.

In the analysis some research techniques were used such as: the interview and the direct measuring to obtain the data in order to evaluate and compare them according with the applicable standards. In conclusion the lightning not is enough for the activity that realize and is recommended to apply the recommended proposal to maintain a uniform lighting environment workstation

The proposal was carried out through Lumenes method which help us to calculate the numbers of necessary luminaries depending on the area's size, the height of the work plane, and the height where the luminaires are suspended.

The lightings were chosen by means of a cost benefit analysis, maintaining a level of saving electrical and investment where the best option was chosen within a variety of analyzed luminaries.

Key words: Evaluation, lighting levels, measurement, visual capacity

## Introducción

La investigación de los niveles de iluminación nace de la necesidad de dar cierre a una no conformidad API (American Petroleum Institute), en auditoria de re-certificación, se obtuvieron parámetros que no dan cumplimiento con la normativa 5CT especificaciones para casing y tubing de los estándares API los cuales en la cláusula **10.14.1**. API (2011) especifica que “Toda inspección visual debe realizarse por personal competente con una agudeza visual en perfectas condiciones” (p. 57).

Los niveles mínimos para la inspección deberán realizarse en 500 lux o 50 food-candles” esto permitió que la presente investigación se dé.

El interés de la investigación es profesional, mediante este análisis se conocerá las técnicas que nos ayuda a mantener los parámetros especificados por la norma y se puede dar un buen cierre a la no conformidad levantada en auditoria API.

Durante la investigación se utilizó la técnica bibliográfica para analizar las causas, efectos, métodos y técnicas de control de iluminación mediante consulta en libros y otros métodos de investigación como la encuesta que se aplicó a los trabajadores de las áreas de influencia en la que se analizaron los conocimiento de los trabajadores y las condiciones de trabajo de los mismos y se confirmó lo antes dicho con una investigación de campo la cual se constató la falta de iluminación en las áreas de investigación.

El objetivo de la investigación es “Evaluar de los niveles de iluminación y su incidencia en la capacidad visual de los trabajadores de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. Ubicada en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana, Periodo 2016” de los cuales se realizaron la medición directa de los niveles de iluminación en

las áreas tornos convencionales y tornos CNC verificando que hay un incumplimiento de los parámetros de las norma aplicable.

La investigación se la realizo en cuatro capítulos de los cuales definirán las actividades siguientes:

**Capítulo I.** Se realiza la investigación bibliográfica, donde se definen conceptos de acuerdo al tema planteado y los efectos en la salud de los trabajadores y los métodos y técnicas de control e instrumentos de medición y teoría de todas las fuentes bibliografías consultadas en libros, páginas web, revistas, tesis, etc. También se analizaron los antecedentes de investigaciones realizadas anteriormente sobre el tema de estudio.

**Capítulo II.** Se define la metodología y técnicas de investigación que se utilizaron en la investigación para el levantamiento de datos y el análisis sistemático de los mismos mediante la metodología aplicada.

**Capítulo III.** Se realizaron mediciones de acuerdo a lo estipulado en las técnicas de medición y puntos de medición recomendados según el áreas de influencia donde se verificaron los niveles de iluminación que no cumplen con los que especifica la norma en las diferentes áreas de trabajo mediante lo cual se procede a emitir una propuesta de mejora de los niveles de iluminación de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa **SERVISILVA CIA LTDA.**

**Capítulo IV.** Se plantea una propuesta técnica en la cual se define el número de luminarias requeridas para mantener un nivel de iluminación optimo manteniendo la uniformidad de la misma la cual cumplirá con los parámetros requeridos por la norma que son 500 luxes como mínimo para la actividad principal que realiza la empresa la cual es servicio de torno (roscado de tubería).

### **Situación Problemática**

En un mundo sin luz se tiene muchos inconvenientes para poder realizar diferentes actividades, en el transcurso del tiempo la luz ha sido necesaria para poder movilizarnos y realizar muchas actividades que necesiten de la visibilidad de las cosas. En la vida industrial un área bien alumbrada es muy necesaria para realizar las diferentes actividades, procesos sin ella no se podría visualizar los productos, equipos, tableros de control, computadores etc.

La iluminación es una necesidad, por medio de esta se puede ver para donde se dirigen, en la noche se necesita luz para poder realizar actividades como prevenir un vehículo, un animal, u otra persona que se acerca.

La falta de claridad para realizar una actividad puede hacer que no se pueda cumplir con el objetivo que se necesita realizar porque un bajo nivel de luz puede hacer confundir entre personas colores y cosas.

En el Ecuador como en todo el mundo el nivel de brillo adecuado es muy necesario, existen muchas actividades y trabajos que son necesarios tener una buena iluminación, dentro de la industria existen varias actividades donde la distinción luminosa es de carácter obligatorio (parámetros establecidos) para poder ejecutar la actividad de manera segura.

La iluminación en la actualidad se ha ido perfeccionando tanto así que existen métodos y técnicas apropiadas para mantener una área bien iluminada, estable; Sea este en el día o en la noche o en las actividades donde se necesite una buena iluminación para poder realizar un trabajo o actividad.

La baja o excesiva iluminación es un agente contaminante físico que afecta a las personas que realizan actividades con baja o excesiva iluminación, estas pueden poner en peligro a la salud



de los trabajadores, ocasionando graves trastornos visuales, y en algunos casos puede ser irreversibles.

Muchos de los trabajadores realizan sus actividades sin ser conscientes del daño que causa a la visión el bajo nivel de iluminación, esto hace que los empleadores no tomen conciencia y opten por acciones de prevención sobre los puestos de trabajo con nivel de iluminación deficiente según los parámetros establecidos para determinada actividad. por lo que las luminarias deben estar bien distribuidas y utilizar la iluminación natural de primera instancia.

En la provincia de Orellana lugar donde se realizan trabajos de precisión para la perforación petrolera se trabaja con parámetros de calibración estrictos, con tolerancias mínimas  $\pm 0.05$  milésimas de pulgada. Estas empresas tienen parámetros establecidos para la realización de sus productos, SERVISILVA CIA LTDA. Es una de las empresas que realiza reparación de rocas en tubería de perforación para los pozos petroleros.

La empresa SERVISILVA CIA LTDA. del cantón de Orellana es una empresa certificada con estándares API (American Petroleum Institute) en reparación y construcción de roscas con hombro en tubería de perforación para pozos petroleros, donde se calibra la tubería con los más altos estándares de calidad y con tolerancias mínimas, los instrumentos de calibración son certificados por entes externos que aseguran la calidad del producto tales como:

Calibradores, micrómetros, patrones de calibración, medidores de perfil de rosca, medidor de cono de la rosca, medidor de paso del hilo de la rosca, galgas, reglas, compases de interiores y exteriores etc. Todos estos instrumentos son necesarios para brindar un buen servicio al cliente con un trabajo de calidad.

Para la realización de todas las actividades de calibración establecen un nivel de iluminación específico en todas las actividades de torneado y roscado de tubería hasta su liberación por el

personal encargado de control de calidad cuando cumple con todos los parámetros y pueda pasar el siguiente proceso de producción que es la marcación con el logo API si cumpliera todos los requisitos del mismo.

La normativa API estipula un parámetro de iluminación necesaria para la realización del trabajo de inspección, calibración y liberación de la tubería por lo que es necesario realizar una evaluación de los niveles de iluminación, en el caso de incumplimiento realizar las acciones correctivas necesarias para cumplir con los niveles mínimos de iluminación en el puesto de trabajo, evitando así daños a la visibilidad y otros trastornos que producen el bajo nivel de iluminación en los trabajadores de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa **SERVISILVA CIA LTDA.** Periodo 2016.

### **Justificación**

El bajo nivel de iluminación que existe en los puestos de trabajo afecta a la visión de los trabajadores los cuales son la parte social de la empresa, este nivel afecta más aun cuando hay la necesidad de verificar datos, controlar parámetros, medición o calibración de tubería en el sector petrolero.

Por esta situación es importante verificar el nivel de iluminación en los puestos de trabajo para controlar que cumpla con los parámetros mínimos establecidos para el tipo de actividad a realizarse, la visión es la parte que actúa en un 80 % en la realización de toda actividad.

Con la realización de esta investigación se podrá verificar y controlar los niveles de iluminación y proponer medidas de prevención para que el daño hacia los trabajadores disminuya a lo largo del tiempo y no puedan contraer una enfermedad profesional.

El presente estudio se lo realizara con las personas implicadas en el trabajo con la necesidad y afecciones que tienen o han tenido durante la ejecución de sus labores rutinarias.

La investigación a realizarse brindara a la empresa un control de los niveles de iluminación, prevención y reducción del riesgo causado por un bajo nivel de iluminación, por lo que el trabajador mantendrá su bienestar físico y social en buenas condiciones evitado así contraer una enfermedad profesional, evitando a la empresa las posibles indemnizaciones por dichas enfermedades profesionales.

La deficiencia de iluminación y disminución de la capacidad visual puede ser causa de accidentes y enfermedades en los trabajadores de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. La normativa vigente estipula 500 lux como mínimo en el área de trabajo, por la falta de iluminación los trabajadores no pueden reaccionar a tiempo ante una situación de emergencia

o tomen malas posturas al momento de realizar su trabajo y con el tiempo pueda afectar a la capacidad visual.

### **Reglamento de Seguridad y Mejoramiento del Medio Ambiente Laboral**

Decreto Ejecutivo (1986) Asegura que en el: “**Art 56.-** Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos. (Anexo 1 Tabla niveles de iluminación mínima)” (p. 22).

API (2013) Asegura que en la: “**Clausula 10.14.1.-** Toda inspección visual debe realizarse por personal competente con una agudeza visual en perfectas condiciones. Los niveles mínimos para la inspección deberán realizarse en 500 lux. o 50 food-candles” (p. 57).

### **Objeto de Estudio de la Investigación**

Iluminación de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

Enríquez (2004) Asegura que la iluminación “se define como el flujo luminoso por unidad de superficie se designa con el símbolo E y se mide en luxes. La iluminación es el principal dato de proyecto para una instalación de alumbrado y se puede medir por medio de un instrumento denominado Luxómetro (p. 99).

### **Objetivo General**

Evaluar los niveles de iluminación y su incidencia en la capacidad visual de los trabajadores de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. ubicada en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana, Periodo 2016.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar una investigación bibliográfica sobre las condiciones, necesidades y efectos en relación al tema de investigación mediante una amplia bibliografía para conocer los parámetros requeridos en los puestos de trabajo y los efectos que pueden afectar a los trabajadores
- Medir los niveles de iluminación en los puestos de trabajo a evaluar mediante un luxómetro para determinar la intensidad luminosa versus los estándares requeridos.
- Rediseñar el sistema de iluminación mediante el análisis puntual de los puestos de trabajo para mejorar el nivel de iluminación.

### **Campo de la Investigación**

- Área - Seguridad Industrial
- Factor – Ergonomía
- Riesgo – Iluminación

### **Hipótesis**

¿Con la evaluación de los niveles de iluminación se determinará la incidencia en la capacidad visual de los trabajadores de las áreas tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.?

## Sistema de Tareas por Objetivos Específicos

**Tabla 1**  
*Sistema de Tareas por Objetivos Específicos*

Objetivos específicos	Tarea	Procedimiento
Realizar una investigación bibliográfica sobre las condiciones, necesidades y efectos en relación al tema de investigación mediante una amplia bibliografía para conocer los parámetros requeridos en los puestos de trabajo y los efectos que pueden afectar a los trabajadores	Realizar una investigación bibliográfica para conocer más sobre el tema planteado	Investigación bibliográfica
Medir los niveles de iluminación en los puestos de trabajo a evaluar mediante un luxómetro para determinar la intensidad luminosa y comparar con los estándares requeridos.	Realizar medición de los niveles de iluminación con un medidor de luminosidad llamado (luxómetro) el cual toma las fuentes luminosas y las convierten en pulsos eléctricos	Método de la cuadrilla
Rediseñar el sistema de iluminación mediante el análisis puntual de los puestos de trabajo para mejorar el nivel de iluminación.	Plantear una propuesta de mejoramiento de los niveles de iluminación y cumplir con los requerimientos establecidos.	Método de lúmenes

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Descripción de actividades a realizar según los objetivos específicos.

**Sistema de Tareas Señalando los Métodos, Procedimientos y Técnicas que Concretan  
las Acciones en cada Tarea.**

**Tabla 2**  
*Metodología Técnicas y Procedimientos*

<b>ETAPAS DEL PROYECTO</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>TÉCNICAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Diagnóstico del problema	Medición	Medición Directa	Determinar el problema en relación a su entorno
Fundamentación Teórica	Deductivo	Investigación bibliográfica	Pilares de la investigación
Alternativas de solución	Modelación	Teórico Analógico	Selección de la mejor alternativa de la solución
Propuesta de solución	Descriptivo	Estudio de desarrollo	Producto terminado

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** Son los métodos y técnicas que se van a utilizar en la investigación.

### **Paradigma o Enfoque Epistemológico**

El enfoque que se dará a la presente investigación es la realización del trabajo mediante técnicas aplicativas:

- **De campo**

La investigación de campo enfoca a un análisis in situ del puesto de trabajo para verificar mediante una inspección visual el estado o situación de la actividad a realizar investigación.

- **Bibliográfica**

La investigación bibliográfica abarca los conceptos, teorías y consulta, y métodos para poder entender más a fondo el tema de investigación y poder aplicar en la investigación.

- **Documental**

La investigación documental es aquella donde registran los datos obtenidos en la investigación para el análisis y evaluación y formulación de una hipótesis

Estas nos ayudaran a la toma de decisiones sobre la empresa para mejorar los niveles de iluminación.



# Capítulo I

## 1. Marco Contextual y Teórico

### 1.1 Caracterización Detallada del Objeto

La iluminación industrial según Cabaleiro (2010) asegura que “Es el sistema de iluminación cuya principal finalidad es facilitar la visualización en unas condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad” (p. 56), para realizar una actividades necesario mantener una buena iluminación más aun en actividades de precisión como el torneado y roscado en tuberías con tornos convencionales y tornos CNC, en la cual se debe mantener una claridad mínima de 500 lux. cumpliendo con los requerimientos de normativas para evitar daños en la salud de los trabajadores y en la calidad de los productos; esto implica un carácter social donde las personas se pueden ver afectadas cuando no se cumple con el nivel mínimo de iluminación en las áreas donde realizan el roscado de tubería y el nivel de exposición es diaria a este riesgo esto pueden causar disminución de la capacidad visual y enfermedades o repercusiones en su trabajo causando mal estar en el trabajador.

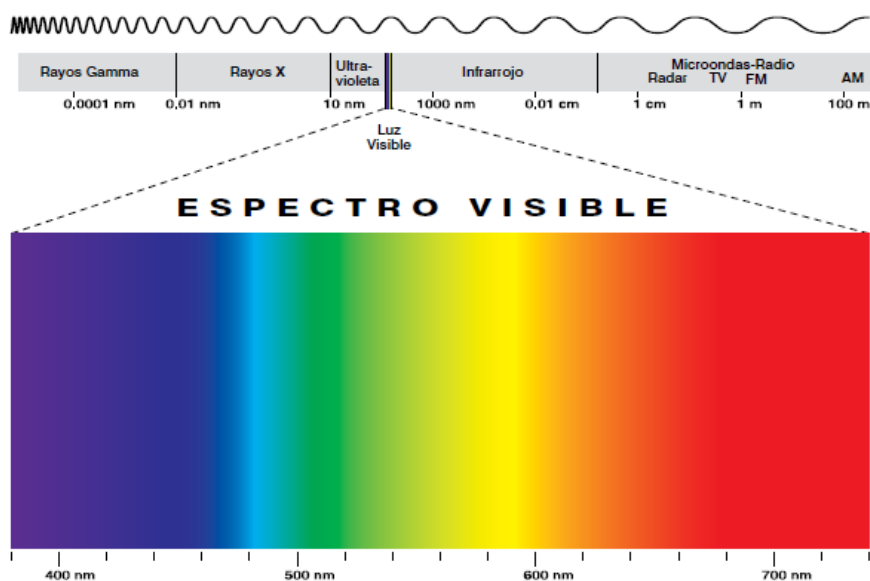
INSHT (2015) afirma que: La tecnología nos ayuda a controlar estos parámetros mediante técnicas de iluminación” (p. 24) donde sea factible realizar sus labores diarias sin riesgo para la salud visual de los trabajadores cumpliendo así con un buen ambiente laboral dando así un cumplimiento la normativas aplicables.

## 1.2 Marco Teórico

### 1.2.1 El sentido de la Visión

Cabaleiro (2010) afirma que:

Se basa en la capacidad del ojo para absorber la luz y transmitirla a través del nervio óptico al cerebro permitiendo la adquisición de información visual, cualitativa y cuantitativa, la apreciación de las características de los objetos, la captación e interpretación de movimientos y de otros cambios físicos en el ambiente que nos rodea, la identificación de señales y la orientación y creación de impresiones espaciales (p. 56).



**Figura 1** Visible Del Espectro Electromagnético.

**Fuente:** INSHT (2015) (p. 14).

### 1.2.2 Anatomía del Ojo

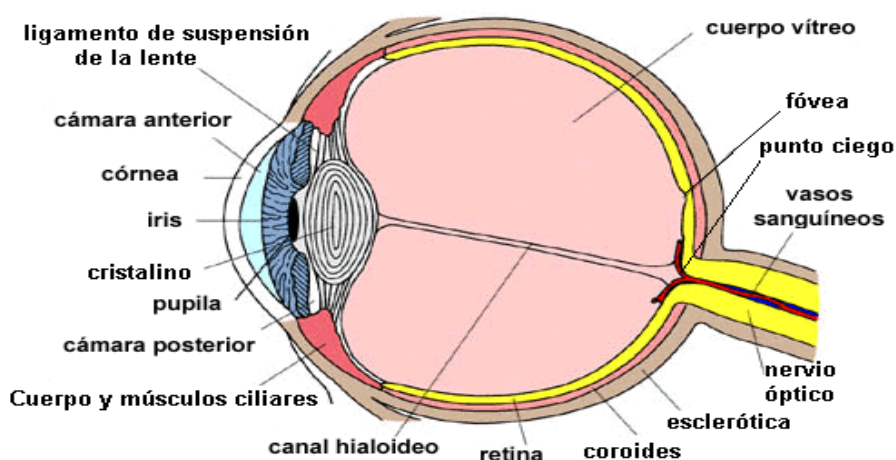
Henao (2011) afirma que:

La visión es una función muy elaborada en la cual toman parte activa además del ojo como órgano efector de la visión, el sistema nervioso central (vías ópticas y corteza cerebral)

El ojo es un órgano par encargado de recibir imágenes que llegan del exterior y de enviarlas al cerebro de forma de energía eléctrica.

Está alojado en dos cavidades llamadas orbitas, situadas en la parte anterior y superior de la cara; esta localización le proporciona una protección natural dada por las estructuras óseas y por los determinados anexos (parpados, pestañas, cejas, y parpados lagrimales).

El cerebro analiza los mensajes recibidos por el ojo y conducidos a través de las vías ópticas (nervio óptico, quiasma, cintillas, radiaciones ópticas), los computa con otros niveles como la memoria haciendo así considerar las imágenes y luego ordena una respuesta a nivel sensorial. Una interrupción de cualquier fase de este mecanismo impedirá la función visual. (p. 15).



**Figura 2** Partes del Ojo.

**Fuente:** Busquet & Gabarel (2008) (p. 168).

En la figura puede observarse el corte transversal del globo ocular, una cápsula casi esférica de tejido conjuntivo, resistente, que en su parte delantera presenta la córnea, que es una lente divergente.

El cristalino es una lente flexible biconvexa (y por lo tanto convergente) que puede modificar su forma para enfocar las imágenes (acomodación) en la retina. Esta modificación la realizan los músculos ciliares.

### **1.2.3 Visión**

Henao (2011) asegura que “Es el proceso por medio el cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones. El órgano encargado de realizar estas funciones es el ojo” (p. 27).

### **1.2.4 Tres Tipos de Visión**

#### **1.2.4.1 Acomodación Visual**

Cabaleiro (2010) afirma que “Es la capacidad del ojo para enfocar a diferentes distancias” (p. 57).

#### **1.2.4.2 Adaptación Visual**

Según Henao (2011) asegura que “Proceso por el cual el ojo se adapta a distintos niveles de luminosidad, el iris es el encargado de realizar dicha adaptación pasando de niveles bajos a altos en poco tiempo” (p. 28).

#### **1.2.4.3 Agudeza Visual o Poder Separador del Ojo**

Cabaleiro (2010) afirma que “Se define como la capacidad de percibir y discriminar visualmente los detalles pequeños” (p. 57).

### **1.2.5 Magnitudes y Unidades Luminosas**

Las principales magnitudes utilizadas en iluminación con sus respectivas unidades:

### 1.2.5.1 *El Flujo Luminoso (Lumen)*

Modelo, Torada, Gonzáles, & Gomez Fernández (2001) aseguran que:

Es la energía luminosa total emitida por una fuente por unidad de tiempo y dentro del espectro visible humano (380-760 nm). Su unidad de medida es el lumen, que es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie de un metro cuadrado dispuesta de forma que cada uno de sus puntos diste un metro de una fuente de luz teórica que emita uniformemente una candela en todas dimensiones (flujo luminoso emitido por una candela en un estereorradián) (p. 141).

### 1.2.5.2 *Intensidad Luminosa*

Senner (1994) confirma que “Es la relación entre el flujo luminoso y la superficie iluminada” (p. 350).

Densidad de la luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada.

### 1.2.5.3 *Flujo Luminoso*

Según Enríquez (2004) asegura que “Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa (puede ser una lámpara) en la unidad de tiempo (segundo. La unidad de medida del flujo luminoso es el Lumen” (p. 98).

**Formula 1** Flujo Luminoso

$$f = 4\Sigma$$

**Fuente:** Riesgo físico II Iluminación.

La diferencia entre lumen y candela reside en que aquel es una medida de flujo luminoso, independientemente de la dirección.

#### 1.2.5.4 Nivel de Iluminancia (Iluminación)

Henao (2011) asegura que “Flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie, se dice que esta se encuentra iluminada, siendo entonces la iluminación la cantidad de flujo luminoso” (p. 35).

**Formula 2** Nivel De Iluminación

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{x^2}{d^2} = \frac{1}{d^2} \cos \alpha$$

**Fuente:** Riesgo físico II Iluminación.

Henao (2011) confirma que:

La unidad de medida es el Lux. (lx) y se define como la iluminación en un punto (A) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela. Es la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido el flujo de un lumen. (p. 35).

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

Lux. Unidad de medida del sistema métrico para cuantificar los niveles de iluminación. Equivale al nivel de iluminación que produce un lumen distribuido en un metro cuadrado de superficie, 1 Lux = 0.09729 bujía- pie (Foot-Candle).

También, se utiliza como unidad el foot Candle, que es la iluminación de una superficie de un pie cuadrado que recibe uniformemente repartido, el flujo de un lumen.

**Formula 3** Número De Luxes Incidentes Sobre La Superficie

$$\text{Número de lux. incidentes sobre una superficie} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Área (m}^2\text{)}}$$

**Fuente:** Riesgo físico II Iluminación.

Una bujía pie = 10.76 lux.

### 1.2.5.5 Brillo (*Luminancia*)

Cortez (2007) confirma que “Constituye un factor de visibilidad y depende de la intensidad de la luz que recibe y la proporción de luz reflejada” (p. 453).

Mondelo, Torada, Gonzáles, & Gomez Fernández (2001) afirma que:

A pesar de que el brillo radiante de un objeto depende principalmente de su luminancia, ésta no puede ser tratada como la medida absoluta para la percepción del brillo. Dando diferentes niveles de brillo del alrededor, superficies de idéntica luminancia pueden ser percibidas con diferentes evaluaciones subjetivas de brillo. La luminancia es un valor físico cuantificable, mientras que el brillo es una expresión de una respuesta subjetiva. Para la visión fotópica (observación en luz clara), el brillo es casi proporcional al logaritmo de la luminancia (p. 163).

#### Formula 4 Brillo

$$B = \frac{I}{A}$$

**Fuente:** Riesgo físico II Iluminación.

#### **Donde:**

B= brillo

I= intensidad luminosa

A= Área

El ojo ve brillo no iluminación. Todos los objetos visibles tienen brillo que normalmente es independiente de la distancia de observación. La iluminación se expresa de dos formas en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie.

### **1.2.5.6 Iluminancia.**

Reeves (2004) afirma que “La densidad de flujo luminoso es una superficie, es decir, el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. La cantidad se conocía antiguamente por valor de iluminación o nivel de iluminación. Se expresa en lux. (lm/m<sup>2</sup>). Símbolo E” (p. 234).

## **1.2.6 Características de la Radiación Luminosa**

### **1.2.6.1 Reflexión**

González (2004) confirma que “rebote en la superficie o límite del medio” (p. 184).

### **1.2.6.2 Transmisión**

Benito (2014) asegura que “Es el paso de una radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen. Este fenómeno es característico de ciertos tipos de vidrio, cristales, plástico, agua y otros líquidos y el aire. (p. 44).

### **1.2.6.3 Refracción**

González (2004) afirma que “Es el desvío al pasas de un medio a otro con cambio de velocidad” (p. 184).

### **1.2.6.4 Polarización**

Henao (2011) asegura que:

La luz cuyas ondas vibran solamente en un plano se denomina luz polarizada. Las vibraciones que originan el movimiento de las ondas en un rayo de luz tienen lugar perpendicularmente a la dirección en que se desplaza la luz y en un haz de luz ordinaria dichas vibraciones se efectúan según todas las direcciones posibles en el plano perpendicular al mismo. Haciendo pasar la luz a través de un material de estructura cristalina tal que solo trasmite ondas vibrando en una dirección, se puede producir luz polarizada, cuyas vibraciones son todas paralelas (p. 43).



### **1.2.6.5 *Dispersión***

Hena (2011) asegura que “Descomposición de la luz blanca en radiaciones de diverso colores. Descomposición de un rayo luminoso en su espectro” (p. 44).

