

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

Evaluación de las condiciones ergonómicas ambientales en el sistema de transporte urbano de pasajeros de la Ciudad de México

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADOS EN
INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

PRESENTAN

GLAVIOLA GARCÍA CRUZ

JOSÉ ANTONIO MONTIEL GARCÍA

Director del trabajo recepcional

M. en I. Juan Gilberto Salas Márquez

Ciudad de México, junio de 2017.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

Dedicatorias de Glaviola.

A mis padres.

Paula Cruz y Eliseo García.

Por estar conmigo en todo momento, por permitirme seguir estudiando alentándome a superarme y concluir con esta etapa importante para mí, por su esfuerzo cotidiano para brindarme lo necesario y así alcanzar mi meta. Gracias por ser un ejemplo en mi vida y por su apoyo incondicional.

A mis sobrinos Mateo, Cristian y Zoé.

Aunque son muy pequeños son el mayor motivo para superarme cada día, gracias por llenar mi vida de alegría.

A mis hermanos Omar, Jhonny y Abel.

Por el apoyo absoluto brindado a lo largo de toda mi vida, por los buenos momentos que hemos pasado juntos y gracias por sus palabras de aliento que influyeron para que concluyera este trabajo.

A José Antonio Montiel.

Agradezco que seas parte de mi vida y que hayas compartido conmigo esta etapa importante para los dos, colaborando en el proceso de la elaboración de este trabajo, gracias por animarme a seguir adelante y por ser paciente conmigo.

Dedicatorias de José Antonio.

A mis padres.

Silvia García y Antonio Montiel.

Agradeciendo su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, son los que impulsaron a concluir mis estudios a pesar de los obstáculos que se fueron presentando en el trayecto, sus consejos me han guiado a ser un hombre de bien, espero se sientan orgullosos de mí a pesar de mis errores.

A mi hermana.

María de los Angeles Montiel.

Por estar siempre presente en los momentos buenos y malos de mi vida, te quiero mucho, cuenta siempre conmigo.

A mis padrinos.

Lidia García y Daniel Pérez.

Por brindarme cariño y por considerarme un integrante más de su familia. Hoy que llego a una de mis metas guardo para ustedes un sentimiento de gratitud, porque al abrirme las puertas de su amistad me brindaron su compañía, su apoyo moral y por supuesto su corazón. Por todo esto y más, hoy digo ¡Gracias!.

A mis primos Montiel y García.

Abigail, Alejandra, Azucena, Erika, Fernanda, Ileana, Ilse, Karla, Kenia, Maru, Nancy, Rebeca, Luis Alberto, Alejandro, Luis Arturo, Daniel, Gerardo, José Luis, Lemuel, Luis Martín, Miguel Ángel.
Por los momentos maravillosos que hemos compartido y por sus palabras de aliento.

A Gladiola García.

Por brindarme la confianza para realizar juntos esta investigación que es un logro muy importante para mí, gracias por ayudar a superarme y a no renunciar a mi meta, te convertiste en algo especial en mi vida y espero seguir compartiendo más logros a tu lado.

Agradecimientos.

A la Universidad Autónoma de la Ciudad de México por brindarnos la oportunidad de obtener mayor conocimiento en nuestras vidas y de esta manera concluir una carrera universitaria, además del apoyo ofrecido durante nuestra estancia.

Al M. en I. Juan Gilberto Salas Márquez por compartir su conocimiento con nosotros y por brindarnos su tiempo para la realización de esta investigación.

Al Dr. Alberto Valdés Palacios, al M. en I. Raúl Soto Peredo y al Mtro. Julio Iván Martínez Cortijo quienes se tomaron la molestia de revisar y proporcionarnos sus observaciones para la mejora de esta investigación.

Al Ing. Guillermo Murcio Flores agradecemos el apoyo y comprensión brindados.

A Miguel Angel Garcia Alva agradeciendo el apoyo y facilitar el acceso a su unidad perteneciente a la Ruta 37.