## **1.2.7 Calidad de la Iluminación**

### **1.2.7.1 *Deslumbramiento***

Serra & Coch (2001) afirma que es:

Considerado como (parámetro de confort), es el efecto molesto para la visión debido a un excesivo contraste de luminancias en el campo visual. En general, este efecto se debe a que existe una pequeña superficie de mucha claridad (Luminancia) en un campo visual con un valor medio bastante más bajo, normalmente a causa de la presencia de una luminaria o de una ventana (p. 80).

## **1.2.8 Tipos de Iluminación**

### **1.2.8.1 *Naturales***

Cortez (2007) confirma que la “Es la suministrada por la luz diurna y presenta indudables ventajas sobre la iluminación artificial” (p. 454).

### **1.2.8.2 *Artificial***

Cortez (2009) asegura que “Es la suministrada por fuentes luminosas artificiales como lamparas de incandescencia o fluorescentes” (p. 464).

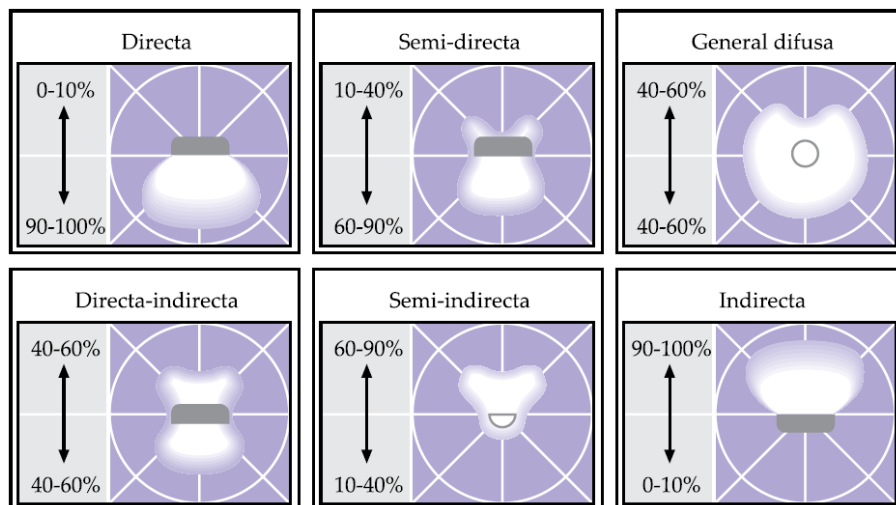
Hay diferentes tipos:

#### **a) Lámparas incandescentes**

Rubio (2015) Afirma que

El funcionamiento se basa en hacer pasar corriente eléctrica a través de un filamento, de forma que este al calentarse emita luz por termorradiación. El filamento se instala en una

ampolla de vidrio rellena de gas inerte a una presión escasamente inferior a la atmosférica, de esta forma se evita que el filamento se quemara (p. 601).



**Figura 3** Clasificación en función del flujo luminoso.

**Fuente:** (INSHT), 2015)

## b) Lámparas de descarga en atmosferas de gas

Soto (1996) afirma que:

El grupo de fuentes luminosas de descarga de gas es muy amplio, comprende las lámparas fluorescentes tubulares, las lámparas de vapor de mercurio o sodio, así como los tubos usados para anuncios luminosos. El principio de funcionamiento el tipo de luz emite, así como el campo de la corriente eléctrica en un gas. Otros problemas comunes a estos tipos de lámparas son los dispositivos requeridos para su encendido y estabilización de la descarga, el bajo factor de potencia y la necesidad de eliminar el parpadeo (p. 56).

## c) Lámparas fluorescentes

Soto (1996) asegura que:

Producen luz debido a que una descarga eléctrica excita al gas (vapor de Mercurio y un poco de argón) contenido en el tubo, generando una radiación sobre todo el campo espectral de la

luz ultravioleta. Tales radiaciones se dirigen hacia la sustancia fluorescente dispuesta en las paredes internas del tubo y se transforman en energía luminosa visible (p. 56).

### 1.2.8.3 *Luminaria*

Henao (2011) afirma que:

Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica (p. 56).

### 1.2.9 **Métodos de Alumbrado**

Hacen referencia a la concentración de luz necesaria para efectuar una tarea determinada.

#### 1.2.9.1 *Alumbrado General*

Moreno, Fdez, & Lasso (2010) asegura que “Recibe este nombre el alumbrado en el cual el tipo de luminaria, su altura de montaje y su distribución se determinan de forma que se obtenga una laminación uniforme sobre la zona a iluminar” (p. 314).



**Figura 4** Alumbrado General.

**Fuente:** Moreno, Fdez, & Lasso (2010) (p. 314).

### **1.2.9.2 Alumbrado General Localizado**

Márquez , Gonzáles, & Gonzáles (2014) asegura que: “La iluminancia evaluada se encuentra solo en algunas zonas. La iluminancia general es reducida respecto a dichas zonas. Por tanto, la uniformidad en general es baja y produce causar proyección de sombras”(p. 61)

### **1.2.9.3 Alumbrado Individual**

Henaó (2011) confirman que “Se usa cuando se necesita alto niveles de iluminación en puesto de trabajo debido a los requerimientos de la tarea” (p. 61).



*Figura 5* Alumbrado Individual.

**Fuente:** Empresa SERVISILVA CIA LTDA. Torno CNC.

### **1.2.9.4 Alumbrado Combinado**

Márquez , Gonzáles, & Gonzáles (2014) afirma que “La iluminancia elevada se encuentra solo en algunas zonas. La iluminancia general es reducida respecto a dichas zonas. Por tanto la uniformidad en general es baja, y puede causar proyección de sombras.” (P. 62).



**Figura 6** Alumbrado Combinado.  
**Fuente:** Empresa SERVISILVA CIA LTDA. Torno CNC.

## 1.2.10 Medida de Campo

### 1.2.10.1 *Medición de Iluminación General*

Chapa (2004) afirma que “La medición sobre una superficie puede medirse con suficiente precisión por medio de un luxómetro, que consta de un galvanómetro y un dispositivo sensible a la radiaciones luminosas e infrarrojas, acoplados electrónicamente” (p. 118).

Henao (2011) confirma que:

Antes de tomar las lecturas, las fotoceldas deben ser expuestas hasta que las lecturas se estabilicen que usualmente requieren de 5 a 15 minutos. Se debe tener cuidado de que ninguna sombra se ubique sobre la fotocelda cuando se realizan las lecturas. Una vez establecido el equipo, la lectura a tomar para el análisis es el valor promedio indicado en la pantalla. Normalmente los equipos actuales suministran los valores máximo – mínimo y promedio siendo este el valor promedio el que se utiliza para establecer las condiciones de trabajo (p. 70).

### 1.2.10.2 *Medición de la Luminancia o Brillo en el Puesto de Trabajo*

Henao (2011) afirma que:

Se mide colocando la fotocelda en la misma dirección de la visual del observador es decir en la dirección de la reflexión de la luz y se hace midiendo tanto la cantidad de brillo que llega a los ojos desde la superficie de trabajo, como la proveniente de las áreas circundantes. La comparación de estos valores de acuerdo a la tabla de relaciones de brillo recomendados para evitar el deslumbramiento (p. 71).

## **1.2.11 Niveles de Iluminación y Contrastes de Brillo Recomendados**

### **1.2.11.1 *Niveles de Iluminación Recomendados***

#### *1.2.11.1.1 American Petroleum Institute (API)*

API (2011) confirma que “En la normativa internacional API Q1, especificaciones para casing y tubing el mínimo de iluminación recomendada para la liberación del producto es de 500 lux. o 50 Fc” (p. 57).

#### *1.2.11.1.2 Decreto Ejecutivo 2393*

Decreto Ejecutivo (1986) Rreglamento de seguridad y mejoramiento de medio ambiente laboral) art. 56 emite la siguiente tabla.

**Tabla 3**  
*Niveles de Iluminación Mínima para Trabajos Específicos y Similares*

ILUMINACIÓN	ACTIVIDADES
MÍNIMA	
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como:
100 luxes	fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas. Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como:
300 luxes	trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

**FUENTE:** Decreto Ejecutivo (1986) (p. 22).

**Nota:** Representa a los niveles de iluminación recomendado dependiendo de tipo de actividad la norma recomienda para la actividad de torneado como mínimo 500 luxes.

## 1.2.12 Diseño de Iluminación Artificial

### 1.2.12.1 *Método del Lumen para la Iluminación General*

Henao (2011) afirma que:

Este método consiste en calcular un número de luminarias y de lámparas necesarias para suministrar un nivel de iluminación requerido en un área determinada

El método siguiente:

- a) Determine el nivel de iluminación requerido
- b) Seleccione el tipo de lámpara
- c) Seleccione el tipo de luminaria
- d) Calcule la altura y la separación de las luminarias
- e) Determine el número de luminarias a lo largo y ancho del salón
- f) Defina el flujo luminoso total
- g) Determine el flujo luminoso de la lámpara y calcule el número de lámparas a instalar
- h) Disminuya las lámparas en el número de luminarias mínimas calculada para garantizar la distribución uniforme de la iluminación (p. 102).

### 1.2.13 Medición

Francesc (2008) asegura que “La pretensión básica de la medición es tratar de cuantificar los atributos que están presentes en los objetos o individuos. Con ello se intenta objetivar nuestros juicios valorativos con respecto a los mismos y facilitar el estudio y conocimiento” (p. 26).

Es el proceso mediante el cual se asignan numerales a características o atributos de un objeto o proceso a través de un conjunto de reglas definidas.



### 1.2.13.1 *Medición Directa*

Francesc (2008) confirma que "Las mediciones directas son aquellas que se toman directamente de un instrumento que se está utilizando" (p. 26).

### 1.2.13.2 *Medición Indirecta*

Francesc (2008) asegura que "Medición indirecta es aquella en la que una magnitud buscada se estima midiendo una o más magnitudes diferentes, y se calcula la magnitud buscada mediante cálculo a partir de la magnitud o magnitudes directamente medidas" (p. 26).

### 1.2.14 Luxómetro

Márquez , Gonzáles, & Gonzáles (2014) afirman que:

Es un aparato que mide la iluminancia real de un ambiente. La unidad de medida que utiliza el luxómetro es el lux. (lx). El funcionamiento del luxómetro consiste en captar la luz mediante célula fotoeléctrica y convertirla en impulsos eléctricos, que posteriormente son interpretados y mostrados en lux. en la pantalla del luxómetro (p. 129).



**Figura 7** Luxómetro.

**Fuente:** Equipo de medición de iluminación marca Magnaflux de la empresa Tecnolpet S.A.

### 1.2.15 Enfermedades Profesionales

Código de trabajo (2013) confirma que “Enfermedades profesionales son las afecciones agudas o crónicas causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión o labor que realiza el trabajador y que producen incapacidad” (p. 55).

### 1.2.16 Capacidad Visual

Cevilla (2016) confirma que “Se define como la capacidad de percibir o diferenciar los estímulos separados por un determinado ángulo ( $\alpha$ ) o dicho de otra manera es la capacidad de resolución espacial del sistema visual” (p. 03).

### 1.2.17 Factores que Afectan a la Capacidad Visual

Cevilla (2016) asegura que:

Desde el punto de vista teórico la máxima capacidad visual del ojo se situaría en torno a valores angulares de 0,5 minutos de arco (capacidad visual de 2,0 en escala Snellen), para diámetros pupilares de 2,0 mm (límite calculado para la función de modulación de transferencia), un mosaico de receptores de diámetro entorno a 1,5 micras por cono y una distancia nodal del ojo de 16,67 mm. Sin embargo, la capacidad visual clínicamente «normal» se sitúa entorno a la unidad (capacidad visual = 1,0) por la influencia de diferentes factores, tanto físicos como fisiológicos y psicológicos (p. 03).

Dentro de los factores que afectan a la capacidad visual se dividen en:

#### 1.2.17.1 *Factores Físicos*

Cevilla (2016) confirma que:

- **De la sala.**- Iluminación.
- **De los optotipos.**- Iluminación, color, contraste, tipografía, y distancia del sujeto.

- **Del ojo.**- tamaño de difracción pupilar, ametropía y aberraciones ópticas. (p. 03)

### 1.2.17.2 *Factores Fisiológicos*

Cevilla (2016) asegura que:

- **Densidad o disposiciones** entre fotorreceptores
- **Excentricidad de la fijación:** la capacidad visual es la máxima en la fóvea y disminuye a medida que se estimula retina más periférica.
- **Motilidad ocular.**- es la estabilidad de la imagen retiniada es función de la calidad de los micro movimientos sacádicos del ojo.
- **Edad del sujeto.**- la capacidad visual es muy baja al nacer y mejora con la edad para estabilizarse y decaer lentamente a partir de los 40-45 años.
- **Monocularidad/binocularidad:** la capacidad visual binocular es normalmente entre el 5 y 10% mayor que la monocular.
- **Efectos de medicamentos:** midriáticos, mióticos, ciclopéjicos.
- **Algunas enfermedades oculares** o sistémicas afectan a la capacidad visual queratoconjuntivitis, diabetes, mellitus, etc.
- **Factores neurales:** transmisión de la información a través de la vía visual, grado de desarrollo de la corteza visual, etc. (p. 04).

### 1.2.17.3 *Factores Psicológicos*

Cevilla (2016) afirma que:

- Experiencias previas con la prueba
- Fatiga física o psíquica
- Motivación / aburrimiento, sobre todo en niños. (p. 04).

### **1.2.18 Enfermedades Causadas por la Falta de Iluminación**

La falta de iluminación puede causar que el trabajador adopte malas posiciones (posiciones forzadas) de característica ergonómica que pueda afectar al trabajador.

El cambio brusco de iluminación (caminar por áreas con iluminación no uniforme) puede afectar a agudeza visual y causar pérdida de la misma a través del tiempo.

Algunos problemas que puede afectar a la capacidad visual son:

- Dolor e inflamación de los parpados
- Irritación, lagrimeo
- Enrojecimiento
- Sensación de cuerpos extraños,

A largo tiempo de exposición pueden tener:

- Imágenes borrosas de cerca
- Visión oscura de lejos
- Visión doble

Que a lo largo de la exposición a la baja iluminación en el puesto de trabajo puede contraer una enfermedad profesional.

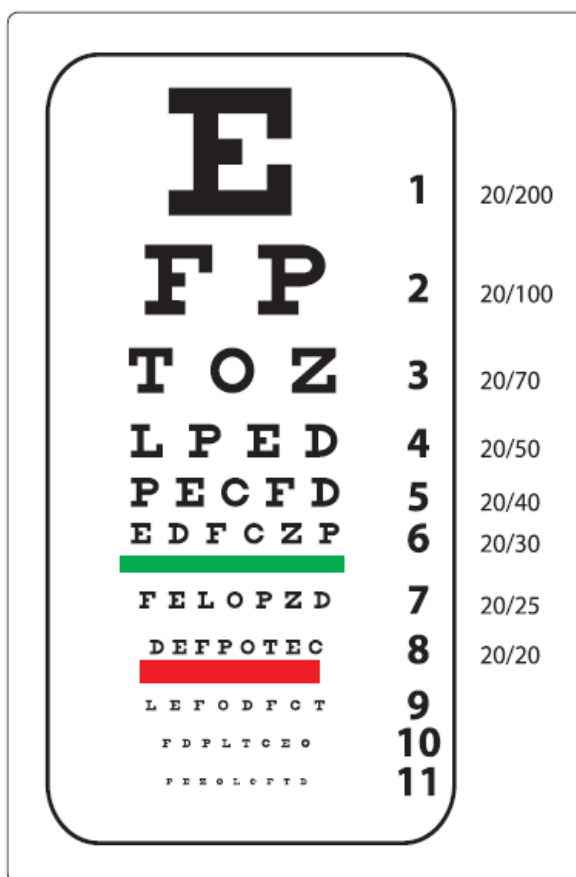
### **1.2.19 Escala de Evaluación de la Capacidad Visual**

#### **1.2.19.1 *Escala Tipo Snellen***

Cevilla (2016) afirma que:

Su principal característica es que cada letra puede inscribirse en un cuadrado cinco veces mayor que el grosor de la línea con la que está trazada. El tamaño de la imagen es directamente proporcional al tamaño del test (conjunto de optotipos) e inversamente proporcional a la distancia del mismo. Normalmente la distancia de presentación de los

optotipos, para medir la capacidad visual en visión lejana es de 6 m (infinito óptico) si bien existen test diseñados a diferentes distancias como, por ejemplo, 4 m. Por lo tanto, el mínimo discriminable en un ojo normal se medirá con un optotipo que presente una línea con un valor angular de 1 minuto de arco y la totalidad del mismo será de 5 minutos de arco (p. 05).



*Figura 8 Escala Snell.*

Fuente: Cevilla (2016) (p. 6).

### 1.3 Fundamentación de la Investigación

La presente investigación nace de la problemática de incumplimiento de la normativa aplicable a los niveles de iluminación en los puestos de trabajo mediante esta investigación se analizaran

los puestos de trabajo que incumplen los parámetros requeridos (torneado e inspección visual) en la cual la normativa aplicable estipula un nivel mínimo de 500 luxes.

Se realizara la medición de luxes en los puestos de trabajo en los cuales se obtendrán los datos necesarios para evaluarlos con los parámetros mínimos, en caso de incumplimiento se tomara la acción correctiva necesaria para controlar y mantener una estabilidad de iluminación y evitar la afección en la capacidad visual de los trabajadores de las áreas de torno convencionales y torno CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

Se controlara mediante la investigación planteada donde se realizara una investigación bibliográfica para obtener datos sobre la iluminación y la capacidad visual (variables del problema).

Se realizara la medición con el luxómetro marca magnaflux, número de serie: 41607, modelo 625024 calibrado en la fecha 30-03-2016 con vigencia de un año según el plan de calibración de equipos de medición y seguimiento (anexo 1).

Analizar los datos obtenidos para comparación con los parámetros de la normativa aplicable y proceder a tomar medidas correctivas para cumplir con la misma en caso de incumplimientos.

En el contexto de la investigación se verifico que existe deficiencia de iluminación en los puestos de trabajo por lo que es necesario realizar la presente investigación para cumplir con las especificaciones requeridas.

#### **1.4 Bases Teóricas Particulares de la Investigación**

La iluminación es muy necesaria para realizar todas las actividades ya que sin ella no se podrían percibir objetos, animales y cosas, más aun cuando esta es necesaria para realizar un trabajo de precisión dentro de un puesto de trabajo existen diferentes riesgos uno de estos es el riesgo físico (iluminación deficiente) que es una de las ramas de la ergonomía la cual estudia los

puestos de trabajo y esta aborda el área de seguridad industrial la cual busca el cuidado de la salud de los trabajadores expuestos a estos riesgos evitando así accidentes y enfermedades profesionales por consecuencia de la exposición a este campo.

Dentro de la investigación se definen las siguientes variables:

- Evaluación de los niveles de iluminación se define como variable independiente en la cual su dimensión es la medición de los niveles de iluminación los cuales se compararan con un indicador, niveles de iluminación establecidos para la actividad sobre los niveles de iluminación recomendados en la norma, la técnica aplicable es la medición directa de luxes los cuales se registrara en una hoja de toma de datos los datos al momento de realizarse la medición pueden variar por diferentes causa sombras objetos que no permanezcan siempre en la zona de trabajo y personal que no realicen el trabajo esto daría un error de medición.
- Capacidad visual se define como variable dependiente, esta depende de la deficiencia de iluminación , su dimensión se analiza mediante la disminución de la capacidad visual y sus indicadores aplicables son la capacidad visual de objeto su distancia y la edad de la persona, las técnicas aplicables son la capacidad de percibir un objeto a cierta distancia según la edad de la persona la cual se registra en una hoja de datos de capacidad visual de la persona realizada la evaluación en las cuales si hay deficiencia puede causar daños a la salud de los trabajadores como imágenes borrosas de cerca, visión oscura de lejos, visión doble, puede causar accidentes y disminución de la capacidad visual (Enfermedad Profesional).

## **Capítulo II**

### **1. Metodología**

#### **1.1 Métodos, Técnicas y Procedimientos De Investigación**

##### **1.1.1 Método Hipotético – Deductivo**

Alvarez & Jurgenson (2003) afirma que:

Entre los cultivadores de éste caben todos los científicos y filósofos de la ciencia que han postulado la participación inicial de elementos teóricos o hipótesis en la investigación científica, que anteceden y determinan a las observaciones. De acuerdo con este grupo, la ciencia tiene su fundamento en conceptos que no se derivan de la experiencia del mundo que está allá afuera, sino que el investigador los postula en forma de hipótesis con base en su intuición (p. 14).

La aplicación de este método en la presente investigación nos ayuda a plantear una hipótesis la cual se verificara luego del análisis de resultados obtenidos en las mediciones de luxes.

En el análisis de la problemática de la investigación se realizó una previa observación de las fallencias que en este caso sería la falta de iluminación en las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

##### **1.1.2 Método Analítico – Sintético**

León & Toro (2007) asegura que “Consiste en la descomposición mental del objeto estudiado y sus distintos elementos o partes componentes para obtener nuevos conocimientos acerca de dicho objeto” (p. 65).



El análisis dentro de una investigación es muy importante, mediante este se procederá a obtener resultados de la diferentes técnicas de investigación aplicadas tales como (encuestas entrevistas datos de muestreo, mediciones) estos datos obtenidos se analizan y se interpretan para obtener una síntesis del problema o una magnitud de problema en este caso la comparación de los niveles de iluminación en los puestos de trabajo.

### **1.1.3 Método Descriptivo**

Acero (2012) confirma que “El objeto de la investigación descriptiva consiste en evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo. En esta investigación se analizan los datos reunidos para descubrir así, cuales variables están relacionadas entre sí” (p. 04).

La metodología de descripción es aquella para proponer una solución a la investigación en este caso la propuesta de solución del problema en la cual se describirán las falencias y parámetros para corregir dichas falencias se concretara un análisis de mejora de iluminación y minimización de consumo de energía de ser el caso de esta presente investigación.

## **1.2 Tipos de Investigación**

- Bibliográfica
- Descriptiva
- De campo

### **1.2.1 Bibliográfica**

Eco (2014) afirma que:

Elaborar una bibliografía significa buscar aquello cuya existencia no se conoce todavía. El buen investigador es el que está capacitado para entrar en una biblioteca sin tener ni idea sobre un tema y salir de ella sabiendo algo más sobre el mismo (p. 70).

La investigación bibliográfica es de mucha importancia, mediante esta se conocerá los diferentes conceptos de la presente investigación para enfocarnos más y obtener los resultados deseados. Este tipo de investigación se realizó mediante consulta de libros, páginas web para facilitar el entendimiento y comprensión de las palabras técnicas.

### **1.2.2 Descriptiva**

Martínez, (2014) afirma que:

La investigación descriptiva se caracteriza y diferencia de la investigación experimental porque el investigador no hace nada sobre el objeto o sujetos que investiga, excepto observarlos o encuestarlos con el fin de obtener información sobre el objeto o persona tal como son, para los hechos de la realidad objeto de estudio sin alterar nada (p. 49).

Con este tipo de investigación se tomara los datos correspondientes mediante descripción del lugar o sujeto a investigar sin afectar nada a su alrededor.

### **1.2.3 De Campo**

Human (2005) asegura que “Es el recurso principal de la observación descriptiva; se realiza en lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigado. La investigación social y la educativa recurren en gran medida a esta modalidad” (p. 16).

Este tipo de investigación es la que se realiza in situ en el lugar de trabajo en la presente investigación se la realizara mediante las mediciones con el luxómetro en el puesto de trabajo en los lugares puntuales donde el trabajador aplica su fijación visual y se debe verificar si los parámetros son los correctos a la normativa aplicable.

### **1.3 Técnicas de Investigación.**

- Observación
- Medición

- Encuesta
- Registro de datos

### **1.3.1 Observación**

Murch (2005) confirma que “En su acepción más general, observar equivale a mirar con detenimiento; es la forma más usual con la que se obtiene información acerca del mundo circundante” (p. 49).

Mediante la técnica de observación se analizó sintéticamente la falencia mediante una hipótesis para comprobar los niveles de iluminación necesarios en el puesto de trabajo de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

### **1.3.2 Medición**

Francesc (2008) asegura que “La pretensión básica de la medición es tratar de cuantificar los atributos que están presentes en los objetos o individuos. Con ello se intenta objetivar nuestros juicios valorativos con respecto a los mismos y facilitar el estudio y conocimiento” (p. 26).

Es el proceso mediante el cual se asignan numerales a características o atributos de un objeto o proceso a través de un conjunto de reglas definidas.

### **1.3.3 Encuestas**

Murch (2005) afirma que:

La encuesta es una técnica que consiste en obtener información acerca de una parte de la población o muestra, mediante el uso de cuestionarios o de entrevistas. La recopilación de información se la realiza mediante preguntas que midan los diferentes indicadores que se han determinado e la operacionalización de términos del problema o de las variables de la hipótesis (p. 55).

Se realizara un cuestionario de varias preguntas concretas a toda la población donde se realiza la investigación, mediante esta técnica se obtendrá parámetros para el análisis de nuestra investigación estos datos son analizados mediante porcentajes.

## 1.4 Procedimiento Para Realizar la Medición General

### 1.4.1 Constante del Local

Para realizar el cálculo de los puntos de medición se toma la siguiente formula:

**Formula 5** Constante del Local

$$\text{Constante del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

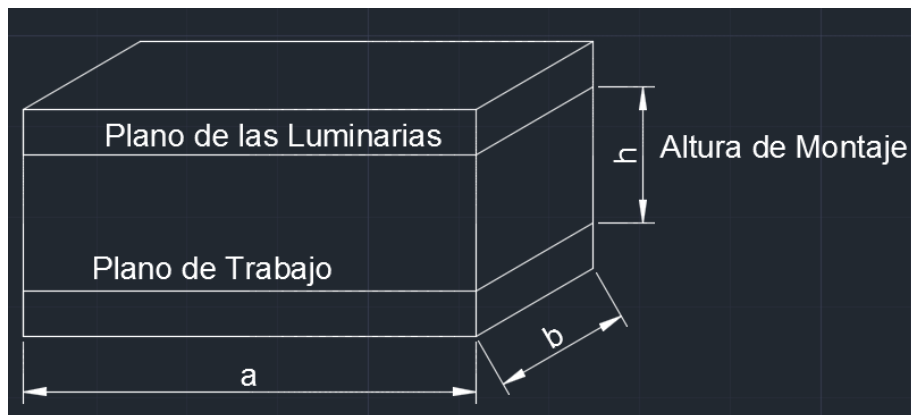
**Fuente:** Guía de Iluminación.

Donde:

a= Longitud del salón

b= Ancho del salón

h= altura tomada de la luminaria hasta el punto de trabajo



**Figura 9** Plano de Iluminación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

- a) **Plano de trabajo:** Es la altura donde se realiza la actividad
- b) **Plano de las Luminarias:** Es donde se encuentran suspendidas las luminarias.
- c) **Altura de montaje:** Es la distancia entre el plano de las luminarias y el plano de trabajo.

#### 1.4.2 Número Mínimo de Puntos de Medición

Definida la constante de local  $X$  se define el número mínimo de puntos de medición mediante la siguiente fórmula:

**Formula 6** Número Mínimo De Puntos De Medición

$$\text{NMPM} = (X + 2)^2$$

**Fuente:** Guía de Iluminación.

Donde “ $x$ ” es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para todos los valores de “Índice de local” iguales o mayores que 3, el valor de  $x$  es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

Una vez que se obtuvo el número mínimo de puntos de medición, se procede a tomar los valores en el centro de cada área de la grilla.

Cuando el recinto donde se realizara la medición posea una forma irregular, se deberá en lo posible, dividir en sectores cuadrados o rectángulos.

### 1.4.3 Iluminancia Media

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición

**Formula 7** Iluminancia Media En La Mañana

$$E \text{ media} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

**Fuente:** Guía de Iluminación.

### 1.4.4 Uniformidad de la Iluminación

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones sobre dos.

**Formula 8** Uniformidad De La Iluminación

$$E \text{ minima} \geq \frac{E \text{ Media}}{2}$$

**Fuente:** Guía de Iluminación.

**Donde:**

E Mínima= La iluminación mínima medida con el luxómetro

E Media = Promedio del total de mediciones

### 1.4.5 Uniformidad

La uniformidad de la iluminancia se la calcula mediante el valor mínimo medido sobre el promedio del total de las mediciones

**Formula 9** Uniformidad de la iluminancia

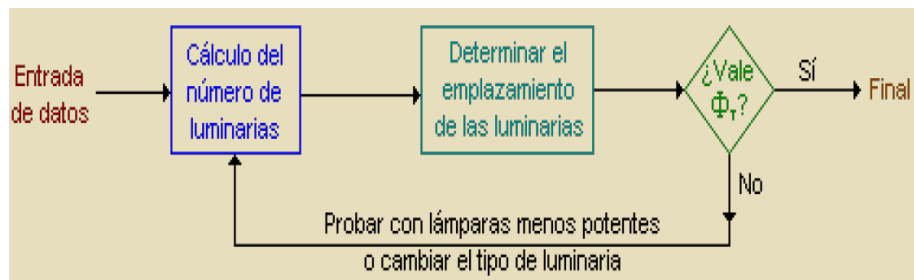
$$U.I. = \frac{\text{Iluminancia minima medida}}{\text{Iluminancia media medida}}$$

**Fuente:** Método de Lúmenes.

**Nota:** El valor debe ser  $\geq 0.8$  para mantener una iluminación uniforme en toda el área.

## 1.5 Método de Lúmenes

El método de los lúmenes es el más utilizado para el cálculo de niveles de iluminación, este método nos ayuda a calcular el número de luminarias que son necesarias para iluminar un área determinada mediante cálculos.



**Figura 10** Diagrama de Flujo del Método de Lúmenes.

**Fuente:** CITCEA (2012) (p. 01).

### 1.5.1 Cálculo de Índice del Local

Donde se calcula el índice del local que se necesita iluminar mediante la siguiente formula

**Formula 10** Índice Del Local

$$\text{Índice del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

**Fuente:** Método De Lúmenes.

**Donde:**

a= Longitud del salón

b= Ancho del salón

h= altura de las luminarias hasta el punto de trabajo

h´= altura total de trabajo

h´´= altura del plano de trabajo desde el piso

d= altura del plano de trabajo al techo

d´=altura de las luminarias hasta el techo

### 1.5.2 Coeficiente de Reflexión

Se determina el coeficiente de reflexión que emiten las paredes techos y piso mediante datos de la tabla 4.

**Tabla 4**  
*Coeficiente de reflexión*

	Color	Factor de Reflexión ( $\rho$ )
	Blanco o muy claro	0.7
<b>Techo</b>	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Claro	0.5
<b>Paredes</b>	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
	Claro	0.3
<b>Suelo</b>	Oscuro	0.1

**Fuente:** CITCEA (2012) Cálculo de Instalaciones de Alumbrado (p. 03).

**Nota:** Son los parámetros designados de acuerdo con las condiciones del área a iluminar.

### 1.5.3 Factor de Utilización

A partir del índice del local y los factores de reflexión se determina el factor de utilización mediante seguimiento la selección en la siguiente figura.



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (??)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

**Figura 11** Factor de Utilización.

**Fuente:** CITCEA (2012) (p. 03).

Se determina mediante el cálculo del índice del local, factor de utilización, factor de reflexión del techo y factor de reflexión de las paredes.

### 1.5.4 Factor de Mantenimiento

El factor de mantenimiento se determina dependiendo del grado de suciedad que emite la actividad del área de trabajo donde se desea realizar el cálculo de iluminación dependiendo del grado de suciedad se define en la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Factor de Mantenimiento*

Ambiente	Factor de Mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

**Fuente:** Chapa (2004) Método de lúmenes (p. 197).

**Nota:** Es la matriz para encontrar el factor de mantenimiento para el cálculo.

### 1.5.5 Cálculos

#### 1.5.5.1 Flujo Luminoso Total Necesario

**Formula 11** Flujo Luminoso

$$\phi T = \frac{E * S}{\eta * fm}$$

**Fuente:** Método De Lúmenes.

**Donde:**

$\phi$ = Es el flujo luminoso total

E= Es la iluminancia media deseada

S= Es la superficie del plano de trabajo

$\eta$ = Es el factor de utilización

Fm= Es el factor de mantenimiento

#### 1.5.5.1.1 Cálculo de Número de Luminarias Tornos Convencionales

Mediante el cálculo total de lúmenes necesario se procederá a calcular el número de luminarias necesarias mediante la siguiente formula.

**Formula 12** Cálculo de Número de Luminarias

$$N = \frac{\phi T}{n * \phi L}$$

**Fuente:** Método de Lúmenes.

**Donde:**

N= Es el número de luminarias

$\phi T$ = Es el flujo luminoso total

$\phi L$ = Es el flujo luminoso de una lámpara

N= Es el número de lámparas por luminaria

#### 1.5.5.1.2 Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho

**Formula 13** Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho

$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N \text{ total}}{\text{largo}} * \text{ancho}}$$

**Fuente:** Método De Lúmenes.

**Donde:**

N ancho= Cantidad de luminarias a lo ancho del local

N total= Cantidad total de luminarias

Largo= Dimensión de local a lo largo

Ancho= Dimensión del local a lo ancho

*1.5.5.1.1 Emplazamiento de Luminaria a lo Largo*

**Formula 14** Emplazamiento de Luminarias a lo Largo

$$N \text{ largo} = N \text{ ancho} * \frac{\text{largo}}{\text{ancho}}$$

**Fuente:** Método De Lúmenes.

**Donde:**

N ancho= Cantidad de luminarias a lo ancho del local

N largo= Cantidad de luminarias a lo largo del local

Largo= Dimensión de local a lo largo

Ancho= Dimensión del local a lo ancho

*1.5.5.1.2 Distancia Máxima Entre Luminarias*

Luego de calcular las distancias entre luminarias se procederá a comprobar si cumple con la separación máxima entre luminarias y que no afecte en la uniformidad de local mediante la siguiente figura:

**Tabla 6**  
*Distancia Máxima Entre Luminarias*

<b>Tipo de Luminaria</b>	<b>Altura del Local</b>	<b>Distancia Máxima entre Luminarias</b>
<b>Intensiva</b>	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
<b>Extensiva</b>	6 -10 m	$e \leq 1.5 h$
<b>Semiextensiva</b>	4 – 6 m	
<b>Extensiva</b>	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$

Distancia pared – luminaria:  $e/2$

**Fuente:** CITCEA (2012) (p. 03).

**Nota:** Se la determina mediante la altura donde se encuentran suspendidas las luminarias y esta debe ser  $\leq$  a la constante de la distancia entre luminarias .

Para el cálculo de la distancia se aplica la siguiente formula:

**Formula 14** Distancia Máxima entre Luminarias

$$e \leq 1.5 * h$$

**Fuente:** Método de Lúmenes.

### 1.5.5.1.3 Comprobación de Resultados

Al final de los cálculos se procederá a realizar una comprobación con los datos obtenidos mediante la siguiente formula

**Formula 15** Comprobación de Resultados

$$E_m = \frac{n * \phi L * \eta * f_m}{S} > \text{requerido}$$

**Fuente:** Método de Lúmenes.

**Donde:**

$E_m$ = Iluminancia media

$n$ = Número total de luminarias

$\phi L$ = Flujo luminoso de una lámpara

$\eta$ = Factor De Utilización

$f_m$ = Factor de mantenimiento

S= Área del local

### 1.6 Población y Muestra

Identificar y determinar claramente la población que se va a investigar, a la cual se ha tomado a todos los trabajadores (toda la población) que laboran turnos convencionales y turnos CNC, por ser los que más conocimiento tienen sobre el proceso.

**Tabla 7**

*Universo Población*

---

SERVISILVA CIA LTDA.

---

Áreas	Tornos Convencionales	Tornos CNC	Total
Supervisores de Machine Shop	2	1	3
Operador de Torno	7	2	9
Control de Calidad	2	1	3
Total	11	4	15

---

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Es la población con la que se trabajó durante la presente investigación.

Considerando que la población es pequeña no amerita el muestreo.

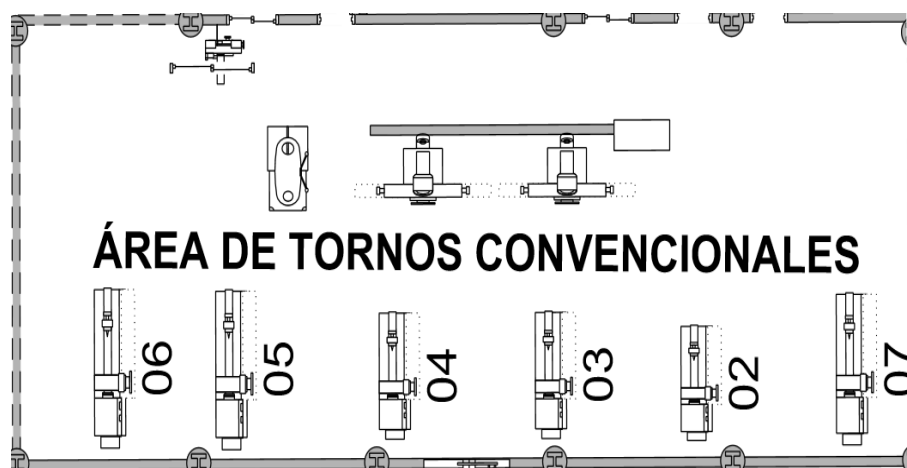
## Capítulo III

### 1. Resultados de la Investigación de la Medición de Luxes

#### 1.1 Área de Tornos Convencionales

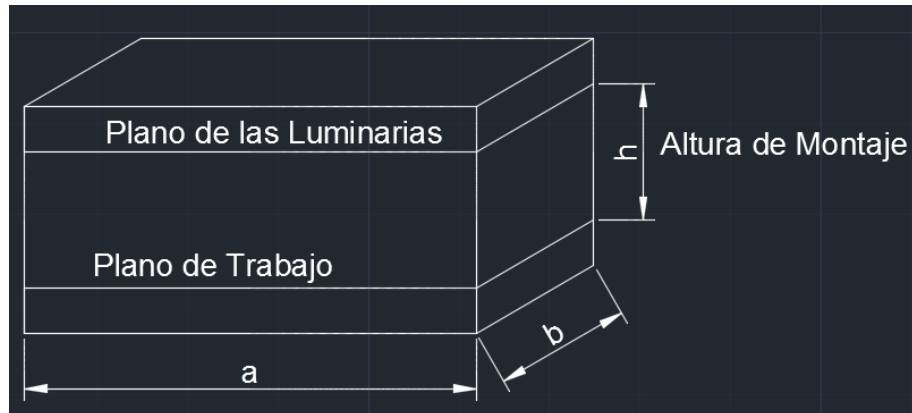
El área de tornos convencionales tiene una área de 330 m<sup>2</sup> en la cual constituye de 6 tornos convencionales los cuales realizan trabajos de roscado de tubería de perforación petrolera cada uno tiene sus características de acuerdo con el tamaño del husillo de la maquina corresponde al tamaño de la tubería que puede roscar estas varías entre 2” hasta 9” de diámetro exterior.

Para la calibración de la rosca de la tubería se necesita verificar con instrumentos de precisión y certificados por entes externos para lo cual necesita tener un área bien iluminada para lo cual se realizara el siguiente medición según los procedimientos necesarios para conocer los niveles de iluminación que mantiene.



**Figura 12** Área de Tornos Convencionales.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.1.1 Iluminación General



**Figura 13** Plano de Iluminación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**a.- Plano de trabajo:** Es la altura donde se realiza la actividad

**b.- Plano de las Luminarias:** Es donde se encuentran suspendidas las luminarias.

**c.- Altura de montaje:** Es la distancia entre el plano de las luminarias y el plano de trabajo.

#### 1.1.1.1 Procedimiento para Realizar la Medición General

##### 1.1.1.1.1 Constante del Local

Para realizar el cálculo de los puntos de medición se toma la siguiente formula:

$$\text{Constante del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

**Donde:**

a= Longitud del salón

b= Ancho del salón

h= altura tomada de la luminaria hasta el punto de trabajo

**Datos:**

a= 24.5

b= 13.5

h= 2.25

$$\text{Constante del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

$$\text{Constante del Local} = \frac{24.5 \times 13.5}{2.25 (24.5 + 13.5)}$$

$$\text{Constante del Local} = \frac{330.75}{85.5}$$

$$\text{Constante del Local} = 3.86$$

#### 1.1.1.1.2 Número Mínimo de Puntos De Medición

Definida la constante de local X se define el número mínimo de puntos de medición mediante la siguiente fórmula:

$$\text{NMPM} = (X + 2)^2$$

De donde X es el valor de la constante del local redondeado al inmediato superior, excepto para los valores mayores o iguales a 3 el valor de X sería 4.

$$\text{NMPM} = (X + 2)^2$$

$$\text{NMPM} = (4 + 2)^2$$

$$\text{NMPM} = (6)^2$$

$$\text{NMPM} = 36$$



**Tabla 8**  
*NMPM Tornos Convencionales*

<b>NMPM Tornos Convencionales</b>						
	1	2	3	4	5	6
	7	8	9	10	11	12
<b>Ubicación los</b>						
<b>puntos para la</b>	13	14	15	16	17	18
<b>medición de luxes</b>	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** NMPM: número mínimo de puntos de medición según los cálculos realizados por el método de la cuadrilla.

#### **1.1.1.2 Medición de Iluminancia Realizada en la Mañana**

**Tabla 9**  
*Mediciones Realizadas en la Mañana*

<b>Medición Realizada en la Mañana</b>						
	400 lux.	269 lux.	221 lux.	297 lux.	429 lux.	1839 lux.
<b>Datos obtenidos de</b>	250 lux.	532 lux.	356 lux.	333 lux.	578 lux.	2114 lux.
<b>la medición</b>	936 lux.	416 lux.	340 lux.	373 lux.	785 lux.	1905 lux.
<b>realizada con el</b>	1019 lux.	460 lux.	250 lux.	403 lux.	597 lux.	2190 lux.
<b>luxómetro</b>	1100 lux.	473 lux.	393 lux.	480 lux.	679 lux.	2010 lux.
	833 lux.	381 lux.	168 lux.	201 lux.	548 lux.	1011 lux.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son los datos tomados de la medición realizada con el luxómetro en horario de la mañana.

### 1.1.1.2.1 Cálculo de la Iluminancia Media en la Mañana

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición

$$E \text{ media} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux.)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

$$E \text{ media} = \frac{400 \text{ lux.} + 269 \text{ lux.} + 221 \text{ lux.} + 297 \text{ lux.} + 429 \text{ lux.} + 1839 \text{ lux.} + 250 \text{ lux.} + 532 \text{ lux.} + 356 \text{ lux.} + 333 \text{ lux.} + 578 \text{ lux.} + 2114 \text{ lux.} + 936 \text{ lux.} + 416 \text{ lux.} + 340 \text{ lux.} + 373 \text{ lux.} + 785 \text{ lux.} + 1905 \text{ lux.} + 1019 \text{ lux.} + 460 \text{ lux.} + 250 \text{ lux.} + 403 \text{ lux.} + 597 \text{ lux.} + 2190 \text{ lux.} + 1100 \text{ lux.} + 473 \text{ lux.} + 393 \text{ lux.} + 480 \text{ lux.} + 679 \text{ lux.} + 2010 \text{ lux.} + 833 \text{ lux.} + 381 \text{ lux.} + 168 \text{ lux.} + 201 \text{ lux.} + 548 \text{ lux.} + 1011 \text{ lux.}}{36}$$

$$E \text{ media} = 710.25$$

### 1.1.1.2.2 Uniformidad de la Iluminación en la Mañana

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones.

$$E \text{ minima} \geq \frac{E \text{ Media}}{2}$$

$$168 \geq \frac{710}{2}$$

$$168 \geq 355$$

En el área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. cuenta con una área de trabajo de 24.5 mts. de largo, 13.5 mts. ancho y una altura del plano y luminarias de 2.25 mts. en el cual el índice del local especifica en 3,84 aproximando nos da a 4 en el cual el número mínimo de puntos de medición es 36.

Tomando los datos de las mediciones y los cálculos correspondientes hay un promedio de 700.25 lux. lo cual cumple con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 que especifican

un mínimo de 500 lux. y la uniformidad de la iluminación específica que la iluminación mínima debe ser mayor que la mitad del promedio lo cual da  $168 \geq 355$  lux, esto significa que la iluminación no es uniforme en el área de tornos convencionales.

Por lo que la iluminación no es uniforme en el área de trabajo y estaría afectando en la realización del trabajo y en la capacidad visual de los trabajadores del área de tornos convencionales de la empresa *SERVISILVA CIA LTDA.*

### 1.1.1.3 *Medición de Iluminación Realizada en la Tarde*

**Tabla 10**

*Mediciones Realizadas en la Tarde*

	<b>Mediciones Realizadas en la Tarde.</b>					
	534 lux.	355 lux.	418 lux.	472 lux.	648 lux.	813 lux.
<b>Datos obtenidos</b>	539 lux.	539 lux.	556 lux.	562 lux.	721 lux.	868 lux.
<b>de la medición</b>	510 lux.	505 lux.	575 lux.	575 lux.	525 lux.	834 lux.
<b>realizada con el</b>	399 lux.	472 lux.	564 lux.	527 lux.	684 lux.	590 lux.
<b>luxómetro</b>	357 lux.	395 lux.	637 lux.	497 lux.	279 lux.	582 lux.
	245 lux.	337 lux.	474 lux.	403 lux.	192 lux.	450 lux.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son los datos tomados de la medición realizada con el luxómetro en horario de la tarde.

#### 1.1.1.3.1 *Cálculo de la Iluminancia Media en la Tarde*

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

$$E_{\text{media}} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux.)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

$$\begin{aligned}
 & 534 \text{ lux.} + 355 \text{ lux.} + 418 \text{ lux.} + 472 \text{ lux.} + 648 \text{ lux.} \\
 & + 813 \text{ lux.} + 539 \text{ lux.} + 359 \text{ lux.} + 556 \text{ lux.} + 562 \text{ lux.} + \\
 & + 721 \text{ lux.} + 868 \text{ lux.} + 510 \text{ lux.} + 505 \text{ lux.} + 575 \text{ lux.} \\
 & + 575 \text{ lux.} + 525 \text{ lux.} + 834 \text{ lux.} + 399 \text{ lux.} + 472 \text{ lux.} \\
 & 564 \text{ lux.} + 527 \text{ lux.} + 684 \text{ lux.} + 590 \text{ lux.} + 357 \text{ lux.} \\
 & + 395 \text{ lux.} + 637 \text{ lux.} + 497 \text{ lux.} + 279 \text{ lux.} + 582 \text{ lux.} \\
 & 245 \text{ lux.} + 337 \text{ lux.} + 474 \text{ lux.} + 403 \text{ lux.} + 192 \text{ lux.} \\
 & \qquad \qquad \qquad + 450 \text{ lux.} \\
 E \text{ media} = & \frac{\hspace{15em}}{36}
 \end{aligned}$$

$$E \text{ media} = 518 \text{ lux.}$$

### 1.1.1.3.2 Uniformidad de la Iluminación en la Tarde

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones

$$E \text{ minima} \geq \frac{E \text{ Media}}{2}$$

$$192 \geq \frac{518}{2}$$

$$192 \geq 259$$

En el área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. cuenta con una área de trabajo de 24.5 mts. de largo, 13.5 mts. ancho y una altura del plano y luminarias de 2.25 mts. en el cual el índice del local especifica en 3,84 aproximando nos da 4 en el cual el número mínimo de puntos de medición es 36

Tomando datos de las mediciones y los cálculos correspondientes establece un promedio de 518 lux. la cual cumple con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 especifican un mínimo de 500 lux. y la uniformidad de la iluminación especifica que la iluminación mínima debe ser mayor que la mitad del promedio lo cual da  $192 \geq 355 \text{ lux}$ , lo cual significa que la iluminación no es uniforme en el áreas de tornos convencionales.

Por lo que la iluminación no es uniforme en el área de trabajo por lo que estaría afectando en la realización del trabajo y en la capacidad visual de los trabajadores del área de turnos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

#### 1.1.1.4 Medición de Iluminación Realizada en la Noche

**Tabla 11**

*Mediciones Realizadas en la Noche*

<b>Mediciones Realizadas en la Noche</b>						
	498 lux.	360 lux.	647 lux.	730 lux.	608 lux.	75 lux.
<b>Datos obtenidos de</b>	495 lux.	374 lux.	757 lux.	698 lux.	615 lux.	75 lux.
<b>la medición</b>	352 lux.	377 lux.	613 lux.	515 lux.	489 lux.	116 lux.
<b>realizada con el</b>	209 lux.	357 lux.	501 lux.	433 lux.	222 lux.	231 lux.
<b>luxómetro</b>	86 lux.	263 lux.	500 lux.	372 lux.	155 lux.	222 lux.
	910 lux.	186 lux.	110 lux.	22 lux.	350 lux.	60 lux.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son los datos tomados de la medición realizada con el luxómetro en horario de la noche.

##### 1.1.1.4.1 Cálculo de la Iluminancia Media en la Noche

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

$$E \text{ media} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux.)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

$$E \text{ media} = \frac{498 \text{ lux.} + 360 \text{ lux.} + 647 \text{ lux.} + 730 \text{ lux.} + 608 \text{ lux.} + 75 \text{ lux.} + 495 \text{ lux.} + 374 \text{ lux.} + 757 \text{ lux.} + 698 \text{ lux.} + 615 \text{ lux.} + 75 \text{ lux.} + 352 \text{ lux.} + 377 \text{ lux.} + 613 \text{ lux.} + 515 \text{ lux.} + 489 \text{ lux.} + 116 \text{ lux.} + 209 \text{ lux.} + 357 \text{ lux.} + 501 \text{ lux.} + 33 \text{ lux.} + 222 \text{ lux.} + 231 \text{ lux.} + 86 \text{ lux.} + 263 \text{ lux.} + 500 \text{ lux.} + 372 \text{ lux.} + 155 \text{ lux.} + 222 \text{ lux.} + 910 \text{ lux.} + 186 \text{ lux.} + 110 \text{ lux.} + 22 \text{ lux.} + 350 \text{ lux.} + 60 \text{ lux.}}{36}$$

E media= 377 lux.

#### 1.1.1.4.2 Uniformidad de la Iluminación en la Noche

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones.

$$E_{\text{mínima}} \geq \frac{E_{\text{Media}}}{2}$$

$$22 \geq \frac{377}{2}$$

$$22 \geq 188.5$$

En el área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. Cuenta con una área de trabajo de 24.5 mts. de largo, 13.5 mts. ancho y una altura del plano y luminarias de 2.25 mts. en el cual el índice del local especifica en 3,84 aproximando nos da 4 en el cual el número mínimo de puntos de medición es 36.

Tomando datos de las mediciones y los cálculos correspondientes nos da un promedio de 377 lux. la cual no cumple con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 especifican un mínimo de 500 lux. y la uniformidad de la iluminación especifica que la iluminación mínima debe ser mayor que la mitad del promedio lo cual da  $122 \geq 188.5$  lux; lo cual significa que la iluminación no es uniforme en el áreas de tornos convencionales.

Por lo que el nivel de iluminación no es suficiente para cumplir con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 y la iluminación no es uniforme en el área de trabajo por lo que estaría afectando en la realización del trabajo y en la capacidad visual de los trabajadores del área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

## 1.1.2 Iluminación Punto por Punto

### 1.1.2.1 Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 01

**Tabla 12**

*Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 01*

<b>Torno Convencional N° 01</b>						
<b>Medición</b>	<b>Día</b>		<b>Tarde</b>		<b>Noche</b>	
<b>Hora</b>	8:45	8:50	14:15	14:20	20:30	20:35
	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>
<b>Mínimo</b>	3794	1054	4740	3441	285.6	434.7
<b>Máximo</b>	3868	1419	5334	3450	290.1	435.4
<b>Promedio</b>	3831	1236.5	5037	3445.5	287.85	435.05
<b>Uniformidad</b>	0.99	0.85	0.94	0.99	0.99	0.99

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno N° 01 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 3831 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 1236.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 5037 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se

obtuvo una medición promedio de 3445.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 287.5 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 435.05 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En la jornada nocturna se verifico que no se cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

### 1.1.2.2 Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 02

**Tabla 13**

*Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 02*

<b>Torno Convencional N° 02</b>						
<b>Medición</b>	<b>Día</b>		<b>Tarde</b>		<b>Noche</b>	
<b>Hora</b>	8:55	9:00	14:25	14:30	20:40	20:45
	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>
<b>Mínimo</b>	920	537.4	1976	602.3	377.5	465.3
<b>Máximo</b>	1261	596	2021	628.4	378.5	466.88
<b>Promedio</b>	1090.5	566.7	1998.5	615.35	378	466.09
<b>Uniformidad</b>	0.84	0.94	0.988	0.97	0.99	0.99

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

- a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.
- b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno N° 02 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.