Al Sistema de Transporte Colectivo Metro por ofrecernos las facilidades para la recolección de datos en campo dentro de sus instalaciones, agradecemos que hayan aceptado ser parte de esta investigación.

Al Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros Metrobús por permitirnos realizar el trabajo de campo dentro de sus instalaciones concediendonos el acceso gratuito y por ser partícipes de esta investigación.

Contenido

Introducción.....	12
<i>Objetivo general</i>	13
<i>Objetivos Particulares</i>	13
<i>Justificación</i>	13
<i>Metodología</i>	14
<i>Resumen de Capítulos</i>	17
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.....	18
1.1 Transporte Público en la Ciudad de México.....	23
1.1.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro.....	24
1.1.2 Metrobús.....	30
1.1.3 Transporte Público Concesionado.....	34
CAPÍTULO 2. ERGONOMÍA AMBIENTAL.....	36
2.1 Antecedentes Históricos.....	36
2.2 Concepto General.....	38
2.3 Clasificación de Ergonomía.....	39
2.4 Ergonomía Ambiental.....	39
2.5 Iluminación.....	40
2.5.1 La Visión Humana.....	42
2.5.2 Visibilidad.....	42
2.5.3 Partes Del Ojo Humano.....	42
2.5.4 Efectos de una Mala Iluminación.....	43
2.5.5 Aparato de Medición de la Iluminación.....	44
2.6 Ruido.....	45
2.6.1 Tipos De Ponderación.....	46
2.6.2 El Oído Humano.....	47
2.6.3 Efectos del Ruido en el ser Humano.....	49
2.6.4 Aparato de Medición del Ruido.....	50
2.7 Temperatura.....	51
2.7.1 Transferencia de Calor desde el Cuerpo Humano.....	51
2.7.2 Ley Cero de la Termodinámica.....	55
2.7.3 Efectos de Calor en la Salud.....	55

Contenido

2.7.4 La Evaporación del Sudor.....	56
2.7.5 Aparato de Medición de Temperatura.....	57
2.8 Ergonomía Ambiental en el Transporte.	58
2.8.1 Iluminación.....	58
2.8.2 Ventilación.....	60
2.8.3 Ruido.....	61
2.8.4 Normas Oficiales Mexicanas.....	61
CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE ILUMINACIÓN.....	71
Recolección de datos.....	71
3.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro.....	73
3.2 Metrobús.....	84
3.3 Transporte público concesionado (Midibús).....	92
CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE RUIDO.....	94
Recolección de datos.....	94
4.1 Resultados de Sistema de Transporte Colectivo Metro.....	101
4.2 Resultados de Metrobús.....	105
4.3 Resultados de Transporte público concesionado (Midibús).....	109
CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE TEMPERATURA.....	110
Recolección de datos.....	110
5.1 Resultados Sistema de Transporte Colectivo Metro.....	122
5.2 Resultados de Metrobús.....	125
5.3 Resultados de Transporte público concesionado (Midibús).....	127
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	128
6.1 Iluminación.....	128
6.2 Ruido.....	132
6.3 Temperatura.....	140
Conclusiones.....	151
<i>Bibliografía</i>	155
ANEXO I. PERMISOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS POR SISTEMA.....	161
ANEXO II. REGISTRO DE TRABAJO RECEPCIONAL.....	163

Índice de Figuras.

Figura 1.1 Las zonas metropolitanas más grandes de la OCDE, 2012	19
Figura 1.2 Jerarquía de la Movilidad.....	21
Figura 1.3 Calle Completa	23
Figura 1.4 Tipo de rodadura de trenes.....	28
Figura 1.5 Conformación de un tren de STC Metro	29
Figura 1.6 Autobús Articulado, Volvo BRT 7300.....	32
Figura 1.7 Autobús Biarticulado, Volvo BRT 7300	33
Figura 1.8 Autobús Híbrido, Volvo 7700	33
Figura 1.9 Autobús Mercedes Benz, Eurocar 2003	34
Figura 1.10 “Chatarrización” de unidades de transporte público.....	35
Figura 2.1 Objetivos de la Ergonomía.....	38
Figura 2.2 Circuito “Hombre Maquina”	39
Figura 2.3 Relación entre iluminación, Luminiscencia y Brillantez.....	40
Figura 2.4 Niveles de iluminación en función de las tareas realizadas	41
Figura 2.5 Partes del ojo Humano	43
Figura 2.6 Pérdida de la visión al paso de los años.....	44
Figura 2.7 Luxómetro HER-410	44
Figura 2.8 Espectro de frecuencias audibles	46
Figura 2.9 Partes del Oído Humano	48
Figura 2.10 Sonómetro HER 402.....	50
Figura 2.11 Mecanismos de pérdida de calor desde el cuerpo humano.....	52
Figura 2.12 Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor de una persona vestida	54
Figura 2.13 Monitor de temperatura ambiental TGBH	58
Figura 2.14 Ubicación del alumbrado	59
Figura 2.15 Esquema indicativo de iluminación incidente y reflejante	63
Figura 2.16 Puntos de medición de iluminación en la unidad de transporte	65
Figura 2.17 Puntos de medición de ruido y temperatura en la unidad de transporte.....	70
Figura 3.1 Medición de Iluminación reflejada en Piso de andén 08:06 p.m.	72
Figura 3.2 Medición de Iluminación incidente en Piso de andén 08:06 p.m.	72
Figura 3.3 Iluminación interior del Tren FE-07.....	73
Figura 3.4 Iluminación interior del Tren FM-95A.....	73
Figura 3.5 Iluminación interior del Tren FM-86.....	73
Figura 3.6 Estación La Paz 09:26 a.m.....	73
Figura 3.7 Estación Tepalcates 10:07 a.m.....	73
Figura 3.8 Estación Pantitlán 10:28 a.m.....	73
Figura 3.9 Estación Pantitlán 12:41 p.m.....	74
Figura 3.10 Estación Tepalcates 12:52 p.m.....	74
Figura 3.11 Estación Acatitla 01:46 p.m.....	74
Figura 3.12 Estación La Paz 07:46 p.m.....	74
Figura 3.13 Estación Acatitla 08:27 p.m.....	74
Figura 3.14 Estación Pantitlán 08:49 p.m.....	74
Figura 3.15 Iluminación interior del Tren FE-10.....	76
Figura 3.16 Iluminación interior del Tren FE-10.....	76
Figura 3.17 Estación Mixcoac 08:57 a.m.....	77
Figura 3.18 Estación Ermita 09:32 a.m.....	77
Figura 3.19 Estación Periférico 09:58 a.m.....	77
Figura 3.20 Estación Mixcoac 01:06 p.m.....	77
Figura 3.21 Estación Zapata 01:27 p.m.....	77
Figura 3.22 Estación Atlalilco 01:48 p.m.....	77
Figura 3.23 Estación Atlalilco 07:38 p.m.....	77
Figura 3.24 Estación Mixcoac 08:00 p.m.....	77
Figura 3.25 Estación Periférico 08:43 p.m.....	77
Figura 3.26 Iluminación interior del Tren NM-79.....	80
Figura 3.27 Iluminación interior del Tren NM-83.....	80
Figura 3.28 Iluminación interior del Tren MP-68.....	80
Figura 3.29 Iluminación interior del Tren NM-02.....	80
Figura 3.30 Estación Mixcoac 08:48 a.m.....	81
Figura 3.31 Estación El Rosario 09:36 a.m.....	81
Figura 3.32 Estación Tacuba 10:09 a.m.....	81
Figura 3.33 Estación Mixcoac 12:03 p.m.....	81
Figura 3.34 Estación Refinería 12:34 p.m.....	81

Índice de Figuras.