En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 1090.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 566.7 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 1998.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 615.35 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 378 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 466.09 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En la jornada nocturna se verifico que no cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

### 1.1.2.3 Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 03

**Tabla 14**

Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 03

Torno Convencional N° 03						
Medición	Día		Tarde		Noche	
	P. corte	Dial	P. corte	Dial	P. corte	Dial
Hora	9:30	9:35	14:35	14:40	20:50	20:55
Mínimo	743.7	310	902.8	563.8	361.2	435.4
Máximo	758.7	322.9	975.7	610	378.5	443.3
Promedio	751.2	316.45	939.25	586.9	369.85	439.35
Uniformidad	0.99	0.97	0.96	0.96	0.97	0.99

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno N° 03 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 751.2 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 316.45 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 939.25 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 586.9 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 369.85 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 439.35 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En la jornada nocturna y en el día se verifico que no cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

#### 1.1.2.4 Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 04

**Tabla 15**

*Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 04*

<b>Torno Convección N° 04</b>						
<b>Medición</b>	<b>Día</b>		<b>Tarde</b>		<b>Noche</b>	
<b>Hora</b>	9:40	9:45	14:45	14:50	21:00	21:05
	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>
<b>Mínimo</b>	490	331	672.8	699.6	588.2	622.1
<b>Máximo</b>	562.9	326	692.2	715	611.2	644.2
<b>Promedio</b>	526.45	328.5	682.5	707.3	599.7	633.15
<b>Uniformidad</b>	0.93	1.00	0.98	0.98	0.98	0.98

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno N° 04 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 526.45 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se

obtuvo una medición promedio de 328.5 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 682.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 707.3 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 599.7 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 633.15 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En la jornada diurna se verifico que en el dial del carro transversal del torno en el día no cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

### 1.1.2.5 Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 05

**Tabla 16**

Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 05

Torno Convección N° 05						
Medición	Día		Tarde		Noche	
<b>Hora</b>	9:50	9:55	14:55	15:00	21:10	21:15
	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>
<b>Mínimo</b>	574.6	502	512.8	511	467	564.9
<b>Máximo</b>	593.9	502.6	660	520	486.2	570.1
<b>Promedio</b>	584.25	502.3	586.4	515.5	476.6	567.5
<b>Uniformidad</b>	0.98	0.99	0.87	0.99	0.97	0.99

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno N° 05 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 584.25 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 502.3 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 586.4 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 515.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 476.6 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 567.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En la jornada nocturna se verifico que en el punto de corte de la herramienta no cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

### 1.1.2.6 Medición de Iluminación de Torno Convencional N° 06

**Tabla 17**

*Resultados de Medición Realizada a Torno Convencional N° 06*

<b>Torno Convección N° 06</b>						
<b>Medición</b>	<b>Día</b>		<b>Tarde</b>		<b>Noche</b>	
<b>Hora</b>	10:00	10:05	15:05	15:10	21:20	21:25
	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>	<b>P. corte</b>	<b>Dial</b>
<b>Mínimo</b>	446	540	548.2	381.4	391.9	226.7
<b>Máximo</b>	510	569	556.4	386.1	393.3	227.4
<b>Promedio</b>	478	554.5	552.3	383.75	392.6	227.05
<b>Uniformidad</b>	0.93	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno N° 06 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 478 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 554.5 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 552.3 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 383.75 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

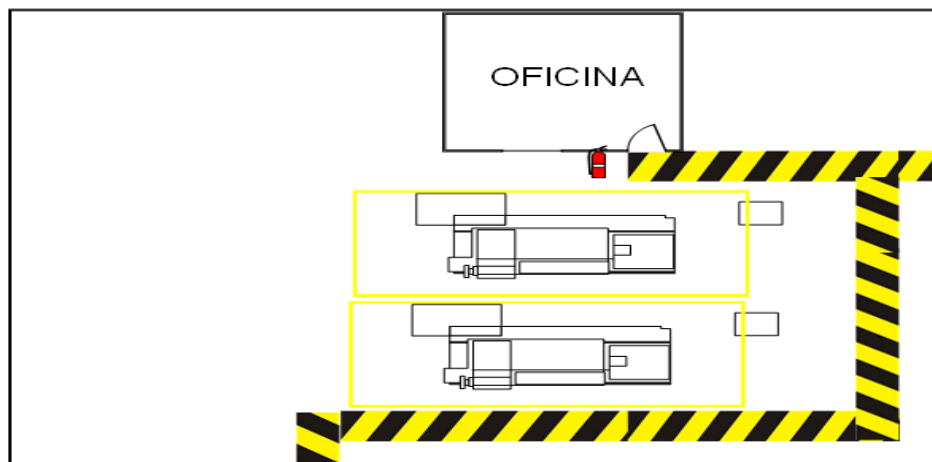
En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 392.6 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 227.05 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En diferentes puntos no cumplen con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

## **1.2 Área de Torno CNC**

El área de tornos CNC tiene una área de 428 m<sup>2</sup> en la cual constituye de 2 tornos CNC automáticos computarizados los cuales realizan trabajos de roscado de tubería de perforación petrolera cada uno tiene sus características de acuerdo con el tamaño del husillo de la maquina corresponde al tamaño de la tubería que puede roscar estas varias entre 2” hasta 7” de diámetro exterior.

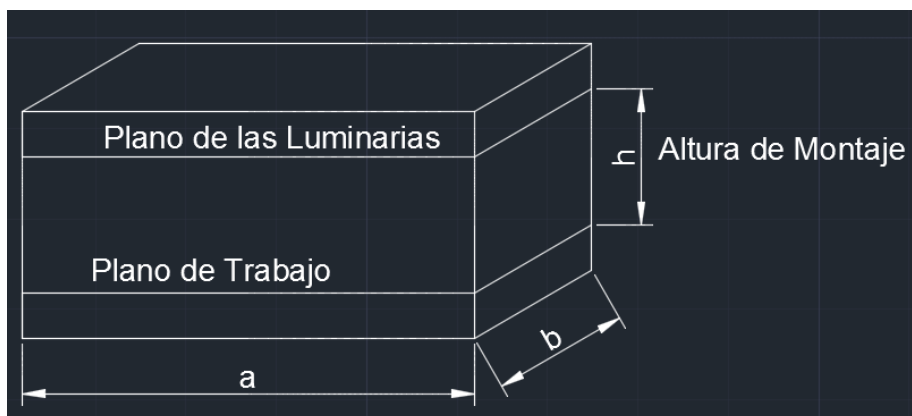
Para la calibración de la rosca de la tubería se necesita verificar con instrumentos de precisión y certificados por entes externos para lo cual necesita tener un área bien iluminada para lo cual se realizara el siguiente medición según los procedimientos necesarios para conocer los niveles de iluminación que mantiene.



**Figura 14** Área de Torno CNC.

**Fuente:** Elaboración Propia SERVISILVA CIA LTDA.

## 1.2.1 Iluminación General



**Figura 15** Plano de Iluminación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

- a) **Plano de trabajo:** Es la altura donde se realiza la actividad
- b) **Plano de las Luminarias:** Es donde se encuentran suspendidas las luminarias.
- c) **Altura de montaje:** Es la distancia entre el plano de las luminarias y el plano de trabajo.

### 1.2.1.1 Procedimiento para Realizar la Medición General

#### 1.2.1.1.1 Constante del Local

Para realizar el cálculo de los puntos de medición de toma la siguiente formula:

$$\text{Constante del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$



Donde

a= Longitud del salón

b= Ancho del salón

h= altura tomada de la luminaria hasta el punto de trabajo

**Datos:**

a= 24.5

b= 17.5

h= 2.25

$$\text{Constante del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

$$\text{Constante del Local} = \frac{24.5 \times 17.5}{2.25 (24.5 + 17.5)}$$

$$\text{Constante del Local} = \frac{428.75}{94.5}$$

$$\text{Constante del Local} = 4.53$$

#### 1.2.1.1.2 Número Mínimo de Puntos de Medición

Definida la constante de local X se define el número mínimo de puntos de medición mediante la siguiente formula:

$$\text{NMPM} = (X + 2)^2$$

De donde X es el valor de la constante del local redondeado al inmediato superior, excepto para los valores mayores o iguales a 3 el valor de X seria 4.

$$\text{NMPM} = (X + 2)^2$$

$$\text{NMPM} = (4 + 2)^2$$

$$\text{NMPM} = (6)^2$$

NMPM=36

**Tabla 18**  
*NMPM Área de Tornos CNC*

<b>NMPM Tornos CNC</b>						
	1	2	3	4	5	6
<b>Ubicación los</b>	7	8	9	10	11	12
<b>puntos para la</b>	13	14	15	16	17	18
<b>medición de</b>	19	20	21	22	23	24
<b>luxes</b>	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** NMPM: número mínimo de puntos de medición según los cálculos realizados por el método de la cuadrilla.

### 1.2.1.2 Medición Realizada en la Mañana

**Tabla 19**  
*Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Mañana*

<b>Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Mañana</b>						
	1270 lux.	569 lux.	910 lux.	1454 lux.	2076 lux.	2291 lux.
<b>Datos obtenidos</b>	1375 lux.	740 lux.	212 lux.	389 lux.	515 lux.	974 lux.
<b>de la medición</b>	3100 lux.	663 lux.	513 lux.	262 lux.	238 lux.	1050 lux.
<b>realizada con el</b>	3242 lux.	850 lux.	626 lux.	215 lux.	256 lux.	310 lux.
<b>luxómetro</b>	1829 lux.	870 lux.	87 lux.	131 lux.	853 lux.	844 lux.
	1540 lux.	320 lux.	190 lux.	67 lux.	320 lux.	574 lux.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son los datos tomados de la medición realizada con el luxómetro en horario de la mañana.

#### 1.2.1.2.1 Cálculo de la Iluminancia Media en la Mañana

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

**Cálculo:**

$$E \text{ media} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux.)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

$$E \text{ media} = \frac{1270 \text{ lux.} + 569 \text{ lux.} + 910 \text{ lux.} + 1454 \text{ lux.} + 2076 \text{ lux.} + 2291 \text{ lux.} + 1375 \text{ lux.} + 740 \text{ lux.} + 212 \text{ lux.} + 389 \text{ lux.} + 515 \text{ lux.} + 974 \text{ lux.} + 3100 \text{ lux.} + 663 \text{ lux.} + 513 \text{ lux.} + 262 \text{ lux.} + 238 \text{ lux.} + 1050 \text{ lux.} + 3242 \text{ lux.} + 850 \text{ lux.} + 626 \text{ lux.} + 215 \text{ lux.} + 256 \text{ lux.} + 310 \text{ lux.} + 1829 \text{ lux.} + 870 \text{ lux.} + 87 \text{ lux.} + 131 \text{ lux.} + 853 \text{ lux.} + 844 \text{ lux.} + 1540 \text{ lux.} + 320 \text{ lux.} + 190 \text{ lux.} + 67 \text{ lux.} + 320 \text{ lux.}}{36}$$

$$E \text{ media} = 881$$

*1.2.1.2.2 Uniformidad de la Iluminación en la Mañana*

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones.

$$E \text{ minima} \geq \frac{E \text{ Media}}{2}$$

$$67 \geq \frac{881}{2}$$

$$67 \geq 440.5.$$

En el área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. cuenta con una área de trabajo de 24.5 mts. de largo, 17.5 mts. ancho y una altura del plano y luminarias de 2.25 mts. en el cual el índice del local especifica en 5,53 siendo 4 como máximo y dándonos 36 puntos de medición en el área de tornos CNC.

Tomando datos de las mediciones y los cálculos correspondientes hay un promedio de 881 lux. la cual cumple con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 especifican un mínimo de 500 lux. y la uniformidad de la iluminación especifica que la iluminación mínima debe ser mayor

que la mitad del promedio lo cual da  $67 \geq 440.5$  lux; lo cual significa que la iluminación no es uniforme en el áreas de tornos CNC.

Por lo que la iluminación no es uniforme en el área de trabajo y que estaría afectando en la realización del trabajo y en la capacidad visual de los trabajadores del área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

### 1.2.1.3 Medición de Iluminación Realizada en la Tarde

**Tabla 20**

*Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Tarde*

<b>Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Tarde</b>						
	212 lux.	454 lux.	704 lux.	1330 lux.	830 lux.	689 lux.
<b>Datos obtenidos</b>	247 lux.	703 lux.	340 lux.	1324 lux.	230 lux.	260 lux.
<b>de la medición</b>	396 lux.	244 lux.	599 lux.	506 lux.	90 lux.	182 lux.
<b>realizada con el</b>	920 lux.	394 lux.	260 lux.	165 lux.	250 lux.	209 lux.
<b>luxómetro</b>	1365 lux.	630 lux.	280 lux.	105 lux.	565 lux.	358 lux.
	1094 lux.	181 lux.	114 lux.	57 lux.	675 lux.	311 lux.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son los datos tomados de la medición realizada con el luxómetro en horario de la mañana.

#### 1.2.1.3.1 Cálculo de la Iluminancia Media en la Tarde

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

**Cálculo:**

$$E \text{ media} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux.)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

$$\begin{aligned}
 & 212 \text{ lux.} + 454 \text{ lux.} + 704 \text{ lux.} + 1330 \text{ lux.} + 830 \text{ lux.} \\
 & + 689 \text{ lux.} + 247 \text{ lux.} + 703 \text{ lux.} + 340 \text{ lux.} + 1324 \text{ lux.} \\
 & + 230 \text{ lux.} + 260 \text{ lux.} + 396 \text{ lux.} + 244 \text{ lux.} + 599 \text{ lux.} \\
 & + 506 \text{ lux.} + 90 \text{ lux.} + 182 \text{ lux.} + 920 \text{ lux.} + 394 \text{ lux.} \\
 & + 260 \text{ lux.} + 165 \text{ lux.} + 250 \text{ lux.} + 209 \text{ lux.} + 1365 \text{ lux.} \\
 & + 630 \text{ lux.} + 280 \text{ lux.} + 105 \text{ lux.} + 565 \text{ lux.} + 358 \text{ lux.} \\
 & + 1094 \text{ lux.} + 181 \text{ lux.} + 114 \text{ lux.} + 57 \text{ lux.} + 675 \text{ lux.} \\
 & + 311 \text{ lux.} \\
 E \text{ media} = & \frac{\quad}{36}
 \end{aligned}$$

$$E \text{ media} = 480 \text{ lux.}$$

#### 1.2.1.3.2 Uniformidad de la Iluminación en la Tarde

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones.

$$E \text{ minima} \geq \frac{E \text{ Media}}{2}$$

$$57 \geq \frac{480}{2}$$

$$57 \geq 240$$

En el área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. cuenta con una área de trabajo de 24.5 mts. de largo, 17.5 mts. ancho y una altura del plano y luminarias de 2.25 mts. en el cual el índice del local especifica en 5,53 siendo 4 como máximo y dándonos 36 puntos de medición en el área de tornos CNC.

Tomando datos de las mediciones y los cálculos correspondientes establece un promedio de 480 lux. la cual no cumple con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 especifican un mínimo de 500 lux. y la uniformidad de la iluminación especifica que la iluminación mínima debe ser mayor que la mitad del promedio lo cual da  $57 \geq 240$  lux, lo cual significa que la iluminación no es uniforme en el áreas de tornos CNC.

Por lo que el nivel de iluminación no es suficiente para cumplir con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 y la iluminación no es uniforme en el área de trabajo por lo que estaría afectando en la realización del trabajo y en la capacidad visual de los trabajadores del área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

#### 1.2.1.4 Medición de Iluminación Realizada en la Noche

**Tabla 21**

*Mediciones Realizada en Tornos CNC en la Noche*

<b>Mediciones Realizadas en Tornos CNC en la Noche.</b>						
	24 lux.	410 lux.	610 lux.	520 lux.	27 lux.	3 lux.
<b>Datos obtenidos</b>	36 lux.	690 lux.	280 lux.	493 lux.	29 lux.	5 lux.
<b>de la medición</b>	65 lux.	159 lux.	399 lux.	126 lux.	29 lux.	8 lux.
<b>realizada con el</b>	479 lux.	390 lux.	554 lux.	95 lux.	268 lux.	47 lux.
<b>luxómetro</b>	1288 lux.	400 lux.	256 lux.	65 lux.	450 lux.	133 lux.
	910 lux.	186 lux.	110 lux.	22 lux.	350 lux.	60 lux.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son los datos tomados de la medición realizada con el luxómetro en horario de la noche.

##### 1.2.1.4.1 Cálculo de la Iluminancia Media en la Noche

Es el promedio de los valores obtenidos en la medición

**Cálculo:**

$$E \text{ media} = \frac{\sum \text{valores medidos (lux.)}}{\text{cantidad de puntos medidos}}$$

$$E \text{ media} = \frac{24 \text{ lux.} + 410 \text{ lux.} + 610 \text{ lux.} + 520 \text{ lux.} + 27 \text{ lux.} + 3 \text{ lux.} + 36 \text{ lux.} + 690 \text{ lux.} + 280 \text{ lux.} + 493 \text{ lux.} + 29 \text{ lux.} + 5 \text{ lux.} + 65 \text{ lux.} + 159 \text{ lux.} + 399 \text{ lux.} + 126 \text{ lux.} + 29 \text{ lux.} + 8 \text{ lux.} + 479 \text{ lux.} + 390 \text{ lux.} + 554 \text{ lux.} + 95 \text{ lux.} + 268 \text{ lux.} + 47 \text{ lux.} + 1288 \text{ lux.} + 400 \text{ lux.} + 256 \text{ lux.} + 65 \text{ lux.} + 450 \text{ lux.} + 133 \text{ lux.} + 910 \text{ lux.} + 186 \text{ lux.} + 110 \text{ lux.} + 22 \text{ lux.} + 350 \text{ lux.} + 60 \text{ lux.}}{36}$$

E media= 277 lux.

#### 1.2.1.4.2 Uniformidad de la Iluminación en la Noche

La uniformidad de la iluminación está definida mediante la iluminancia mínima medida sobre la iluminancia media de las mediciones

$$E_{\text{mínima}} \geq \frac{E_{\text{Media}}}{2}$$

$$3 \geq \frac{277}{2}$$

$$3 \geq 138.5$$

En el área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. cuenta con una área de trabajo de 24.5 mts. de largo, 17.5 mts. ancho y una altura del plano y luminarias de 2.25 mts. en el cual el índice del local especifica en 5,53 siendo 4 como máximo y dándonos 36 puntos de medición en el área de tornos CNC.

Tomando datos de las mediciones y los cálculos correspondientes nos da un promedio de 277 lux. la cual no cumple con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 especifican un mínimo de 500 lux. y la uniformidad de la iluminación especifica que la iluminación mínima debe ser mayor que la mitad del promedio lo cual da  $3 \geq 138.5$  lux; lo cual significa que la iluminación no es uniforme en el áreas de tornos CNC.

Por lo que el nivel de iluminación no es suficiente para cumplir con la normativa 5CT y el decreto ejecutivo 2393 y la iluminación no es uniforme en el área de trabajo por lo que estaría afectando en la realización del trabajo y en la capacidad visual de los trabajadores del área de tornos convencionales de la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

## 1.2.2 Iluminación Punto por Punto

### 1.2.2.1 Medición de Iluminación de Torno CNC ROMI C 830

**Tabla 22**

Resultados de Medición Realizada a Torno CNC ROMI C 830

TORNO CNC ROMI C 830						
Medición	Día		Tarde		Noche	
Hora	10:15	10:20	15:15	15:20	21:30	21:35
	P. corte	Dial	P. corte	Dial	P. corte	Dial
<b>Mínimo</b>	493	439	414.4	422.8	368.7	245.1
<b>Máximo</b>	502	462	415.1	452.1	399.5	275
<b>Promedio</b>	497.5	450.5	414.75	437.45	384.1	260.05
<b>Uniformidad</b>	0.99	0.97	0.99	0.96	0.95	0.94

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno CNC ROMI C 830 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 497.5 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 450.5 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 414.75 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se



obtuvo una medición promedio de 437.45 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 384.1 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 260.05 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En todas las jornadas de trabajo se verifico que no se cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

### 1.2.2.2 Medición de Iluminación de Torno CNC ROMI C 1000

**Tabla 23**

Resultados de Medición Realizada a Torno CNC ROMI C 1000

Torno CNC ROMI C 1000						
Medición	Día		Tarde		Noche	
Hora	10:25	10:30	15:25	15:30	21:40	21:45
	P. corte	Dial	P. corte	Dial	P. corte	Dial
Mínimo	652.6	680	657.4	849.2	648.7	413.7
Máximo	652.7	694	696.8	866.6	654.7	428
Promedio	652.65	687	677.1	857.9	651.7	420.85
Uniformidad	0.99	0.98	0.97	0.98	0.99	0.98

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Mínimo requerido 500 lux; Uniformidad  $\geq 0.8$

a) **P. Corte:** Es donde se realiza contacto entre la cuchilla de corte y la herramienta trabajada.

b) **Dial:** Es donde observa las medidas de avance de corte.

En el área de tornos convencionales, en el torno CNC ROMI C 1000 se realizó una medición de iluminancia por método punto por punto en el cual se realizó el análisis donde más actúa la visión del trabajador es el punto de corte de la herramienta y el dial de carro transversal del torno.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 652.65 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 687 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en el día.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 677.1 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde y en el dial de carro transversal se

obtuvo una medición promedio de 857.9 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la tarde.

En el punto de corte de la herramienta se obtuvo una medición promedio de 651.7 lux. el cual cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche y en el dial de carro transversal se obtuvo una medición promedio de 420.85 lux. el cual no cumple con el mínimo establecido de 500 lux. en la noche.

En la jornada nocturna en el dial del carro transversal se verifico que no cumple con los parámetros mínimos exigidos por la normativa aplicable por lo que puede afectar en la capacidad visual de los trabajadores.

## 2. Análisis e Interpretación de Resultados Encuesta Realizada a los Trabajadores

### 2.1 ¿La Iluminación de su Puesto de Trabajo es?

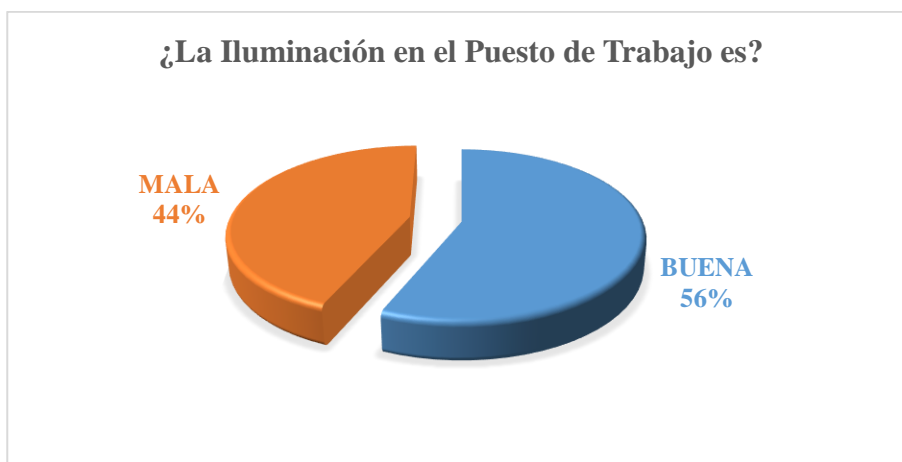
**Tabla 24**

*La Iluminación en su Puesto de Trabajo*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Buena	9	56%
Mala	7	44%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las condiciones de iluminaciones en los puestos de trabajo de los trabajadores encuestados.



**Figura 16** Iluminación en el Puesto de Trabajo.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 56% que corresponde a 9 personas consideran que la iluminación en su puesto de trabajo es buena; mientras que el 44% que corresponde a 7 personas considera que la iluminación en el puesto de trabajo es mala.

Por los que es necesario realizar una propuesta de mejora de la iluminación en las áreas de trabajo tomando en cuenta que más del 50% de los trabajadores certifican que la iluminación es buena.

## 2.2 ¿En qué Área de la Empresa ha Trabajado el Último Año?

**Tabla 25**  
*Área de Trabajo*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Tornos convencionales	12	75%
Tornos CNC	4	25%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde a las áreas donde trabajan las personas encuestadas.



**Figura 17** Área donde ha trabajado el último año.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 75% que corresponde a 12 personas trabajaron el último año en tornos convencionales; mientras que el 25% que corresponde a 4 personas trabajaron el último año en tornos CNC.

Por lo que se conoce el área donde trabajo en caso de verse afectado por las condiciones de iluminación.

### 2.3 ¿Se ha Realizado Estudios de Iluminación Anteriormente?

**Tabla 26**

*Se ha Realizado Estudios de Iluminación*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	9	56%
No	7	44%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Resultado de la encuesta donde manifiesta si se han realizado anteriormente estudios de iluminación.



**Figura 18** Estudios de iluminación anteriores.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 56% que corresponde a 9 personas definen que anteriormente se realizaron estudios de iluminación; mientras que el 44% que corresponde a 7 personas definen que anteriormente no se realizaron estudios de iluminación.

Por lo que no se conoce el nivel de iluminación con la que realizan su trabajo los operadores de tornos convencionales y tornos CNC.