Figura 3.35 Estación El Rosario 12:49 p.m.....	81
Figura 3.36 Estación Tacubaya 07:30 p.m.	81
Figura 3.37 Estación El Rosario 09:00 p.m.....	81
Figura 3.38 Estación Barranca del Muerto 09:00 p.m.....	81
Figura 3.39 Interior del Vehículo Articulado.....	84
Figura 3.40 Estación La Raza 12:09 p.m.....	84
Figura 3.41 Estación La Joya 01:08 p.m.....	84
Figura 3.42 Estación indios verdes 04:16 p.m.	84
Figura 3.43 Estación Nápoles 07:55.....	85
Figura 3.44 Estación La Piedad 08:16.....	85
Figura 3.45 Interior del Vehículo Hibrido.....	86
Figura 3.46 Estación Eduardo Molina 09:44 a.m.	87
Figura 3.47 Estación Teatro Blanquita 10:14 a.m.	87
Figura 3.48 Estación Buenavista 12:39 p.m.	87
Figura 3.49 Estación Juárez 01:06 p.m.	87
Figura 3.50 Estación San Lázaro 01:52 p.m.....	87
Figura 3.51 Estación Buenavista 06:56 p.m.	87
Figura 3.52 Estación Juárez 07:22 p.m.	87
Figura 3.53 Estación Buenavista 08:51 p.m.	87
Figura 3.54 Vehículo Articulado.....	89
Figura 3.55 Interior del Vehículo.....	89
Figura 3.56 Estación San Juan de Aragón 10:34 a.m.....	89
Figura 3.57 Estación El Rosario 11:39 a.m.....	89
Figura 3.58 Estación El Rosario 12:32 p.m.....	90
Figura 3.59 Estación Montevideo 12:57 p.m.....	90
Figura 3.60 Estación Villa de Aragón 01:56 p.m.....	90
Figura 3.61 Estación Villa de Aragón 07:07 p.m.....	90
Figura 3.62 Estación San Juan de Aragón 07:35 p.m.....	90
Figura 3.63 Estación El Rosario 08:44 p.m.....	90
Figura 3.64 Interior del vehículo 08:30 a.m.....	92
Figura 3.65 Interior del vehículo 02:30 p.m.....	92
Figura 3.66 Interior del vehículo 08:40 p.m.....	92
Figura 3.67 Iluminación Incidente 08:40 p.m.	92
Figura 3.68 Iluminación Reflejada 08:40 p.m.....	92
Figura 4.1 Medición de Ruido en vagón STC Metro, Línea A, 08:23 p.m.	95
Figura 4.2 Medición de Ruido en vehículo Metrobús Línea 1, 09:30 a.m.	105
Figura 4.3 Medición de Ruido en vehículo Mercedes Benz 08:54 p.m.	109
Figura 4.4 Medición de Ruido en vehículo Mercedes Benz 07:00 p.m.	109
Figura 5.1 Medición de temperatura en vagón STC Metro, Línea A, 08:23 p.m.	111
Figura 5.2 Medición de temperatura en andén STC Metro, Línea A, 10:09 a.m.	111
Figura 5.3 Medición de temperatura en vagón STC Metro, Línea 7, 10:17 a.m.	112
Figura 5.4 Medición de temperatura en andén STC Metro, Línea 7, 10:00 a.m.	112
Figura 5.5 Medición de temperatura en vagón STC Metro, Línea 12, 02:11 p.m.	112
Figura 5.6 Medición de temperatura en andén STC Metro, Línea 12, 09:58 a.m.	112
Figura 5.7 Medición de temperatura en vagón Metrobús, Línea 6, 11:18 a.m.	113
Figura 5.8 Medición de temperatura en andén Metrobús, Línea 6, 02:11 p.m.....	113
Figura 5.9 Medición de temperatura en vagón Metrobús, Línea 4, 09:44 a.m.	113
Figura 5.10 Medición de temperatura en andén Metrobús, Línea 4, 01:20 p.m.....	113
Figura 5.11 Medición de temperatura en vagón Metrobús, Línea 1, 02:11 p.m.	114
Figura 5.12 Medición de temperatura en andén Metrobús, Línea 1, 08:35 p.m.	114
Figura 6.1 Piso de mármol, luz amarilla de Anden La Paz 07:43 p.m.	129
Figura 6.2 Piso de mármol, luz blanca de Anden Pantitlán 08:49 p.m.	129
Figura 6.3 Piso de ladrillo en andén de Auditorio 01:33 p.m.....	129
Figura 6.4 Piso de mármol en andén de Refinería 12:34 p.m.....	129
Figura 6.5 Piso de mármol en andén de Atlalilco 01:33 p.m.....	130
Figura 6.6 Piso de mármol en andén de periférico 08:43 p.m.	130
Figura 6.7 Ventilador de Vehículo Volvo 7300, Línea 1, Metrobús.	143
Figura 6.8 Ventanilla Vehículo Volvo 7300, Línea 1, Metrobús.....	143
Figura 6.9 Sistema de ventilación parte de adelante de Autobús Volvo Hibrido, Línea 4, Metrobús.	143
Figura 6.10 Sistema de ventilación parte de atrás de Autobús Volvo Hibrido, Línea 4, Metrobús.	143
Figura 6.11 Interior de autobús Mercedes Benz, Eurocar 2003. (Número de asientos modificado).	144
Figura 6.12 Salida de emergencia de autobús Mercedes Benz, Eurocar 2003. (Descompuesta).	144

Índice de Tablas.

Tabla 1.1 Longitudes de las Líneas (km).....	28
Tabla 1.2 Distribución de Trenes.....	29
Tabla 1.3 Capacidad de pasajeros por tren.....	30
Tabla 1.4 Kilómetros de corredor.....	31
Tabla 1.5 Tipo de vehículos Metrobús.....	32
Tabla 1.6 Distribución de vehículos en Líneas de Metrobús.....	33
Tabla 2.1 Cronología de contribuciones a la Ergonomía.....	36
Tabla 2.2 Niveles de ruido comúnmente encontrados.....	47
Tabla 2.3 Nivel de ruido y sus consecuencias.....	49
Tabla 2.4 Clasificación de Sonómetros.....	50
Tabla 2.5 Asignación del valor a la resistencia térmica de la ropa.....	53
Tabla 2.6 Coeficientes de entalpia de evaporización.....	54
Tabla 2.7 Niveles Máximos Permisibles de Reflexión.....	62
Tabla 2.8 Niveles de iluminación.....	64
Tabla 2.9 Límites Máximos Permisibles de Exposición.....	66
Tabla 2.10 Limite máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas elevadas.....	68
Tabla 2.11 Gasto metabólico y régimen de trabajo según la actividad.....	69
Tabla 3.1 Resultados de iluminación en andén Línea A, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	75
Tabla 3.2 Resultados de iluminación en andén Línea A, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	75
Tabla 3.3 Resultados de iluminación en andén Línea A, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.....	75
Tabla 3.4 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea A.....	76
Tabla 3.5 Resultados de iluminación en andén Línea 12, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	78
Tabla 3.6 Resultados de iluminación en andén Línea 12, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	78
Tabla 3.7 Resultados de iluminación en andén Línea 12, horario de 07:00 a.m. a 09:00 p.m.....	79
Tabla 3.8 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 12.....	79
Tabla 3.9 Resultados de iluminación en andén Línea 7, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	82
Tabla 3.10 Resultados de iluminación en andén Línea 7, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	82
Tabla 3.11 Resultados de iluminación en andén Línea 7, horario de 07:00 a.m. a 09:00 p.m.....	83
Tabla 3.12 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 7 Metro.....	83
Tabla 3.13 Resultados de iluminación en andén Línea 1, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	85
Tabla 3.14 Resultados de iluminación en andén Línea 1, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	85
Tabla 3.15 Resultados de iluminación en andén Línea 1, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.....	86
Tabla 3.16 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 1 Metrobús.....	86
Tabla 3.17 Resultados de iluminación en andén de Línea 4, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	88
Tabla 3.18 Resultados de iluminación en andén de Línea 4, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	88
Tabla 3.19 Resultados de iluminación en andén de Línea 4, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.....	88
Tabla 3.20 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 4 Metrobús.....	89
Tabla 3.21 Resultados de iluminación en andén Línea 6, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	90
Tabla 3.22 Resultados de iluminación en andén Línea 6, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	91
Tabla 3.23 Resultados de iluminación en andén Línea 6, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.....	91
Tabla 3.24 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 6 Metrobús.....	91
Tabla 3.25 Resultados de iluminación en Midibús, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	93
Tabla 3.26 Resultados de iluminación en Midibús, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	93
Tabla 3.27 Resultados de iluminación en Midibús, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.....	93
Tabla 4.1 Niveles máximos y mínimos de ruido Línea A, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	95
Tabla 4.2 Promedios de nivel de ruido en cada fracción de recorrido de Línea A.....	96
Tabla 4.3 Tiempo de Recorrido en cada fracción de Línea A.....	96
Tabla 4.4 Resultados de ruido en vehículos de Línea A.....	101
Tabla 4.5 Resultados de ruido en andenes de Línea A, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.....	101
Tabla 4.6 Resultados de ruido en andenes de Línea A, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.....	101
Tabla 4.7 Resultados de ruido en andenes de Línea A, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.....	102