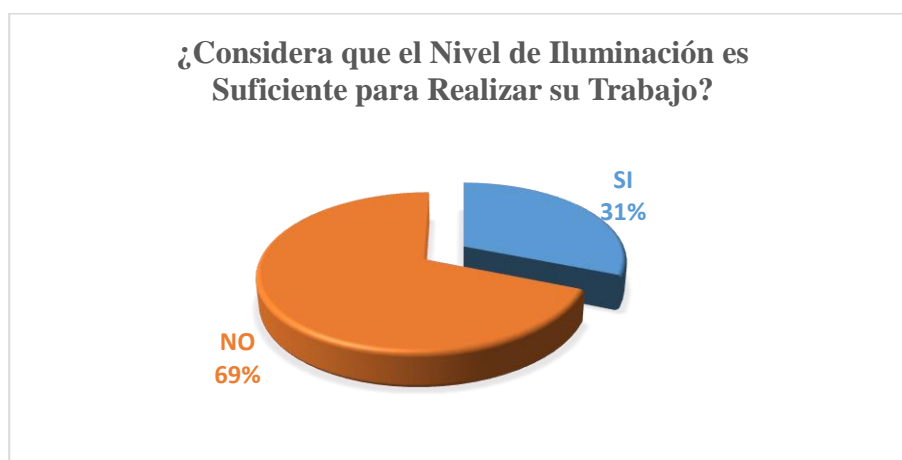
## 2.4 ¿Considera que el Nivel de Iluminación es Suficiente para Realizar su Trabajo?

**Tabla 27**  
*Iluminación Suficiente*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	31%
No	11	69%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Los trabajadores manifiestan si existe buena iluminación en su puesto de trabajo.



**Figura 19** Iluminación Suficiente.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 31% que corresponde a 5 personas considera que el nivel de iluminación es suficiente para realizar su trabajo; mientras que el 69% que corresponde a 11 personas considera que el nivel de iluminación no es suficiente para realizar su trabajo.

Por lo que se conoce las necesidades de los trabajadores que consideran que es necesario mejorar la condiciones de iluminación de las áreas donde laboran.

## 2.5 ¿Si Considera que no es Suficiente cómo definiría el Problema?

**Tabla 28**  
*Magnitud del Problema*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Alto	1	8%
Moderado	7	58%
Bajo	4	34%
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde a que tan grave es la falta de iluminación.



**Figura 20** Magnitud del Problema.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 8% que corresponde a 1 persona considera que la magnitud del problema es alta; mientras que el 58% que corresponde a 7 personas considera que la magnitud del problema es moderado; mientras que el 34 que corresponde a 4 personas considera que la magnitud del problema es baja.



Por lo que se define la gravedad de la falta de iluminación en la ejecución de las labores al momento de necesitar una buena iluminación para calibrar y de ejecutar su trabajo se manera segura y eficiente.

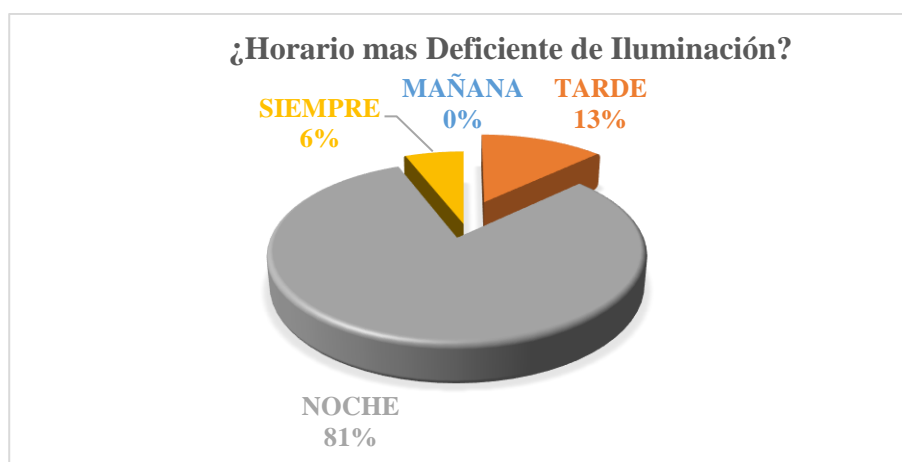
## 2.6 ¿Cuándo es más Deficiente el Nivel de Iluminación?

**Tabla 29**  
*Deficiencia de Iluminación*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Mañana	0	0%
Tarde	2	13%
Noche	13	81%
Siempre	1	6
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Especifican cuando es más deficiente la iluminación.



**Figura 21** Horario más Deficiente de Iluminación.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 13% que corresponde a 2 personas definen que la iluminación es más deficiente en la tarde; mientras que el 81% que corresponde a 13 personas

definen que la iluminación es más deficiente en la noche; mientras que el 6 que corresponde a 1 persona define que la iluminación es más deficiente en toda la jornada de trabajo.

Por lo que los trabajadores aseguran que el déficit de iluminación es más grave en horario nocturno.

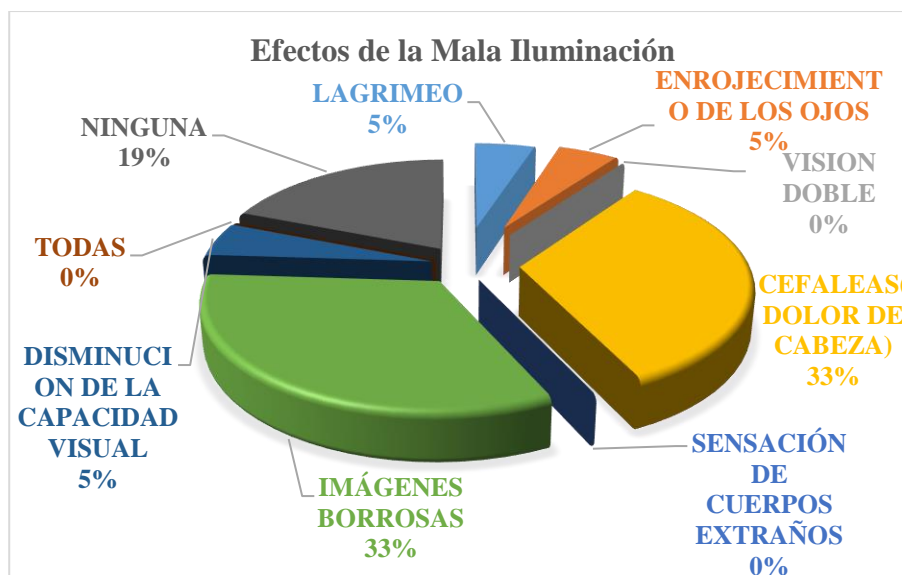
### 2.7 ¿Ha Tenido Alguno de estos los Síntomas por Efecto de la Iluminación?

**Tabla 30**  
*Efectos por la Mala Iluminación*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Lagrimo	1	5%
Enrojecimiento de los ojos	1	5%
Visión doble	0	0%
Cefaleas (dolor de cabeza)	7	33
Sensación de cuerpos extraños	0	0%
Imágenes borrosas	7	33%
Disminución de la capacidad visual	1	5%
Todas	0	0%
Ninguna	4	19%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Describen los síntomas causados por la mala iluminación.



**Figura 22** Efectos por la Mala Iluminación.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 5% que corresponde a 1 persona ha tenido síntomas de lagrimeo; mientras que el 5% que corresponde a 1 persona ha tenido síntomas de enrojecimiento en los ojos; mientras que el 0% que corresponde a 0 personas ha tenido síntomas de doble visión; mientras que el 33% que corresponde a 7 personas ha tenido síntomas de cefaleas(dolor de cabeza; mientras que el 0% que corresponde a 0 personas ha tenido síntomas sensación de cuerpos extraños; mientras que el 33% que corresponde a 7 personas ha tenido síntomas de imágenes borrosas; mientras que el 5% que corresponde a 1 persona ha tenido síntomas de disminución de la capacidad visual; mientras que el 19% que corresponde a 4 personas no ha tenido ninguna síntoma.

Por lo que se conoce los efectos de la exposición a los bajos niveles de iluminación en los puestos de trabajo de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC.

### 3. Análisis e Interpretación de Resultados de los Exámenes de Agudeza Visual

#### 3.1 Agudeza Visual Binocular y Monocular sin Corrección

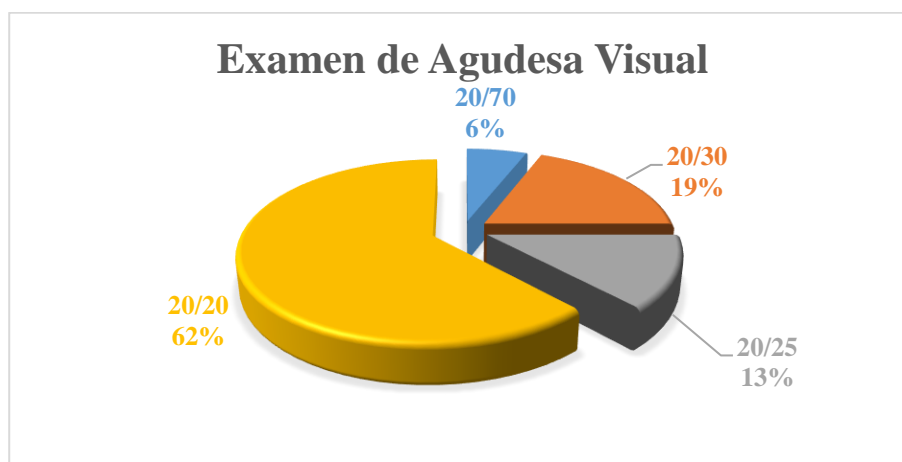
**Tabla 31**

*Examen de Agudeza Visual*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
20/70	1	6%
20/30	3	19%
20/25	2	13%
20/20	10	62%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde a la tabulación de los exámenes visuales realizados.



**Figura 23** Examen de agudeza Visual.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 6% que corresponde a 1 persona tiene una agudeza visual según la escala de Snellen de 20/70; mientras que el 19% que corresponde a 3 personas tiene una agudeza visual según la escala de Snellen de 20/30; mientras que el 13% que corresponde a 2 personas tiene una agudeza visual según la escala de Snellen de 20/25; mientras

que el 62% que corresponde a 10 personas tiene una agudeza visual según la escala de Snellen de 20/20.

Por lo que se conoce que existe una disminución de la capacidad visual en los trabajadores según los exámenes de agudeza visual realizados.

### 3.2 Examen de Distinción Cromática

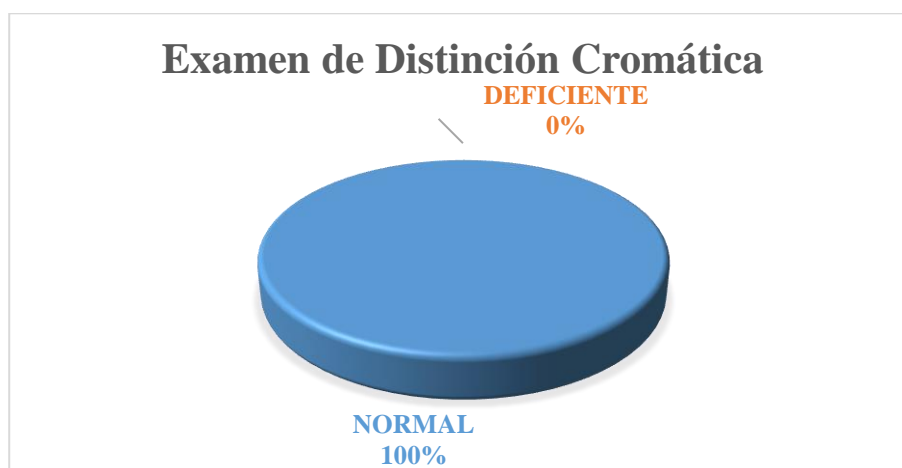
**Tabla 32**

*Examen de Distinción Cromática*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Normal	16	100%
Deficiente	0	0%
Total	16	100%

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Resultados de la tabulación de los exámenes de distinción cromática.



**Figura 24** Examen de Distinción Cromática.

**Fuente:** Elaboración propia encuesta a trabajadores.

Del 100% de trabajadores encuestados, un 100% que corresponde a 16 personas tiene una distinción cromática normal lo cual significa que no hay daño en la distinción cromática.

Por lo que se verifica que no existe daño en la distinción cromática de los trabajadores.

#### 4. Verificación de la Hipótesis

La hipótesis con la cual se trabajó durante la presente investigación fue la siguiente:

¿Con la evaluación de los niveles de iluminación se determinara la incidencia en la capacidad visual de los trabajadores de las áreas tornos convencionales y tornos CNC de la empresa **SERVISILVA CIA LTDA.**?

Los resultados de las mediciones en la empresa **SERVISILVA CIA LTDA.** Se obtuvo que:

**Tabla 33**  
*Comparación de Datos Tornos Convencionales*

Datos	Obtenidos			Norma
	Día	Tarde	Noche	
<b>Mínima</b>	168 lux.	192 lux.	22 lux.	Mínima obtenida
<b>Media</b>	710 lux.	518 lux.	377 lux.	$E_{\geq 500}$ lux.
<b>Uniformidad</b>	$168_{\geq 441}$	$192_{\geq 240}$	$22_{\geq 139}$	$E_{\min_{\geq e}}$

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** a) **Mínima:** Es el valor mínimo obtenido con el luxómetro.

b) **Media:** Es la sumatoria de todos los valores dividido para la cantidad de muestras realizadas.

c) **Uniformidad:** Es igual a la media dividido para dos lo cual debe ser mayor o igual a iluminación media sobre dos.

\*  $E_{\geq 500}$  lux.

**Tabla 34**  
*Comparación de Datos Tornos CNC*

Datos	Obtenidos			Norma
	Día	Tarde	Noche	
<b>Mínima</b>	67 lux.	57 lux.	3 lux.	Mínima obtenida
<b>Media</b>	881 lux.	480 lux.	277 lux.	$E_{\geq 500}$ lux.
<b>Uniformidad</b>	$67_{\geq 441}$	$57_{\geq 240}$	$3_{\geq 139}$	$E_{\min_{\geq e}}$

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** a) **Mínima:** Es el valor mínimo obtenido con el luxómetro.

b) **Media:** Es la sumatoria de todos los valores dividido para la cantidad de muestras realizadas.

c) **Uniformidad:** Es igual a la media dividido para dos lo cual debe ser mayor o igual a iluminación media sobre dos.

\*  $E_{\geq 500}$  lux.

- En la medición general se evidencia una mala iluminación la cual no cumple con los parámetros mínimos de la normativa que es 500 luxes como mínimo para la actividad que se realiza por lo que no hay uniformidad de iluminación tanto en las áreas de tornos convencionales como en tornos CNC.
- En el horario nocturno existen deficiencias de iluminación donde no se cumplen los parámetros mínimos.
- Las luminarias tienen diferente altura esto produce que la iluminación sea diferente en las diferentes partes del local medido.
- Existen parámetros que están bajo el nivel mínimo establecido en la normativa aplicable. Los resultados de la encuesta realizada a trabajadores se establece que:
  - El 69% de personal define que la iluminación es deficiente para realizar su trabajo.
  - El 58% define que la magnitud del problema es moderado.

Los resultados de los exámenes de la agudeza visual realizada a los trabajadores en el periodo 2015 se establece que:

- El 19% del personal expuesto tiene deficiencia en la agudeza visual
- Los resultados de exámenes de agudeza visual realizada a trabajadores se establece que:
- El 6% de los trabajadores tiene una deficiencia visual en la escala de snellen de 20/70
  - El 19% de los trabajadores tiene una deficiencia visual en la escala de snellen de 20/70
  - El 13% de los trabajadores tiene una deficiencia visual en la escala de snellen de 20/25

Según todos estos argumentos se comprueba que existe daño en la capacidad visual de los trabajadores por lo que se comprueba la hipótesis planteada en al inicio de la presente investigación por lo que es necesario realizar una propuesta para mitigar los efectos causados por el bajo nivel de iluminación en la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

## **Capítulo IV**

### **1. Propuesta**

#### **1.1 Tema**

Propuesta de mejora de iluminación en las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. de la provincia de Orellana en el periodo 2016.

#### **1.2 Presentación**

Mediante la investigación realizada en la empresa SERVISILVA CIA LTDA. se verifico que en las diferentes áreas de trabajo no cumplen con los parámetros mínimos requeridos para realizar la actividades cotidianas según la norma API 5CT y el decreto ejecutivo 2393, por lo que los trabajadores se ven expuestos al momento de realizar su trabajo causando así daños en la capacidad visual por la exposición a bajos niveles de iluminación por lo que es necesario aplicar una propuesta de mejora de la iluminación en los puestos de trabajo afectados.

#### **1.3 Justificación**

Al realizar la propuesta de mejora de iluminación se mantendrán los parámetros necesarios para realizar los trabajos de manera segura sin riesgo de exposición a los bajos niveles de iluminación este riesgo afecta en la capacidad visual de los trabajadores por lo que no existe un nivel adecuado para realizar las actividades.

En la presente investigación se determinó que hay deficiencia en las áreas de tornos convencionales como en las áreas de torno CNC, Se realizó una medición directa de luxes con un luxómetro marca magnaflux, número de serie: 41607, modelo 625024 calibrado en la fecha



30-03-2016 con vigencia de un año según el plan de calibración de equipos de medición y seguimiento (anexo 1).

En la presente investigación la actividad que realiza la empresa es servicio de torno en el cual la norma API 5CT y el decreto ejecutivo 2393 determina un nivel de iluminación mínimo que se debe cumplir como parte de la norma por lo que SERVISILVA CIA LTDA. Posee una certificación de sistema de gestión de la calidad con norma API Q1 novena edición dentro de los cuales la norma 5CT es una norma indispensable ya que esta es la que especifica los parámetros de construcción de roscas de revestimiento (casing) y producción (tubing).

Con el mejoramiento de los niveles de iluminación los trabajadores no realizarán un sobreesfuerzo visual evitando así la disminución de la capacidad visual y los demás efectos que produce tales como enrojecimiento de los ojos, sensación de cuerpos extraños, ardor visual, visión doble cefaleas, etc.

#### **1.4 Objetivo General**

Mejorar los niveles de iluminación de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC de la empresa SERVISILVA CIA LTDA. Mediante el método de lúmenes para cumplir con los niveles mínimos de iluminación en los puestos de trabajo.

##### **1.4.1 Objetivos Específicos**

- Calcular el número de luminarias requerido mediante el método de lumen para cumplir con los 500 lux. requerido como mínimo en la norma API 5CT y en el decreto ejecutivo 2393.
- Distribuir las luminarias correspondientes mediante el método de lúmenes para cumplir con el estándar mínimo que es 500 lux.

- Capacitar a los líderes de procesos, jefes de área y gerentes sobre la necesidad de mantener una buena iluminación dentro de los puestos de trabajo y evitar daños en la capacidad visual de los trabajadores.

### **1.5 Impacto Técnico**

Las mediciones se procedieron a realizar con un luxómetro de nueva tecnología el cual procede a darnos las medidas en tiempo real lo cual hace que la medición realizada sea confiable y eficaz.

En la medición se verifico que en las áreas de tornos convencionales y tornos CNC existe deficiencia de iluminación en el horario nocturno por lo que es necesario la aplicación de nueva tecnología para mantener los niveles necesarios de iluminación y que su uniformidad sea constante para mantener la visión del trabajador en buenas condiciones.

La técnica que se utilizara en la aplicación de mejora es el método de los lúmenes donde se especifica el número de luminarias necesario según el área de cobertura para mantener una buena iluminación de los puestos de trabajo.

### **1.6 Impacto Económico**

Dentro de la mejora del sistema de iluminación podrá mejorar el consumo de energía eléctrica lo cual beneficiara tanto con una buena iluminación en los puestos de trabajo como en el costo de la energía eléctrica, se verificara un consumo eficiente por la buena distribución de las luminarias y manteniendo.

El nivel de iluminación especificado por las normas aplicables se beneficiara en carácter de mejora al momento de realizar las actividades en las máquinas de producción y se beneficiara de carácter económico bajando el índice de trabajadores con deficiencia en la capacidad visual

y mejores terminados en la producción de los procesos que ejecuta la empresa SERVISILVA CIA LTDA.

### **1.7 Impacto Social**

Los trabajadores mantendrán una buena capacidad visual durante la ejecución de su trabajo, evitando así las enfermedades profesionales por falta de iluminación y accidente por la misma causas, la parte social como trabajadores y las familias de los mismos se verán amparadas, por lo que su líder de familia o la persona que es el pilar del hogar se encontrara protegido por el empleador ejecutando así la prevención necesaria para que sus trabajadores ejecuten su trabajo.

### **1.8 Impacto Ambiental**

Mediante esta propuesta se minimizara el impacto ambiental negativo reduciendo el consumo de energías no renovables como la energía eléctrica que es una de la fuentes indispensables en las empresas manufactureras, también disminuirá el consumo de bombillos para las luminarias ya que se usaran las luminarias adecuadas para mantener la iluminación correspondiente y especificada por la norma API 5CT especificaciones para construcción de tubería de producción (Casing) y de producción (Tubing).

La minimización de desechos como la reducción de energías no renovables es una parte fundamental para el cuidado del medio ambiente en el cual vivimos.

Si la contaminación del medio ambiente se acelera por causa de contaminantes como el mercurio que contienen las lámparas se tendrá una destrucción acelerada de los suelos fructíferos, aguas limpias, y todo el medio ambiente.

## **1.9 Estructura de la Propuesta**

- 1.9.1** Caracterización de la Empresa
- 1.9.2** Método de Lúmenes
- 1.9.3** Cálculo de Índice del Local
- 1.9.4** Determinación de Coeficiente de Reflexión
- 1.9.5** Determinación de Factor de Utilización
- 1.9.6** Determinación de Factor de Mantenimiento
- 1.9.7** Cálculo del Flujo Luminoso Total Necesario
- 1.9.8** Cálculo del Número de Luminarias
- 1.9.9** Cálculo de Emplazamiento de Luminarias Eje X (Largo)
- 1.9.10** Cálculo de Emplazamiento de Luminarias Eje Y (Ancho)
- 1.9.11** Cantidad Total de Luminarias en el Área
- 1.9.12** Distribución de Luminarias en el Área (Largo Y Ancho)
- 1.9.13** Selección de Luminarias Según Costo Beneficio
- 1.9.14** Plano de Distribución de Luminarias
- 1.9.15** Distancia Máxima entre Luminarias
- 1.9.16** Comprobación de Resultados
- 1.9.17** Mantenimiento
- 1.9.18** Reemplazo de Luminarias Quemadas
- 1.9.19** Disposición Final

## 2. Desarrollo de la Propuesta

### 2.1 Caracterización de la Empresa

#### 2.1.1 Origen

SERVISILVA CIA LTDA. Es una empresa con una gran trayectoria en la reparación y contrición de herramientas para el sector petrolero; fue creada por una sociedad de hermanos entre el Sr Luis Silva y la Sra. Icela Silva proyecto iniciado en 1995.

#### 2.1.2 Dedicación

La empresa realiza las actividades tales como:

Torno en la cuales realiza reparación de roscas en tubería de producción (tubing) y de revestimiento (casing) y en otras herramientas de completación como estabilizadores, Cross over, saber sub, bit sub, drive sub, float sub, moneles, stator, Kelly valve, etc.

Fresadoras, suelda, taladro radial en la cual realiza la actividad de reparación de herramientas tales como elevadores, cuñas de diferentes medidas para tubería de diámetros indistintos

Remoción e instalación de acoples (coupling) para tubería de producción y extracción de petróleo y gas natural.

Aplicación de bandas duras (hardbanding) en tubería de perforación aplicando un revestimiento de armacor un material altamente resistente a la fricción y desgaste en la función de rotación evitando el desgaste de la herramienta al momento de rotar y perforar los pozos petroleros

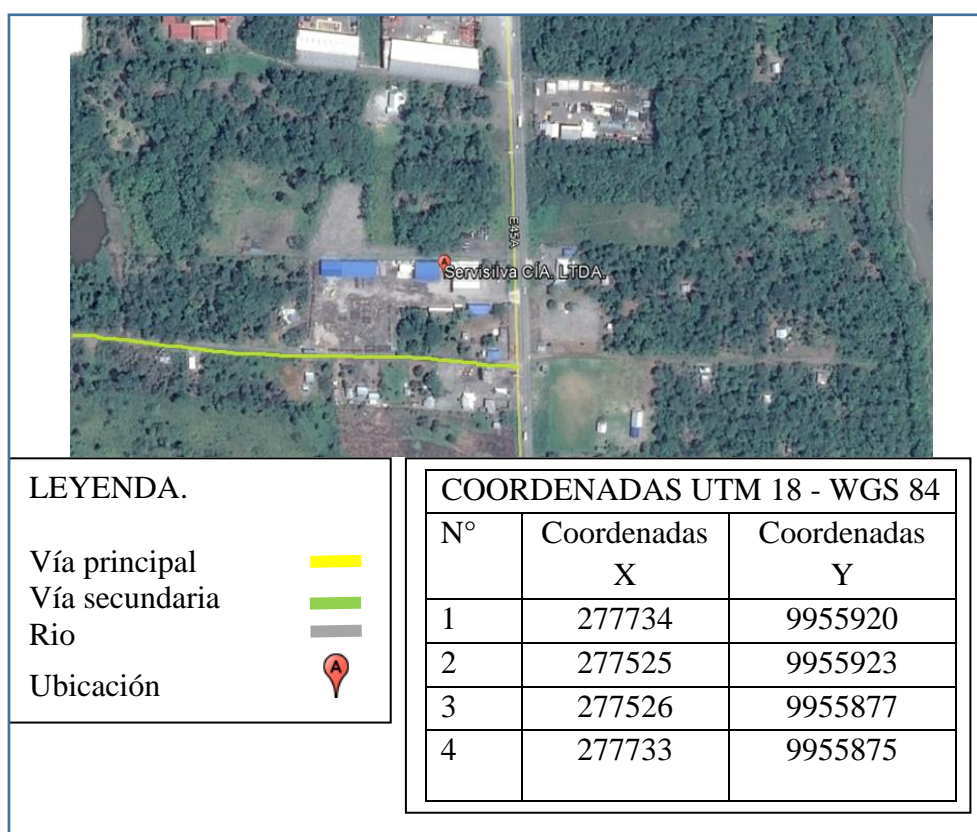
Aplicación de una capa de fosfato de zinc en el área de fozfatizado para evitar la corrosión y daño de las herramientas y de esta forma preservar la calidad del producto hasta su liberación

Todos los servicios se realizan con los más altos estándares de calidad. La empresa SERVISILVA CIA LTDA. Es una empresa CERTIFICADA con la norma de calidad ISO 9001 versión API (American Petroleum Institute) novena edición. Por lo que es una empresa de gran

prestigio dentro del servicio de reparación y construcción de herramientas para el sector petrolero

### 2.1.3 Ubicación

SERVISILVA CIA LTDA. se encuentra ubicado en la provincia de Orellana, Cantón Francisco de Orellana, Ciudad Puerto Francisco de Orellana, sector Nuevo Paraíso en la Vía principal al Km 8 vía coca Lago Agrio



**Figura 25** Ubicación empresa SERVISILVA CIA LTDA.

**Fuente:** Elaboración Propia Empresa SERVISILVA CIA LTDA.

### 2.1.4 Objetivos

- Aseguramiento de la calidad de los productos
- Incrementar la participación en el mercado
- Mejora continua en los sistemas de gestión

- Cumplir con la normativas aplicables
- Fortalecer el crecimiento de los trabajadores

### **2.1.5 Misión**

Brindar el servicio de construcción, reparación y mantenimiento de herramientas del sector petrolero, satisfaciendo los requerimientos de nuestros clientes a través del cumplimiento de estándares internacionales de calidad, contando con personal competente capacitado y motivado orientado al logro de la excelencia.