Índice de Tablas.

Tabla 4.8 Resultados de ruido en vehículos de Línea 7	102
Tabla 4.9 Resultados de ruido en andenes de Línea 7, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.	102
Tabla 4.10 Resultados de ruido en andenes de Línea 7, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.	103
Tabla 4.11 Resultados de ruido en andenes de Línea 7, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.	103
Tabla 4.12 Resultados de ruido en vehículos de Línea 12	103
Tabla 4.13 Resultados de ruido en andenes de Línea 12, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.	104
Tabla 4.14 Resultados de ruido en andenes de Línea 12, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.	104
Tabla 4.15 Resultados de ruido en andenes de Línea 12, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.	104
Tabla 4.16 Resultados de ruido en vehículos de Línea 1 Metrobús	105
Tabla 4.17 Resultados de ruido en andenes de Línea 1, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.	105
Tabla 4.18 Resultados de ruido en andenes de Línea 1, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.	106
Tabla 4.19 Resultados de ruido en andenes de Línea 1, horario de 6:00 p.m. a 09:00 p.m.	106
Tabla 4.20 Resultados de ruido en vehículos de Línea 4 Metrobús	106
Tabla 4.21 Resultados de ruido en andenes de Línea 4, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.	106
Tabla 4.22 Resultados de ruido en andenes de Línea 4, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.	107
Tabla 4.23 Resultados de ruido en andenes de Línea 4, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.	107
Tabla 4.24 Resultados de ruido en vehículo de Línea 6 Metrobús	107
Tabla 4.25 Resultados de ruido en andenes de Línea 6, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.	108
Tabla 4.26 Resultados de ruido en andenes de Línea 6, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.	108
Tabla 4.27 Resultados de ruido en andenes de Línea 6, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.	108
Tabla 4.28 Resultados de ruido en vehículo de ruta 37 (Midibús)	109
Tabla 5.1 Velocidad del viento	117
Tabla 5.2 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea A	122
Tabla 5.3 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea A	123
Tabla 5.4 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 7	123
Tabla 5.5 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 7	124
Tabla 5.6 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 12	124
Tabla 5.7 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 12	124
Tabla 5.8 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 1	125
Tabla 5.9 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 1	125
Tabla 5.10 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 4	126
Tabla 5.11 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 4	126
Tabla 5.12 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 6	126
Tabla 5.13 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 6	127
Tabla 5.14 Resultados de cálculos de temperatura en Vehículo de Midibús, Eco. 119, Ruta 37.	127
Tabla 6.1 Ruido promedio de las curvas entre estaciones (Dirección Mixcoac)	134
Tabla 6.2 Ruido promedio de las curvas entre estaciones (Dirección Tláhuac)	134
Tabla 6.3 Pérdida total de calor (QT) por Línea de STC Metro.	145
Tabla 6.4 Pérdida total de calor (QT) por Línea de Metrobús.	146
Tabla 6.5 Pérdida total de calor (QT) Midibús.	146

Índice de Gráficas.