### **2.1.6 Visión**

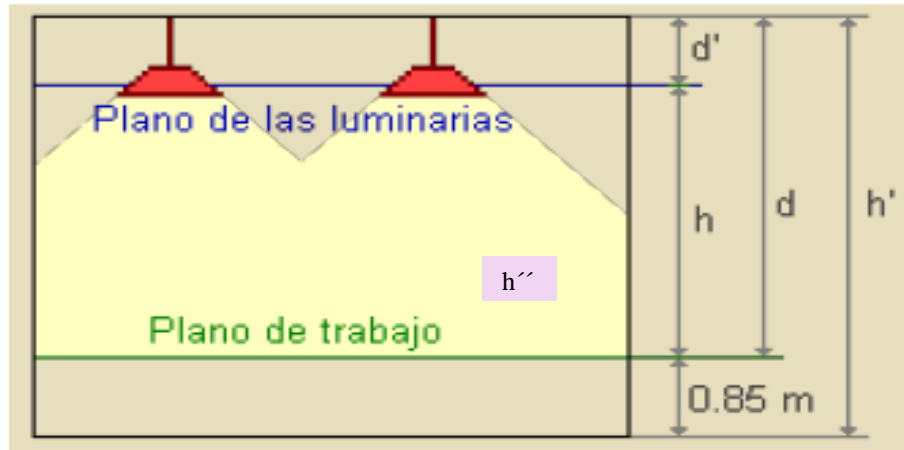
Ser líderes en el servicio de construcción, reparación y mantenimiento de herramientas, cumpliendo estándares internacionales de calidad, excediendo las expectativas del cliente, contando con personal altamente competente, motivado y constantemente capacitado; generando riqueza empresarial y humana, contribuyendo al desarrollo económico del país, logrando un reconocimiento nacional e internacional.

## **2.2 Método de Lúmenes Área Tornos Convencionales**

### **2.2.1 Iluminación General**

#### **2.2.1.1 Plano de Medición**

Para realizar el cálculo de los puntos de medición de toma la siguiente formula:



**Figura 26** Plano de medición.

**Fuente:** Castilla, Blanca , Martinez , & Pastor (2011) (p. 06).

**Donde:**

$a$ = Longitud del salón

$b$ = Ancho del salón

$h$ = altura de las luminarias hasta el punto de trabajo

$h'$ = altura total de trabajo

$h''$ = altura del plano de trabajo desde el piso

$d$ = altura del plano de trabajo al techo

$d'$ =altura de las luminarias hasta el techo

**Datos:**

$a$ = 24.5 mts.

$b$ = 13.5 mts.

$h$ = 2.25 mts.

$h_m$ = 3.5 mts.

**2.2.1.2 Nivel de Iluminancia Media Requerida en el Puesto de Trabajo**

$E_m$ = 500 lux.



### 2.2.1.3 Luminarias para Análisis

En nuestra investigación se utilizara tres tipos de luminarias:

**Tabla 35**  
*Luminarias para Análisis*

<b>N</b>	<b>Luminaria</b>	<b>Potencia (w)</b>	<b>Voltaje (v)</b>	<b>Lúmenes (lum)</b>	<b>Vida útil (horas)</b>	<b>Costo (Uds.)</b>
1	Campana Sylbell	400	208-240	30000	12000	94.5
2	Sylbell Led Ultraflat	180	198-242	16200	50000	336
3	Evo High Bay Led	190	90-305	21573	50000	343

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las características de las luminarias a realizar el análisis.

### 2.2.1.4 Altura de Suspensión de las Lámparas

Las lámparas se colocaran a una altura de:

$$H_m = 3.5$$

### 2.2.1.5 Índice del Local

$$\text{Índice del Local} = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

$$\text{Índice del Local} = \frac{24.5 \times 13.5}{2.25 (24.5 + 13.5)}$$

$$\text{Índice del Local} = \frac{330.75}{85.5}$$

$$\text{Índice del Local} = 3.86$$

$$\text{Índice del Local} = 4 \text{ (redondeando)}$$

### 2.2.1.6 Coeficiente de Reflexión

**Tabla 36**  
*Coeficiente de Reflexión*

	<b>Color</b>	<b>Factor de Reflexión ( <math>\rho</math> )</b>
	Blanco o muy claro	0.7
<b>Techo</b>	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Claro	0.5
<b>Paredes</b>	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
	Claro	0.3
<b>Suelo</b>	Oscuro	0.1

**Fuente:** CITCEA (2012) Cálculo de Instalaciones de Alumbrado (p. 03).

**Nota:** Son los parámetros designados de acuerdo con las condiciones del área a iluminar.

**Tabla 37**  
*Selección del Coeficiente de Reflexión*

	<b>TECHO</b>	<b>PAREDES</b>	<b>SUELO</b>
	CLARO	CLARO	OSCURO
<b>Coeficiente De Reflexión</b>	0.5	0.5	0.1

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Pertenece al análisis de la calidad de reflexión de las condiciones de nuestras áreas a investigar.

### 2.2.1.7 Determinación de Coeficiente de Utilización

**Tabla 38**

*Coeficiente de Utilización Área Tornos Convencionales*

	Techo			0.5			0.7			
	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	
Índice del local	Piso	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5
	1	0.16	0.22	0.26	0.16	0.22	0.25	0.16	0.22	0.28
	1.2	0.20	0.27	0.30	0.20	0.27	0.30	0.20	0.27	0.31
	1.5	0.26	0.33	0.36	0.26	0.33	0.36	0.26	0.33	0.39
	2	0.35	0.40	0.44	0.35	0.40	0.44	0.35	0.40	0.45
	2.5	0.41	0.46	0.49	0.41	0.46	0.49	0.41	0.46	0.52
	3	0.45	0.50	0.53	0.45	0.50	0.53	0.45	0.50	0.54
	4	0.52	0.56	0.58	0.52	0.56	0.59	0.52	0.56	0.61
	5	0.56	0.60	0.62	0.56	0.60	0.63	0.56	0.60	0.63
	6	0.60	0.63	0.65	0.60	0.63	0.66	0.60	0.63	0.68
	8	0.64	0.67	0.68	0.64	0.67	0.69	0.64	0.67	0.71
10	0.67	0.70	0.71	0.67	0.70	0.71	0.67	0.70	0.72	

**Fuente:** Chapa (2004) manual de instalaciones de alumbrado y fotometría (p.210).

**Nota:** a) El color amarillo corresponde al seguimiento en la matriz para encontrar el coeficiente de utilización.

b) El color azul: corresponde al coeficiente de utilización encontrado del análisis.

### 2.2.1.8 Factor de Mantenimiento

Mediante el análisis realizado en la empresa se determinó que el factor de mantenimiento mediante la tabla es:

**Tabla 39**

*Factor de Mantenimiento*

Ambiente	Factor de Mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

**Fuente:** Chapa (2004) Método de lúmenes (p. 197).

**Nota:** Es la matriz para encontrar el factor de mantenimiento para el cálculo.

$$F_m = 0.6$$

La actividad que realiza la empresa es en un ambiente sucio, de alta concentración de contaminantes.

## CÁLCULOS

### 2.2.1.9 Flujo Luminoso Total Necesario

Una vez obtenido el índice de utilización se procederá a calcular la cantidad de flujo luminoso del área que se necesita iluminar mediante la siguiente fórmula:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

$\phi$  = Es el flujo luminoso total

E = Es la iluminancia media deseada

S = Es la superficie del plano de trabajo

$\eta$  = Es el factor de utilización

$F_m$  = Es el factor de mantenimiento

$$\phi_T = \frac{500 \cdot (24.5 \cdot 13.5)}{0.59 \cdot 0.6}$$

$$\phi_T = \frac{165375}{0.354}$$

$$\phi_T = 467161.01 \text{ lúmenes}$$

### 2.2.1.10 Cálculo de Número de Luminarias Tornos Convencionales

Mediante el cálculo total de lúmenes necesarios se procederá a calcular el número de luminarias necesarias mediante la siguiente fórmula.

$$= \frac{\phi_T}{n \cdot \phi_L}$$

**Donde:**

N= Es el número de luminarias

$\phi T$ = Es el flujo luminoso total

$\phi L$ = Es el flujo luminoso de una lámpara

N= Es el número de lámparas por luminaria

**Tabla 40***Cálculo de Número de Luminarias Tornos Convencionales*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Cálculo de</b>	$N = \frac{467161.01}{30000 * 1}$	$N = \frac{467161.01}{12600 * 1}$	$N = \frac{467161.01}{21573 * 1}$
<b>número de</b>	$N = \frac{467161.01}{30000}$	$N = \frac{467161.01}{12600}$	$N = \frac{467161.01}{27573}$
<b>luminarias</b>	N=15.27 unds	N=37.07 unds	N=16.94 unds
<b>necesarias</b>	<b>N=15 unds</b>	<b>N=37 unds</b>	<b>N=17 unds</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde al cálculo de la cantidad de lámparas que necesita el área de trabajo para mantener una buena uniformidad de iluminación.

### 2.2.1.11 *Emplazamiento de las Luminarias*

Una vez calculado el número de luminarias necesarias para mantener una iluminación uniforme se procederá a calcular la cantidad de lámparas a lo largo y a lo ancho del área a iluminar mediante las siguientes formulas:

#### 2.2.1.11.1 *Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho*

$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N \text{ total}}{\text{largo}} * \text{ancho}}$$

**Donde:**

N ancho= Cantidad de luminarias a lo ancho del local

N total= Cantidad total de luminarias

Largo= Dimensión de local a lo largo

Ancho= Dimensión del local a lo ancho

**Tabla 41**

*Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
	$NA = \sqrt{\frac{15}{24.5}} * 13.5$	$NA = \sqrt{\frac{37}{24.5}} * 13.5$	$NA = \sqrt{\frac{17}{24.5}} * 13.5$
<b>Emplazamiento de</b>	$NA = \sqrt{0.61} * 13.5$	$NA = \sqrt{1.51} * 13.5$	$NA = \sqrt{0.69} * 13.5$
<b>luminarias a lo</b>			
<b>ancho</b>	$NA = \sqrt{8.26}$	$NA = \sqrt{20.38}$	$NA = \sqrt{9.36}$
	NA=2.87 unds	NA=4.51 unds	NA=3.06 unds
	<b>NA=3 unds</b>	<b>NA=4 unds</b>	<b>NA=3 unds</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Cálculo de la cantidad de luminaria a ubicarse a lo largo del área.

#### 2.2.1.11.1 Emplazamiento de Luminaria a lo Largo

$$N \text{ largo} = N \text{ ancho} * \frac{\text{largo}}{\text{ancho}}$$

**Donde:**

N ancho= Cantidad de luminarias a lo ancho del local

N total= Cantidad total de luminarias

Largo= Dimensión de local a lo largo

Ancho= Dimensión del local a lo ancho

**Tabla 42**  
*Emplazamiento de Luminaria a lo Largo*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Emplazamiento de</b>	$NL=2.87 * \frac{24.5}{13.5}$	$NL=4.51 * \frac{24.5}{13.5}$	$NL=3.06 * \frac{24.5}{13.5}$
<b>luminarias a lo</b>	$NL=2.87*1.81$	$NL=4.51*1.81$	$NL=3.06*1.81$
<b>largo</b>	NL=5.20 unds	NL=8.16 unds	NL=5.53 unds
	NL=5 unds	NL=8 unds	NL=6 unds

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Cálculo de la cantidad de luminaria a ubicarse a la largo del área.

#### 2.2.1.11.2 Cantidad Total de Luminarias a Utilizar

**Tabla 43**  
*Cantidad Total de Luminarias a utilizar*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
	<b>(unds)</b>	<b>(unds)</b>	<b>(unds)</b>
<b>Ancho</b>	3	4	3
<b>Largo</b>	5	8	6
<b>Total Luminarias</b>	15	36	18

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Redondea el número total de luminarias requeridas en el área.

#### 2.2.1.12 Distribución de Luminarias en el Área

Luego de conocer la cantidad de luminarias a lo largo y ancho del local se procederá a distribuir uniformemente.

### 2.2.1.12.1 Distribución de Luminarias a lo Ancho

**Tabla 44**  
*Distribución de Luminarias en el Área a lo Ancho*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b># de Luminarias</b>	3	4	3
	Área/N ancho	Área/N ancho	Área/N ancho
<b>Separación</b>	13.5/3	13.5/4	13.5/3
	4.5	3.37	4.5
	Separación /2	Separación /2	Separación /2
<b>Separación de las paredes</b>	4.5/2	3.37/2	4.5/2
	2.25 mts.	1.68 mts.	2.25 mts.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las medidas a las que se debe colocar cada luminaria entre si y a partir de la pared a lo ancho del área.

### 2.2.1.12.2 Distribución de Luminarias a lo Largo

**Tabla 45**  
*Distribución de Luminarias en el Área a lo Largo*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b># de Luminarias</b>	5	8	6
	Área/N ancho	Área/N ancho	Área/N ancho
<b>Separación</b>	24.5/5	24.5/8	24.5/6
	4.9	3.06	4.08
	Separación /2	Separación /2	Separación /2
<b>Separación de las paredes</b>	4.9/2	3.06/2	4.08/2
	2.45 mts.	1.53 mts.	2.04 mts.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las medidas a las de separación de cada luminaria desde la pared y entre lámparas a lo largo del área.



### 2.2.1.13 Selección de Luminarias Según su Costo Beneficio

#### 2.2.1.13.1 Potencia y Consumo Eléctrico

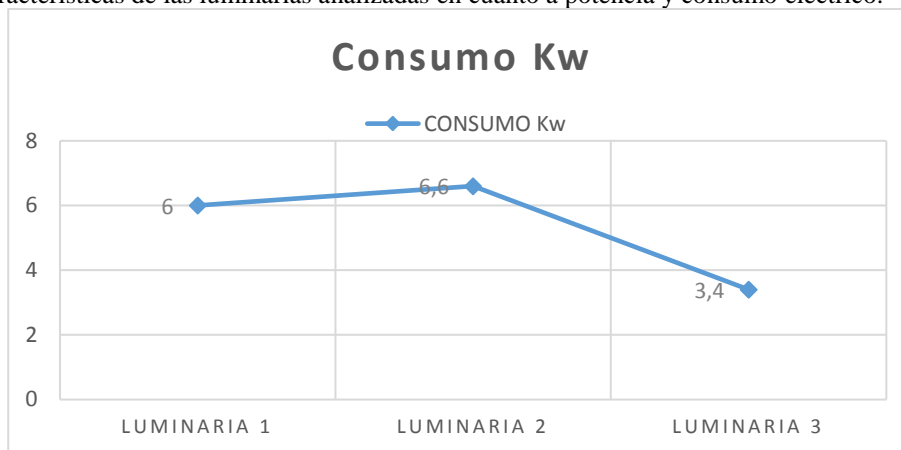
**Tabla 46**

*Potencia y Consumo Eléctrico*

	Luminaria 01		Luminaria 02		Luminaria 03	
POT (w)	# LUM (unds.)	POT (w)	# LUM (unds.)	POT (w)	# LUM (unds.)	
<b>Pot. * # Lum</b>	400	15	180	36	190	18
<b>Kilovatios</b>	6		6.4		3.4	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las características de las luminarias analizadas en cuanto a potencia y consumo eléctrico.



**Figura 27** Consumo en Kw/h.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

#### 2.2.1.13.2 Lúmenes de las Amparas

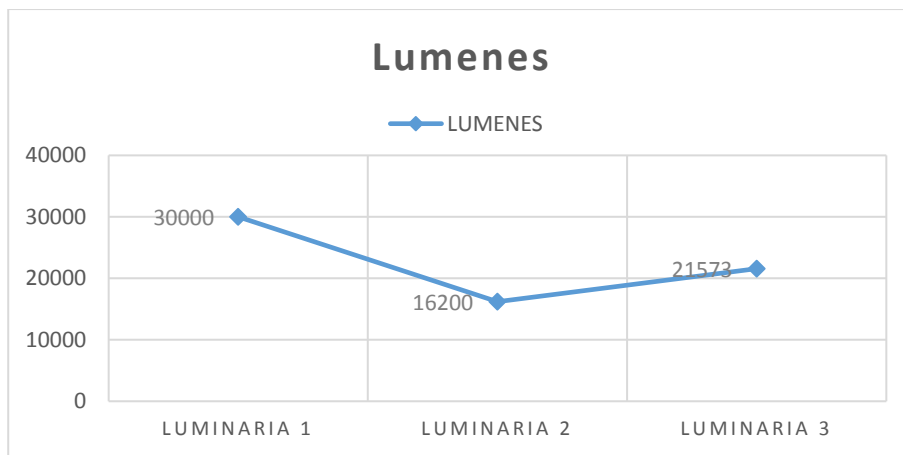
**Tabla 47**

*Lúmenes de las Lámparas*

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Lúmenes (Lum)</b>	30000	16200	21573

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Es la intensidad de iluminación de cada lámpara analizada.



**Figura 28** Lúmenes de las luminarias.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.2.1.13.3 Vida Útil de las Lámparas

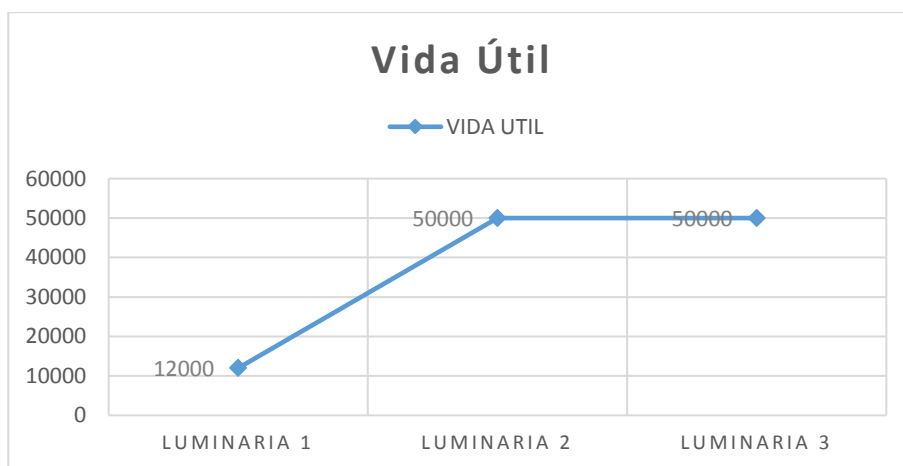
**Tabla 48**

*Vida Útil de las Lámparas*

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Vida útil (horas)</b>	12000	50000	50000

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde a la duración de cada luminaria analizada.



**Figura 29** Vida Útil de las Luminarias.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

#### 2.2.1.13.4 Costo por Luminaria

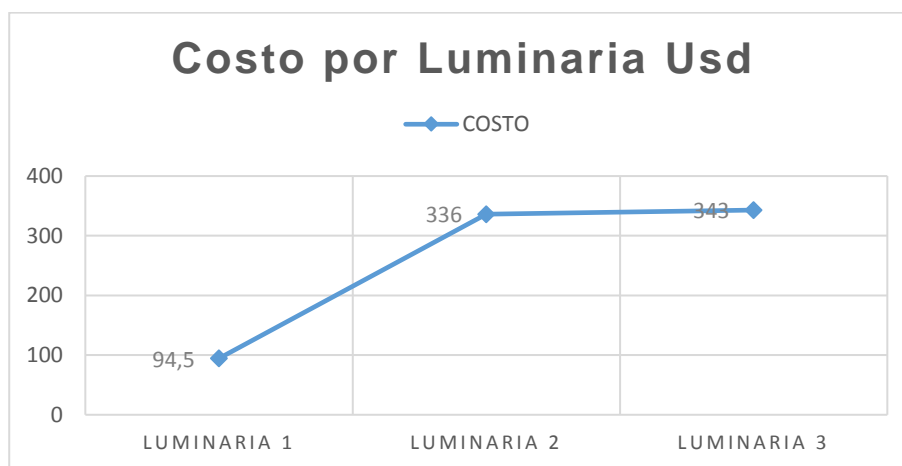
**Tabla 49**

*Costo por Luminaria*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Costo (Uds.)</b>	94,5	336	343

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde al costo unitario de las luminarias analizadas.



**Figura 30** Costo Por Luminaria.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

#### 2.2.1.13.5 Costo de Inversión en Luminarias

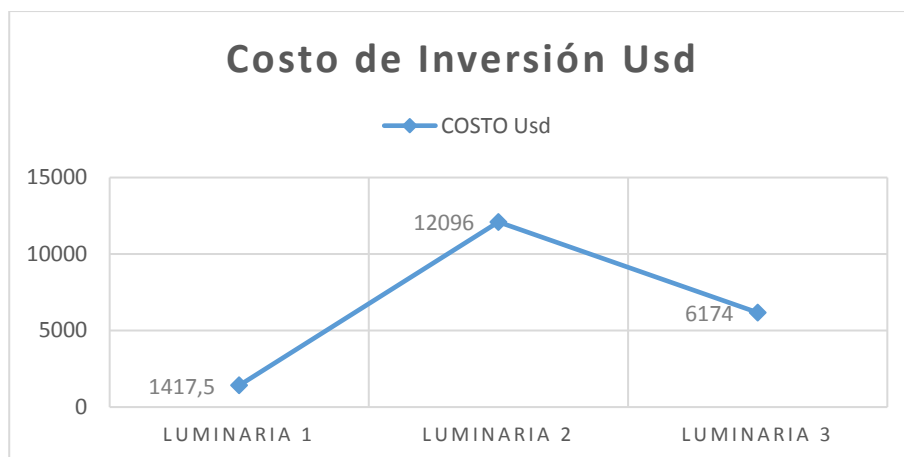
**Tabla 50**

*Costo de Inversión en Luminarias*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Costo/Luminaria(Uds.)</b>	94.5	336	343
<b>Cantidad (Unds)</b>	15	36	18
<b>Costo Total (Uds.)</b>	1417.5	12096	6174

**Fuente:** Elaboracion Propia.

**Nota:** Es el valor total del costo de inversión dependiendo del precio de cada luminaria.



**Figura 31** Costo de Inversión Usd.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.2.1.13.6 Consumo Eléctrico Mensual

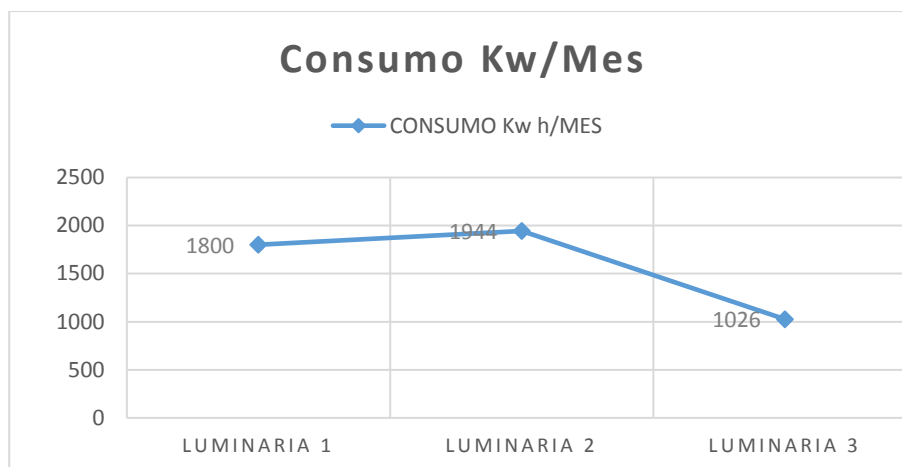
**Tabla 51**

*Consumo Eléctrico Mensual*

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Potencia (w)</b>	400	180	190
<b>Tiempo de uso (horas)</b>	10	10	10
<b>Días por mes (días)</b>	30	30	30
<b>Cantidad (unds)</b>	15	36	18
<b>Consumo (kw/mes)</b>	1800	1944	1026

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Consumo energético por mes en kilovatios.



**Figura 32** Consumo Kw/h/Mes.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.2.1.13.7 Costo Mensual Consumo Eléctrico

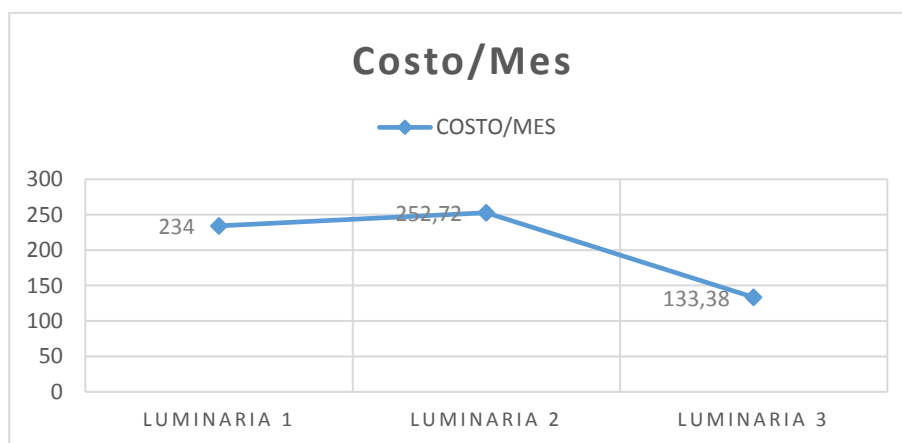
**Tabla 52**

*Costo Mensual Consumo Eléctrico*

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Costo Kw/h (Uds.)</b>		0.13	
<b>Consumo /mes (Kw/mes)</b>	1800	1944	2160
<b>Costo/mes (Uds.)</b>	234	252.72	133,38

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Consumo mensual en Dólares.






**Figura 33** Costo Mensual de consumo eléctrico.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

Mediante el cálculo realizado de comprobación se mantendrá que el nivel de iluminación que emitirá el alumbrado calculado es de 512 lux. el cual es mayor que el requerido que es 500 lux, lo que determina la norma API 5CT especificaciones para casing y tubing y el decreto ejecutivo 2393.

En el análisis que se define mediante el costo beneficio se resalta la mejor opción dentro de las características especificadas.

**Tabla 53**  
*Análisis de Luminarias Tornos Convencionales*

	<b>Campana sylbell</b>	<b>Sylbell led ultraflat</b>	<b>Evo high bay led</b>
	CAMPANA SYLBELL	SYLBELL LED ULTRAFLAT	EVO HIGH BAY LED
<b>Imagen</b>			
<b>Cantidad de luminarias requeridas (Unds.)</b>	15	36	18
<b>Consumo eléctrico (Kw)</b>	6	6.4	3.4
<b>Lúmenes (lm)</b>	30000	16200	21573
<b>Vida útil (horas)</b>	12000	50000	50000
<b>Costo (Uds.)</b>	94.5	336	343
<b>Inversión (Uds.)</b>	1417	12096	6174
<b>Consumo eléctrico mensual (Kw/mes)</b>	1800	19400	1026
<b>Costo mensual de consumo eléctrico (Uds./mes)</b>	234	252.72	133.3

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Es el análisis de costo beneficio dependiendo de las características de cada luminaria.

Luego del análisis realizado se tomó en cuenta las mejores opciones resaltadas (amarillo) las cual da como mejor opción la luminaria de CAMPANA SYLBELL con bombillo MH METAL ARC OVOIDE E40.



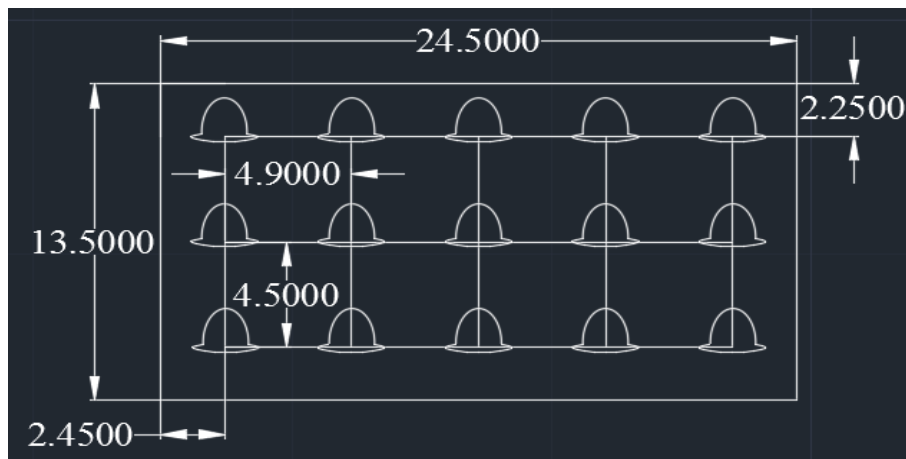
**Figura 34** Luminaria Seleccionada para Tornos Convencionales.

**Fuente:** Silvania (2014) (p. 143).

Mediante el análisis de costo beneficio se denominó a la lámpara seleccionada la cantidad de luminarias requeridas, por el buen nivel de iluminación que emite el bajo costo de adquisición y reposición y el bajo costo de consumo eléctrico por ser multiplicado por el número de luminarias necesarias para iluminar el área de tornos convencionales.

#### 2.2.1.14 *Plano de Distribución de Luminarias*

Las luminarias se distribuirán de la siguiente manera: a una altura de suspensión de 3.5 metros.



**Figura 35** Plano Distribución de Luminarias.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.



### 2.2.1.15 *Distancia Máxima entre Luminarias*

Luego de calcular las distancias entre luminarias se procederá a comprobar si cumple con la separación máxima entre luminarias y que no afecte en la uniformidad de local mediante la siguiente tabla:

**Tabla 54**  
*Distancia Máxima Entre Luminarias*

<b>Tipo de Luminaria</b>	<b>Altura del Local</b>	<b>Distancia Máxima entre Luminarias</b>
<b>Intensiva</b>	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
<b>Extensiva</b>	6 -10 m	$e \leq 1.5 h$
<b>Semiextensiva</b>	4 – 6 m	
<b>Extensiva</b>	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$

Distancia pared – luminaria:  $e/2$

**Fuente:** CITCEA (2012) Cálculo de Instalaciones de Alumbrado (p. 03).

**Nota:** Se la determina mediante la altura donde se encuentran suspendidas las luminarias y esta debe ser  $\leq$  a la constante de la distancia entre luminarias.

$$e \leq 1.5 * h$$

$$4.9 \leq 1.5 * 3.5$$

$$4.9 \leq 5.25$$

Mediante el análisis se determinó que 4.9 es la separación que mantendrá en el local a iluminar y la distancia máxima de separación es 5.25 por lo que SI CUMPLE con los criterios de separación de luminarias.

### 2.2.1.16 *Comprobación de Resultados*

Al final de los cálculos se procederá a realizar una comprobación con los datos obtenidos mediante la siguiente fórmula.

$$E_m = \frac{n * \phi L * \eta * f_m}{S} > \text{requerido}$$

**Donde:**

$E_m$ = Iluminancia media

$n$ = Número total de luminarias

$\phi L$ = Flujo luminoso de una lámpara

$\eta$ = Factor De Utilización

$f_m$ = Factor de mantenimiento

$S$ = Área del local

$$E_m = \frac{15 * 30000 * 0.59 * 0.6}{24.5 * 13.5} > 500 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{169344}{330.75} > 500 \text{ lux}$$

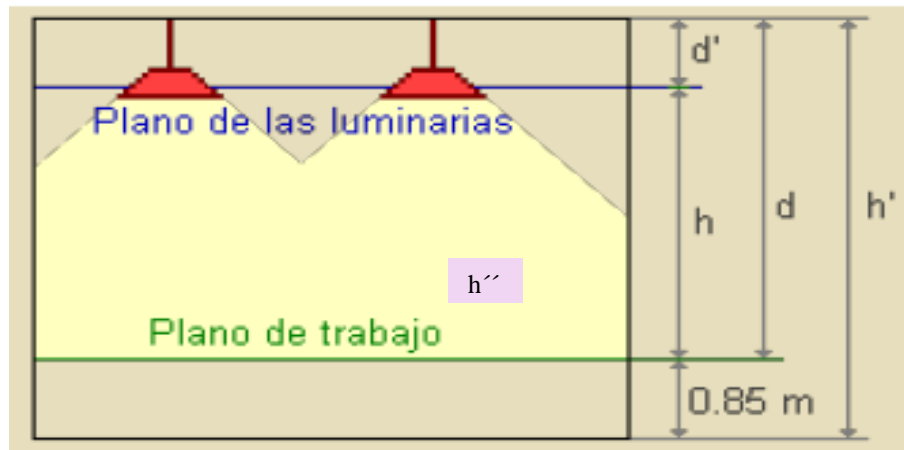
$$E_m = 512 > 500 \text{ lux}$$

## 2.3 Método de Lúmenes Área Tornos CNC

### 2.3.1 Iluminación General

#### 2.3.1.1 Plano de Medición

Para realizar el cálculo de los puntos de medición de toma la siguiente formula:



**Figura 36** Plano de Medición.

**Fuente:** Castilla, Blanca , Martinez , & Pastor (2011) (p. 06).

#### **Donde:**

a= Longitud del salón

b= Ancho del salón

h= altura de las luminarias hasta el punto de trabajo

h´= altura total de trabajo

h´´= altura del plano de trabajo desde el piso

d= altura del plano de trabajo al techo

d´=altura de las luminarias hasta el techo

#### **Datos:**

a= 24.5 mts.

b= 17.5 mts.

h= 2.25 mts.

hm= 4 mts.

### 2.3.1.2 Nivel de Iluminancia Media Requerida en el Puesto de Trabajo

Em= 500 lux.

### 2.3.1.3 Lámparas a Utilizar en el Análisis

En nuestra investigación se utilizara tres tipos de luminarias:

**Tabla 55**

*Lámparas para el Análisis Tornos CNC*

N	Luminaria	Potencia (w)	Voltaje (v)	Lúmenes (lum)	Vida útil (horas)	Costo (Uds.)
1	<b>Campana Sylbell</b>	400 w	208-240	30000	12000	94.5
2	<b>Sylbell Led Ultraflat</b>	180 w	198-242	16200	50000	336
3	<b>Evo High Bay Led</b>	190 w	90-305	21573	50000	343

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las características de las luminarias a realizar el análisis.

### 2.3.1.4 Altura de Suspensión de las Lámparas

Las lámparas se colocaran a una altura de:

Hm= 4

Índice del local

$$\text{Índice del Local} = \frac{a \times b}{h(a+b)}$$

$$\text{Índice del Local} = \frac{24.5 \times 17.5}{2.25(24.5 + 17.5)}$$

$$\text{Índice del Local} = \frac{428.75}{94.5}$$

$$\text{Índice del Local} = 4.53$$

$$\text{Índice del Local} = 5 \text{ (redondeando)}$$

### 2.3.1.5 Coeficiente de Reflexión

**Tabla 56**

*Coeficiente de Reflexión*

	<b>Color</b>	<b>Factor de Reflexión ( <math>\rho</math> )</b>
	Blanco o muy claro	0.7
<b>Techo</b>	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Claro	0.5
<b>Paredes</b>	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
	Claro	0.3
<b>Suelo</b>	Oscuro	0.1

**Fuente:** CITCEA (2012) Cálculo de Instalaciones de Alumbrado (p. 03).

**Nota:** Son los parámetros designados de acuerdo con las condiciones del área a iluminar.

**Tabla 57**

*Selección del Coeficiente de Reflexión*

	<b>Techo</b>	<b>Paredes</b>	<b>Suelo</b>
	<b>Claro</b>	<b>Claro</b>	<b>Oscuro</b>
<b>Coeficiente De Reflexión</b>	0.5	0.5	0.1

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Pertenece al análisis de la calidad de reflexión de las condiciones de nuestras áreas a investigar.

### 2.3.1.6 Determinación de Coeficiente de Utilización

**Tabla 58**  
Coeficiente de Utilización Área Tornos CNC

Techo		0.3			0.5			0.7		
Índice del local	Piso	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5
	1	0.16	0.22	0.26	0.16	0.22	0.25	0.16	0.22	0.28
	1.2	0.20	0.27	0.30	0.20	0.27	0.30	0.20	0.27	0.31
	1.5	0.26	0.33	0.36	0.26	0.33	0.36	0.26	0.33	0.39
	2	0.35	0.40	0.44	0.35	0.40	0.44	0.35	0.40	0.45
	2.5	0.41	0.46	0.49	0.41	0.46	0.49	0.41	0.46	0.52
	3	0.45	0.50	0.53	0.45	0.50	0.53	0.45	0.50	0.54
	4	0.52	0.56	0.58	0.52	0.56	0.59	0.52	0.56	0.61
	5	0.56	0.60	0.62	0.56	0.60	0.63	0.56	0.60	0.63
	6	0.60	0.63	0.65	0.60	0.63	0.66	0.60	0.63	0.68
	8	0.64	0.67	0.68	0.64	0.67	0.69	0.64	0.67	0.71
10	0.67	0.70	0.71	0.67	0.70	0.71	0.67	0.70	0.72	

**Fuente:** Chapa (2004) manual de instalaciones de alumbrado y fotometría (p.210).

**Nota:** a) El color amarillo corresponde al seguimiento en la matriz para encontrar el coeficiente de utilización.

b) El color azul: corresponde al coeficiente de utilización encontrado del análisis.

### 2.3.1.7 Factor de Mantenimiento

Mediante el análisis realizado en la empresa se determinó que el factor de mantenimiento

mediante la tabla es:

**Tabla 59**  
Factor de Mantenimiento

Ambiente	Factor de Mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

**Fuente:** Chapa (2004) Método de lúmenes (p. 197).

**Nota:** Es la matriz para encontrar el factor de mantenimiento para el cálculo.

$$F_m = 0.6$$

La actividad que realiza la empresa es en un ambiente sucio, de alta concentración de contaminantes

## **CÁLCULOS.**

### **2.3.1.8 Flujo Luminoso Total Necesario**

Una vez obtenido el índice de utilización se procederá a calcular la cantidad de flujo luminoso del área que se necesita iluminar mediante la siguiente fórmula

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

$\phi$  = Es el flujo luminoso total

E = Es la iluminancia media deseada

S = Es la superficie del plano de trabajo

$\eta$  = Es el factor de utilización

$F_m$  = Es el factor de mantenimiento

$$\phi_T = \frac{500 \cdot (24.5 \cdot 17.5)}{0.63 \cdot 0.6}$$

$$\phi_T = \frac{214375}{0.37}$$

$$\phi_T = 579391.89 \text{ lúmenes}$$

### **2.3.1.9 Cálculo de Número de Luminarias**

Mediante el cálculo total de lúmenes necesarios se procederá a calcular el número de luminarias necesarias mediante la siguiente fórmula

$$N = \frac{\phi T}{n * \phi L}$$

**Donde:**

N= Es el número de luminarias

$\phi T$ = Es el flujo luminoso total

$\phi L$ = Es el flujo luminoso de una lámpara

N= Es el número de lámparas por luminaria

**Tabla 60***Cálculo de Número de Luminarias Tornos CNC*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Cálculo de</b>	$N = \frac{579391.89}{30000 * 1}$	$N = \frac{579391.89}{12600 * 1}$	$N = \frac{579391.89}{21573 * 1}$
<b>número de</b>	$N = \frac{579391.89}{30000}$	$N = \frac{579391.89}{12600}$	$N = \frac{579391.89}{27573}$
<b>luminarias</b>	N=19.31 unds	N=45.98 unds	N=21.01 unds
<b>necesarias</b>	<b>N=19 unds</b>	<b>N=46 unds</b>	<b>N=21 unds</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde al cálculo de la cantidad de lámparas que necesita el área de trabajo para mantener una buena uniformidad de iluminación.

### 2.3.1.10 *Emplazamiento de las Luminarias*

Una vez calculado el número de luminarias necesarias para mantener una iluminación uniforme se procederá a calcular la cantidad de lámparas a lo largo y a lo ancho del área a iluminar mediante las siguientes formulas:

#### 2.3.1.10.1 *Emplazamiento de Luminarias a lo Ancho*

$$N \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N \text{ total}}{\text{largo}} * \text{ancho}}$$



**Donde:**

N ancho= Cantidad de luminarias a lo ancho del local

N total= Cantidad total de luminarias

Largo= Dimensión de local a lo largo

Ancho= Dimensión del local a lo ancho

**Tabla 61**

*Emplazamiento de Luminaria a lo Ancho*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
	$NA = \sqrt{\frac{19}{24.5} * 17.5}$	$NA = \sqrt{\frac{46}{24.5} * 17.5}$	$NA = \sqrt{\frac{21}{24.5} * 17.5}$
<b>Emplazamiento de</b>	$NA = \sqrt{0.77 * 17.5}$	$NA = \sqrt{1.87 * 17.5}$	$NA = \sqrt{0.85 * 17.5}$
<b>luminarias a lo</b>	$NA = \sqrt{13.47}$	$NA = \sqrt{32.72}$	$NA = \sqrt{14.87}$
<b>ancho</b>	NA=3.67 unds	NA=5.72 unds	NA=3.85 unds
	<b>NA=4 unds</b>	<b>NA=6 unds</b>	<b>NA=4 unds</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Cálculo de la cantidad de luminaria a ubicarse a la ancho del área.

### 2.3.1.10.2 Emplazamiento de Luminarias a lo Largo

$$N \text{ largo} = N \text{ ancho} * \frac{\text{largo}}{\text{ancho}}$$

**Donde:**

N ancho= Cantidad de luminarias a lo ancho del local

N largo= Cantidad de luminarias a lo largo del local

Largo= Dimensión de local a lo largo

Ancho= Dimensión del local a lo ancho

**Tabla 62***Emplazamiento de Luminaria a lo Largo*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Emplazamiento de luminarias a lo largo</b>	$NL=3.67 * \frac{24.5}{17.5}$	$NL=5.72 * \frac{24.5}{17.5}$	$NL=3.85 * \frac{24.5}{13.5}$
	$NL=3.67 * 1.4$	$NL=5.72 * 1.4$	$NL=3.85 * 1.4$
	NL=5.13 unds	NL=8 unds	NL=5.39 unds
	NL=5 unds	NL=8 unds	NL=5 unds

**Fuente:** Elaboración Propia.**Nota:** Cálculo de la cantidad de luminaria a ubicarse a la largo del área.

### 2.3.1.10.1 Cantidad Total de Luminaria a Utilizar

**Tabla 63***Cantidad Total de Luminarias a utilizar*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
	<b>(unds)</b>	<b>(unds)</b>	<b>(unds)</b>
<b>Ancho</b>	4	6	4
<b>Largo</b>	5	8	5
<b>Total Luminarias</b>	20	48	20

**Fuente:** Elaboración Propia.**Nota:** Redondea el número total de luminarias requeridas en el área.

### 2.3.1.11 Distribución de Luminarias en El Área

Luego de conocer la cantidad de luminarias a lo largo y ancho del local se procederá a distribuir uniformemente

### 2.3.1.11.1 Distribución de Luminarias en el Área a lo Ancho

**Tabla 64**

*Distribución de Luminarias en el Área a lo Ancho*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b># de luminarias</b>	4	6	4
	Área/N ancho	Área/N ancho	Área/N ancho
<b>Separación</b>	17.5/4	17.5/6	17.5/4
	4.37	2.91	4.37
	Separación /2	Separación /2	Separación /2
<b>Separación de las paredes</b>	4.37/2	2.91/2	4.37/2
	2.18 mts.	1.45 mts.	2.18 mts.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las medidas a las que se debe colocar cada luminaria entre si y a partir de la pared a lo ancho del área.

### 2.3.1.11.2 Distribución de Luminarias en el Área a lo Largo

**Tabla 65**

*Distribución de Luminarias en el Área a lo Largo*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b># de luminarias</b>	5	8	5
	Área/N ancho	Área/N ancho	Área/N ancho
<b>Separación</b>	24.5/5	24.5/8	24.5/5
	4.9	3.06	4.9
	Separación /2	Separación /2	Separación /2
<b>Separación de las paredes</b>	4.9/2	3.06/2	4.9/2
	2.45 mts.	1.53 mts.	2.45 mts.

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las medidas a las de separación de cada luminaria desde la pared y entre lámparas a lo largo del área.

### 2.3.1.1 Selección de Luminarias Según su Costo Beneficio

#### 2.3.1.1.1 Potencia y Consumo Eléctrico

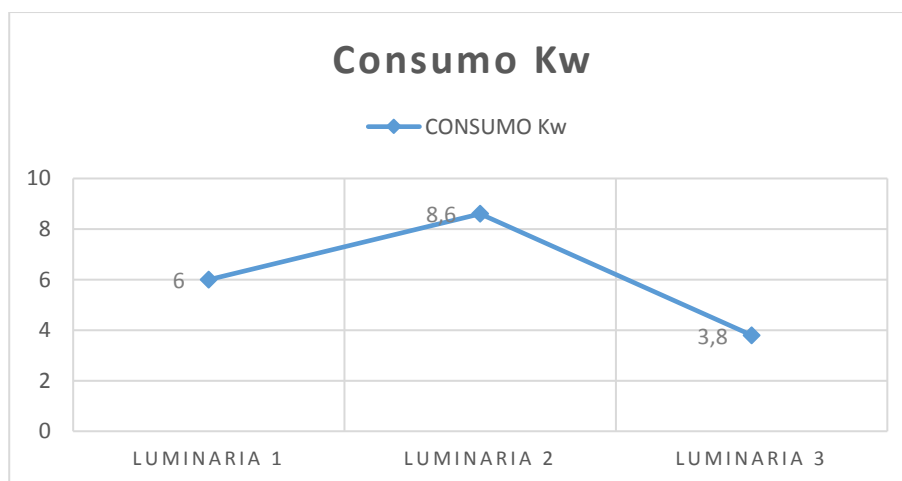
**Tabla 66**

Potencia y Consumo Eléctrico

	Luminaria 01		Luminaria 02		Luminaria 03	
	POT (w)	# LUM (unds.)	POT (w)	# LUM (unds.)	POT (w)	# LUM (unds.)
<b>Pot. * # Lum</b>	400	20	180	48	190	20
<b>Kilovatios</b>	8		8.6		3.8	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Son las características de las luminarias analizadas en cuanto a potencia y consumo eléctrico.



**Figura 37** Consumo en Kw/h.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

#### 2.3.1.1.2 Lúmenes de las Lámparas

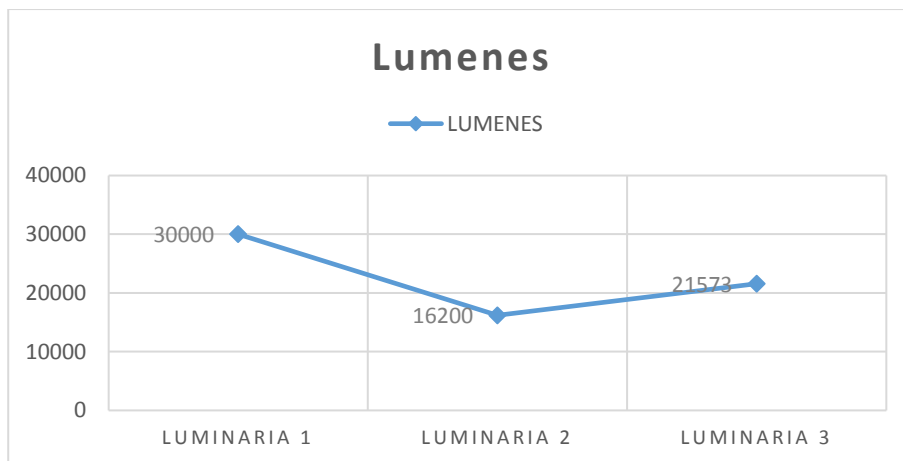
**Tabla 67**

Lúmenes de las Lámparas

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Lúmenes (Lum)</b>	30000	16200	21573

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Es la intensidad de iluminación de cada lámpara analizada.



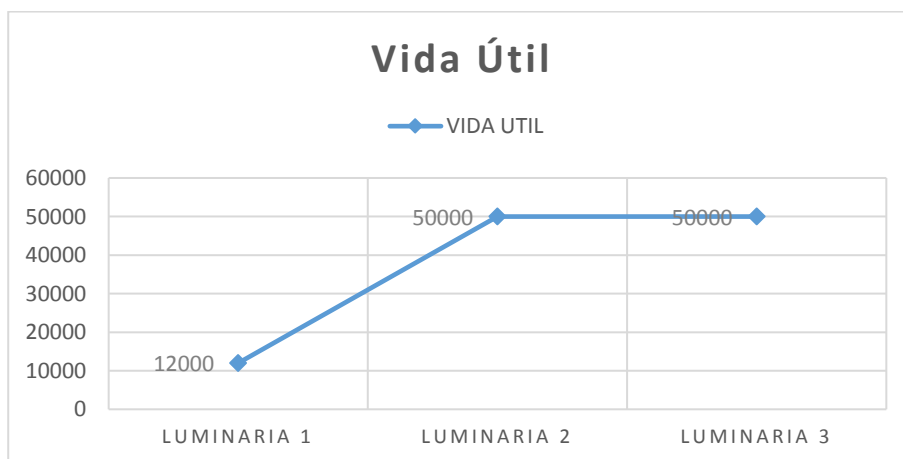
**Figura 38** Lúmenes de las luminarias.  
**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.3.1.1.3 Vida Útil de las Lámparas

**Tabla 68**  
 Vida Útil de las Lámparas

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Vida útil (horas)</b>	12000	50000	50000

**Fuente:** Elaboración Propia.  
**Nota:** Corresponde a la duración de cada luminaria analizada.



**Figura 39** Vida Útil de las Luminarias.  
**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.3.1.1.4 Costo por Luminaria

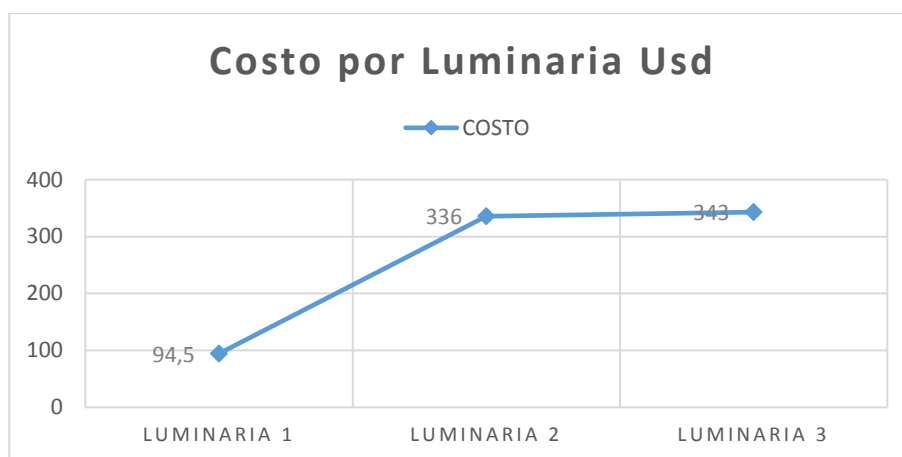
**Tabla 69**

*Costo por Luminaria*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Costo (Uds.)</b>	94,5	336	343

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Corresponde al costo unitario de las luminarias analizadas.



**Figura 40** Costo Por Luminaria.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.3.1.1.5 Costo de Inversión en Luminarias

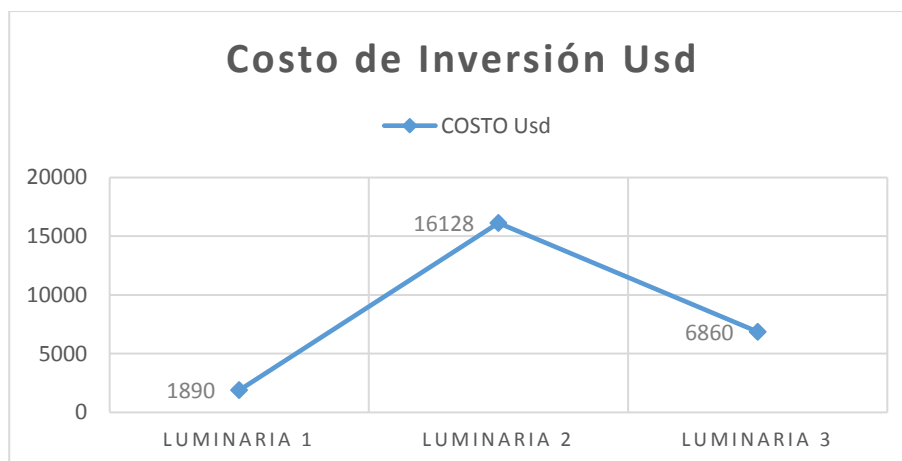
**Tabla 70**

*Costo de Inversión en Luminarias*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Costo/Luminaria(Uds.)</b>	94.5	336	343
<b>Cantidad (Unds)</b>	20	48	20
<b>Costo Total (Uds.)</b>	1890	16128	6860

**Fuente:** Elaboracion Propia.

**Nota:** Es el valor total del costo de inversión dependiendo del precio de cada luminaria.



**Figura 41** Costo de Inversión Usd.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.3.1.1.6 Consumo Eléctrico Mensual

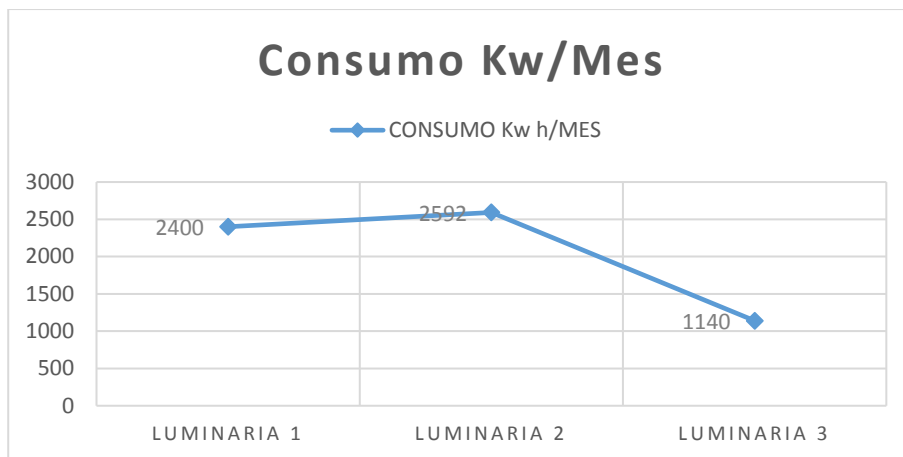
**Tabla 71**

*Consumo Eléctrico Mensual*

	<b>Luminaria 01</b>	<b>Luminaria 02</b>	<b>Luminaria 03</b>
<b>Potencia (w)</b>	400	180	190
<b>Tiempo de uso (horas)</b>	10	10	10
<b>Días por mes (días)</b>	30	30	30
<b>Cantidad (unds)</b>	20	48	20
<b>Consumo (kw/mes)</b>	2400	2592	1140

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Consumo energético por mes en kilovatios.



**Figura 42** Consumo Kw/h/Mes.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.3.1.1.7 Costo Mensual Consumo Eléctrico

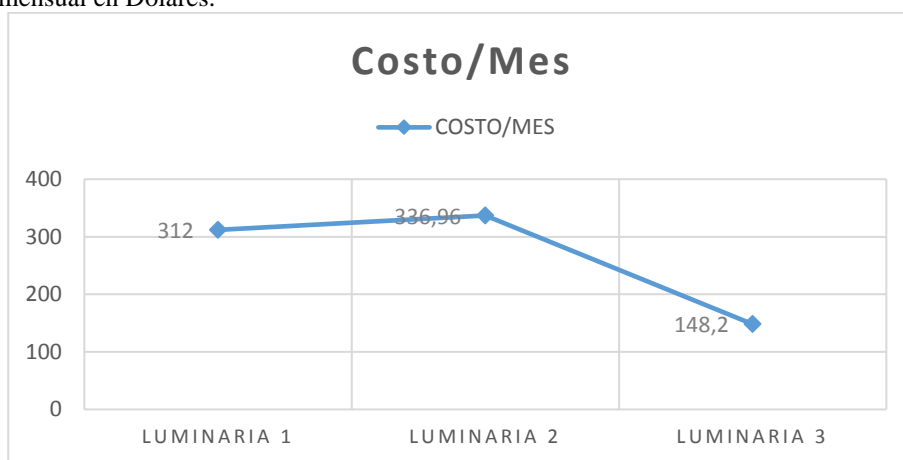
**Tabla 72**

*Costo Mensual Consumo Eléctrico*

	Luminaria 01	Luminaria 02	Luminaria 03
<b>Costo Kw/h (Uds.)</b>		0.13	
<b>Consumo /mes (Kw/mes)</b>	2400	2592	1140
<b>Costo/mes (Uds.)</b>	312	336.96	148.2

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Consumo mensual en Dólares.



**Figura 43** Costo Mensual de consumo eléctrico.


**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.



Mediante el cálculo realizado de comprobación se mantendrá que el nivel de iluminación que emitirá el alumbrado calculado es de 528 lux. el cual es mayor que el requerido que es 500 lux; lo que determina la norma API 5CT especificaciones para casing y tubing y el decreto ejecutivo 2393.

En el análisis que se define mediante el costo beneficio se resalta la mejor opción dentro de las características especificadas.

**Tabla 73**  
*Análisis de Luminarias Tornos CNC*

	<b>Campana sylbell</b>	<b>Sylbell led ultraflat</b>	<b>Evo high bay led</b>
	CAMPANA SYLBELL	SYLBELL LED ULTRAFLA	EVO HIGH BAY LED
<b>IMAGEN</b>			
<b>Cantidad de luminarias requeridas (Unds.)</b>	20	48	20
<b>Consumo eléctrico (Kw)</b>	8	8.6 K	3.8
<b>Lúmenes (lm)</b>	30000	16200	21573
<b>Vida útil (horas)</b>	12000	50000	50000
<b>Costo (Uds.)</b>	94.5	336	343
<b>Inversión (Uds.)</b>	1890	16128	6860
<b>Consumo eléctrico mensual (Kw/mes)</b>	2400	2592	1140
<b>Costo mensual de consumo eléctrico (Uds./mes)</b>	312	336,96	148.2

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Nota:** Es el análisis de costo beneficio dependiendo de las características de cada luminaria.

Luego del análisis realizado se tomó en cuenta las mejores opciones resaltadas (amarillo) las cual da como mejor opción la luminaria de CAMPANA SYLBELL con bombillo MH METAL ARC OVOIDE E40.



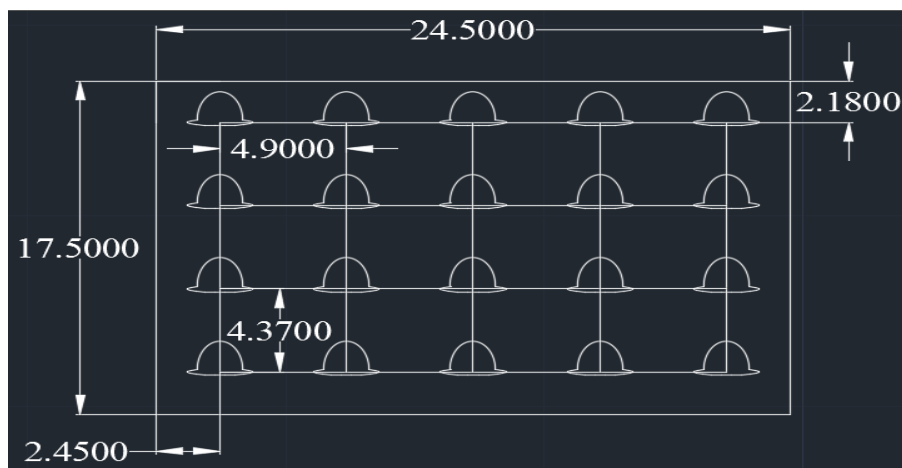
**Figura 44** Luminaria Seleccionada para Tornos Convencionales.

**Fuente:** Silvania (2014) (p. 143).

Mediante el análisis de costo beneficio se denominó a la lámpara seleccionada la cantidad de luminarias requeridas, por el buen nivel de iluminación que emite el bajo costo de adquisición y reposición y el bajo costo de consumo eléctrico por ser multiplicado por el número de luminarias necesarias para iluminar el área de tornos CNC.

### 2.3.1.2 Plano de Distribución de Luminarias

Las luminarias se distribuirán de la siguiente manera: a una altura de suspensión de 4 metros



**Figura 45** Plano Distribución de Luminarias.

**Fuente:** Elaboración Propia datos obtenidos.

### 2.3.1.3 Distancia Máxima entre Luminarias

Luego de calcular las distancias entre luminarias se procederá a comprobar si cumple con la separación máxima entre luminarias y que no afecte en la uniformidad de local mediante la siguiente tabla:

**Tabla 74**  
*Distancia Máxima Entre Luminarias*

Tipo de Luminaria	Altura del Local	Distancia Máxima entre Luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
Extensiva	6 -10 m	$e \leq 1.5 h$
Semiextensiva	4 – 6 m	
Extensiva	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$

Distancia pared – luminaria:  $e/2$

**Fuente:** CITCEA (2012) Cálculo de Instalaciones de Alumbrado (p. 03).

**Nota:** Se la determina mediante la altura donde se encuentran suspendidas las luminarias y esta debe ser  $\leq$  a la constante de la distancia entre luminarias.

$$e \leq 1.5 * h$$

$$4.9 \leq 1.5 * 4$$

$$4.9 \leq 6$$

Mediante el análisis se determinó que 4.9 es la separación que mantendrá en el local a iluminar y la distancia máxima de separación es 6 por lo que SI CUMPLE con los criterios de separación de luminarias.

### 2.3.1.4 Comprobación de Resultados

Al final de los cálculos se procederá a realizar una comprobación con los datos obtenidos mediante la siguiente formula.

$$E_m = \frac{n * \phi L * \eta * f_m}{S} > \text{requerido}$$

**Donde:**

$E_m$ = Iluminancia media

$n$ = Número total de luminarias

$\phi L$ = Flujo luminoso de una lámpara

$\eta$ = Factor De Utilización

$f_m$ = Factor de mantenimiento

$S$ = Área del local

$$E_m = \frac{20 * 30000 * 0.63 * 0.6}{24.5 * 17.5} > 500 \text{ lux}$$

$$E_m = \frac{226800}{428.75} > 500 \text{ lux}$$

$$E_m = 528.97 > 500 \text{ lux}$$

**2.3.2 Mantenimiento**

Con las luminarias se deben realizar un mantenimiento preventivo para evitar la suciedad y mediante esta evitar la disminución de la iluminación emitida por esta luminaria.

Los mantenimientos se deben realizar por lo menos dos veces al año para mantener las luminarias limpias y evitar la disminución de la iluminación por la suciedad.

Para realizar el mantenimiento respectivo se debe seguir los siguientes pasos:

1. Apagar las luces y desconectar la toma para evitar accidentes esperar que las lámparas se encuentren frías para poder manipularlas sin riesgo alguno.
2. Armar andamios y levantar su correspondiente permiso de trabajo en alturas, usar correctamente el arnés de seguridad para proceder a limpiar las luminarias.

3. Una junto a la luminaria se limpia el polvo con un paño suave. Para eliminar completamente la suciedad se puede preparar una mezcla de agua y alcohol de quemar a partes iguales. Humedecer un paño, se pasa con suavidad por toda la superficie tanto interna como externa.
4. Antes de colocar la lámpara nuevamente en su soporte hay que esperar a que esté completamente seca para evitar cortocircuitos.
5. Por último, una vez en su sitio se puede conectar de nuevo la luz y proceder a su encendido.

### **2.3.3 Reemplazo de Luminarias**

Cuando una luminaria termina su vida útil o por el incremento de energía se queman o tienden a perder la capacidad luminosa por sus horas de vida estas pueden disminuir la iluminación media del área de trabajo causando así una inestabilidad de la iluminación en las áreas de trabajo.

Para ello se deben cambiar los bombillos de la luminaria en el momento que estas presenten una falla o se quemen completamente para mantener una iluminación constante.

Para el cambiar los bombillos de las luminarias de debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar el daño de la luminaria.
2. Armar andamios y levantar su correspondiente permiso de trabajo en alturas, usar correctamente el arnés de seguridad para proceder a cambiar las luminarias quemadas.
3. Verificar el modelo del bombillo la marca y la capacidad y reemplazarlo por otro de las mismas características para que no se tenga una variación de iluminación.
4. Por último, una vez en su sitio se puede conectar de nuevo la luz y proceder a su encendido.

### **2.3.4 Disposición Final de los Bombillos Quemados**

Luego del cambio de bombillos de las luminarias estas se convierten en desecho, más aun estos bombillos son considerados como desechos peligrosos porque contiene en su interior mercurio

y son de vidrio por ende estas no deben ser desechadas en basureros comunes, suelo, vertederos de agua, ríos. Estos deben ser gestionados por un gestor ambiental calificado.

Para ello se debe seguir los siguientes pasos:

1. Desmontar las luminarias quemadas, averiadas y transportarlas hasta el lugar de almacenamiento temporal.
2. Almacenarlas como viene de fábrica de forma individual con su protector de cartón y posteriormente en una caja para evitar que se rompan y poder ser transportados de forma segura evitando riesgos.
3. El personal encargado de los desechos será el responsable de entregar a la empresa gestora calificada las luminarias desechadas para que pueda realizar su destrucción.

### **Conclusiones**

- Se estudió los diferentes conceptos, métodos y técnicas de investigación aplicables para el presente proyecto donde se analizó la mejor expectativa para su aplicación
- En el área de tornos convencionales y tornos CNC el nivel de iluminación en la noche no cumple con lo especificado con la normativa aplicable.
- La uniformidad de la iluminación en las áreas de tornos convencionales y tornos CNC no cumple con las especificaciones según cálculos realizados del análisis de los puntos de medición.
- Se analizó que existen molestias y pérdida de la capacidad visual de los trabajadores de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC.
- Se aplicó la mejor propuesta técnica para el mejoramiento del nivel de iluminación y mantener una uniformidad estable
- Según el análisis se concluye que la mejor luminaria es CAMPANA SYLBELL que darán los mejores resultados.



### **Recomendaciones**

- Aplicar la propuesta de mejora de iluminación del área de tornos convencionales en el cual se mantiene una buena iluminación cumpliendo con los parámetros mínimos que especifica la norma
- Mantener una área bien iluminada con una iluminación uniforme para mejorar el proceso y la condición de las áreas de tornos convencionales y tornos CNC
- Analizar periódicamente el nivel de iluminación para mantener un nivel de iluminación que cumpla la norma y verificar la uniformidad de la misma en las áreas de tornos convencionales y tornos CNC
- Mantener una iluminación constante para evitar el cansancio de la visión o realizar un sobreesfuerzo de la misma al realizar los trabajos y así evitar daños en la capacidad visual
- Realizar un mantenimiento, limpieza y reposición de ser necesario de la luminaria seleccionada para que sea eficiente y que la uniformidad de la iluminación del área se mantenga constante

### Referencias Bibliográficas

- (INSHT), I. N. (01 de 12 de 2015). *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos*. Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewj5tY6D0oXRAhWGbiYKHXRwBkoQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.insht.es%2FInshtWeb%2FContenidos%2FDocumentacion%2FIluminacion%2520en%2520el%2520puesto%2520de%2520trabajo.pdf&usg=AFQjCNF>
- Acero, A. (29 de 10 de 2012). *Scribd*. Obtenido de Metodo Descriptivo: <https://es.scribd.com/doc/111485247/Metodo-descriptivo>
- Alicante, U. d. (02 de 02 de 2011). *Tema 3;Luminotecnia*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16160/1/Tema\\_3\\_EV.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16160/1/Tema_3_EV.pdf)
- Alvarez, J., & Jurgenson , G. (2003). *Como hacer investigación cualitativa* . Barcelona: Paidos SAISF.
- American petroleum institute. (2013). *5 CT requeriment for caising and tubing*. ecuador.
- American Petroleum Institute, (. (2011). *Estados Unidos Patente n° API*.
- Asencio, M. (09 de 06 de 2009). *Procedimiento para cálculos de Iluminación*. Obtenido de Instituto de Enseñanza Secundaria EMÉRITA AUGUSTA: <https://masencio.wikispaces.com/file/view/Procedimiento+para+c%C3%A1lculos+de+Iluminaci%C3%B3n.pdf>
- Asfahl, R., & Rieske, D. (2010). *Seguridad Industrial Y Administración de la Salud*. Mexico: Perason educación.
- Benito, P. (01 de 01 de 2014). *Universidad de Cantabria*. Obtenido de Tema 4 Iluminación: [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&act=8&ved=0ahUKEwjOq8qQsNPRAhVJWCYKHb6FDOKQFgg0MAU&url=http%3A%2F%2Fpersonales.unican.es%2Fbenitop%2FII\\_Tema\\_4\\_Apuntes.pdf&usg=AFQjCNH3NtJBOeZFnR\\_kAjDc7NxHkJj3TQ&sig2=8uicgX5zVex2](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&act=8&ved=0ahUKEwjOq8qQsNPRAhVJWCYKHb6FDOKQFgg0MAU&url=http%3A%2F%2Fpersonales.unican.es%2Fbenitop%2FII_Tema_4_Apuntes.pdf&usg=AFQjCNH3NtJBOeZFnR_kAjDc7NxHkJj3TQ&sig2=8uicgX5zVex2)
- Busquet, L., & Gabarel, B. (2008). *Osteopatía y Oftalmología*. Badalona: Paidotribo.
- Cabaleiro, V. (2010). *Prevención de Riesgos Laborales 3ra Edición* . España: ISBN.

- Castilla, N., Blanca , V., Martinez , A., & Pastor , R. (05 de 05 de 2011). *Liminotecnia; Calculo segun el Método de Lumenes*. Obtenido de Universidad Técnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%C3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20l%C3%BAmenes.pdf>
- Cevilla, R. M. (14 de 09 de 2016). *Manual de Optometria*. Obtenido de Agudeza Visual: [https://www.google.com.ec/?gfe\\_rd=cr&ei=LLrZV5zRNsfI8AfNqr\\_YBA&gws\\_rd=ssl#q=agudeza%20visual%20pdf](https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=LLrZV5zRNsfI8AfNqr_YBA&gws_rd=ssl#q=agudeza%20visual%20pdf)
- Chapa, J. (2004). *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría*. Mexico D.F: LIMUSA S.A.
- CITCEA. (02 de 03 de 2012). *Calculo de Instalacions de Alumbrado* . Obtenido de Universidad Politécnica de Cataluña: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>
- Codigo de trabajo. (s.f.). Código de Trabajo. *Actualización 2013*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Cortez, J. (2007). *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales Seguridad e Higiene Del Trabajo*. Madrid: Tebar, S.L.
- Creus, A., & Mangosio , J. (2011). *Seguridad E Higiene en el Trabajo Un Enfoque Integral*. Buenos Aires: Alfaomega.
- DE LA SOTA, S. (2011). *Prevención de Riesgos Laborales*. España: Paraninfo.
- Decreto Ejecutivo. (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente Labora*. Quito.
- Díaz, P. (2009). *Prevención de Riesgos Laborales Seguridad y Salud Laboral*. Australia: Paraninfo S.A.
- Eco, U. (2014). *Como Se Hace Una Tesis*. Barcelona: GEDISA.
- Enríquez, G. (2004). *El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión* . Balderas: Limusa.
- Francesc, J. (2008). *Medición y Evaluación educativa*. Madrid: ISBN.
- Giraldo , A. (2008). *Salud Ocupacional Prevención De Accidentes*. Colombia: Colombia: Ecoe Ediciones.
- Giraldo , A. (2008). *Seguridad Industrial*. Bogota: Ecoe Ediciones .
- Gonzáles , V. (2004). *Fisica Fundamental*. Mexico: Progreso S.A.
- Henao , F. (2014). *Riesgo fisisco II; Iluminación*. Bogotá: ECOE.

- Henao, F. (2011). *Riesgo Fisico II; Iluminación y Radiaciones*. Bogota: Ecoe Ediciones Ltda.
- Human, H. G. (2005). *Manual de técnicas de investigación*. Lima: IPLADEES S.A.C.
- Laszlo, C. (07 de 12 de 2002). *Manual\_de\_Luminotecnia*. Obtenido de Lighting Desing & Asoc.: [http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual\\_de\\_Luminotecnia.PDF](http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF)
- León , I., & Toro , J. (2007). *paradigmas y metodos de investigacion en tiempos de cambio* . Caracas-Venezuela: CEC S.A.
- Lumika. (01 de 12 de 2016). *Calculo de iluminacion*. Obtenido de Lumika: [http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1860/1/unidad\\_47\\_calculo\\_de\\_iluminacion.pdf](http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1860/1/unidad_47_calculo_de_iluminacion.pdf)
- Márquez , V., Gonzáles, J., & Gonzáles, J. (2014). *Eficiencia Energética en las Instalaciones de Iluminación Interior y Alumbrado Exterior*. Malaga: IC Editorial.
- Martínez, C. (2014). *Técnicas e instrumentos de recogida y analisis de datos* . Madrid: ISBN .
- Mondelo, P., Torada, E. G., Gonzáles, O. P., & Gomez Fernández, M. (2001). *Ergonomía 4*. Catalunya: Alfaomega.
- Moreno, J., Fdez, C., & Lasso, D. (2010). *Instalaciones Electricas de Interiores*. Madrid: ISBN.
- Murch, L. (2005). *Métodos y Técnicas de Investigación*. Mexico: ISBN.
- Raitelli, M. (17 de 06 de 2002). *cap08; Diseño de Iluminacion para Interiores*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>
- Ramírez Lavassa, C. (2012). *Seguridad Industrial Un Enfoque Integral*. Mexico: Lumisa.
- Reeves, E. (2004). *Vademécum de Electricidad*. Barcelona: Reverte S.A.
- Retana Corona, M. (2009). *El arte de la iluminacion*. Mexico: ISBN.
- Rubio , J. (2015). *Manual para la formacion de Nivel Superior en Prevención de Riesgos Laborales* . Diaz de Santos.
- Salgado Benitez, J. (2007). *Higiene y Seguridad Industrial*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.
- Sánchez Rivero, J. M., Palomino Márquez , T., Gonzáles Barriga, J., & Tejeda Montesinos , J. (2011). *El coordinador de seguridad y salud*. Madrid: Fundacion Confemetal.
- Senner, A. (1994). *Principios de la Electrotecnia*. Barcelona: Reverté S.A.

Serra, R., & Coch, H. (2001). *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona: UPC.

Silvania. (03 de 05 de 2014). *Catalogo 2014-2015*. Obtenido de [www.silvania.com](http://www.silvania.com):  
<http://www.sylvania.com.ec/catalogos/catalogo-general-sylvania-2016-2017/>

Soto , J. (1996). *Fundamentos Sobre el Ahorro de Energia* . Yucatan: Universidad Autonoma de Yucatan.

## Anexos

## Anexo 1 Certificado De Calibración

Todo lo relacionado con asesoría, control metrológico e instrumentación



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
*Certificate Calibration*

NÚMERO: C 27886  
Número  
Página 1 de 4

<b>INSTRUMENTO:</b> <i>Instrument</i>	RADIONETE/PHOTOMETER
<b>FABRICANTE:</b> <i>Manufacturer</i>	SPECTROLINE ACCUMAX
<b>MODELO:</b> <i>Model</i>	XRF-3000
<b>NÚMERO DE SERIE:</b> <i>Serial number</i>	1915612
<b>CÓDIGO:</b> <i>Code</i>	N.P
<b>SOLICITANTE:</b> <i>Customer</i>	TECNOLPET S.A.
<b>DIRECCIÓN:</b> <i>Address</i>	Kilometro 8 VIA LAGO AGRO - ORELLANA
<b>CIUDAD:</b> <i>City</i>	ORELLANA - ECUADOR
<b>LUGAR DE CALIBRACIÓN:</b> <i>Calibration place</i>	CALLE 46 No 45 - 16 ITAGUI - ANTIOQUIA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> <i>Date of reception</i>	2016-03-29
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b> <i>Calibration date</i>	2016-03-30

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS:** ( 4 )  
*Number of pages of this certificate and documents attached*

Los resultados contenidos en el presente informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. G & I Metrología e Instrumentación S.A.S. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.  
*The results of this certificate is the moment and conditions in which the measurements were made. G & I Metrología e Instrumentación S.A.S. assumes no responsibility for damages arising from use of the calibrated instruments.*

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emitió.  
*This report may not be partially or total reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.*

 Calle 46 No. 45-16 - Itagüí - Antioquia
  448 54 24
  www.gymetrologia.com
  gymetrologia@gmail.com

Fuente: TECNOLPET.

## Anexo 2 Área de tornos convencionales



Fuente: SERVISILVA CIA LTDA.

## Anexo 3 Área de tornos CNC



Fuente: SERVISILVA CIA LTDA.



#### Anexo 4 Equipo de medición de luxes



Fuente: SERVISILVA CIA LTDA.

#### Anexo 5 Punto De Medición



Fuente: SERVISILVA CIA LTDA.