Gráfica 1.1 Población ZMVM.	19
Gráfica 1.2 Pasajeros transportados por STC Metro en 2015	25
Gráfica 1.3 Línea 7, Afluencia de pasajeros por estación 2015	26
Gráfica 1.4 Línea A, Afluencia de pasajeros por estación 2015	27
Gráfica 1.5 Línea 12, Afluencia de pasajeros por estación 2015.....	27
Gráfica 1.6 Pasajeros transportados en un día hábil por Metrobús 2015	31
Gráfica 1.7 Vehículos de Motor Registrados en Circulación en la Ciudad de México.....	32
Gráfica 1.8 Reparto modal por tramos de viaje en la Ciudad de México.	33
Gráfica 1.9 Viajes por tipo de transporte.....	34
Gráfica 1.10 Viajes en Transporte Público.....	34
Gráfica 1.11 Viajes Por Modo de Transporte Público.	35
Gráfica 1.12 Propósito de viajes.	36
Gráfica 1.13 Periodo de máxima demanda de inicio del viaje.	37
Gráfica 1.14 Tiempo promedio de duración de los viajes según tipo de transporte en la ZMVM.	38
Gráfica 1.15 Pasajeros transportados por Línea de STC Metro en 2015.	41
Gráfica 1.16 Línea 7, Afluencia de pasajeros por estación.	42
Gráfica 1.17 Línea A, Afluencia de pasajeros por estación.	42
Gráfica 1.18 Pasajeros transportados en un día hábil por Metrobús.	49
Gráfica 6.1 Factor de Reflexión en vehículos	131
Gráfica 6.2 Ruido Min y Max promedio en vehículos por línea de transporte estudiada.	135
Gráfica 6.3 Ruido Min y Max promedio en andenes por línea de transporte estudiada.....	138
Gráfica 6.4 PPT (dB) promedio dentro de los vehículos de transporte público por Línea estudiada.	139
Gráfica 6.5 PPT (dB) en vehículos, por franja horaria, por línea de transporte estudiada.....	139
Gráfica 6.6 Temperatura de globo registrada en vehículos de las líneas de transporte estudiadas.....	145
Gráfica 6.7 Temperatura de globo en andenes de las líneas de transporte estudiadas.....	147
Gráfica 6.8 Pérdida Total de Calor dentro de los Vehículos por Línea de Transporte Estudiada.....	150
Gráfica 6.9 Pérdida Total de Calor en Andenes por Línea de Transporte Estudiada.....	150

Introducción.

Debido a que las condiciones del ambiente influyen en el desempeño de las actividades que realizan las personas así como en su salud, la ergonomía ambiental surgió como una medida para mejorar las condiciones laborales de los trabajadores en la industria y de ésta manera lograr un aumento en la producción.

En el transporte público se tiene la teoría de que no se cuentan con las normas específicas para las condiciones ergonómicas ambientales, para lo cual, se estudiaron los casos del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro), Metrobús y el transporte concesionado (Midibús). Para realizar el estudio, se tomaron como referencia las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social que aunque son diseñadas para el área industrial estas se basan en los límites máximos que una persona puede soportar bajo cierto tiempo de exposición.

- NOM-011-STPS-2001: Establece los tiempos máximos permisibles de exposición al ruido.
- NOM-015-STPS-2001: Establece el régimen de trabajo correspondiente según la actividad.
- NOM-025-STPS-2008: Establece los niveles de iluminación para las áreas de trabajo.

Para realizar esta investigación fue necesario contactar a las autoridades correspondientes de STC Metro, Metrobús y Midibús para que autorizaran la toma de mediciones ergonómicas ambientales en andenes y al interior de los vehículos que brindan el servicio de transporte.

Objetivo general.

Conocer y evaluar las condiciones ergonómicas ambientales del Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de México, mediante mediciones de iluminación, temperatura y ruido en los vehículos utilizados por los usuarios de los modos de transporte como son Midibús, STC Metro y Metrobús mediante la comparación con las normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social Correspondientes.

Objetivos Particulares.

- Realizar mediciones de iluminación, ruido y temperatura en vehículos y andenes en Línea A, Línea 7 y Línea 12 de STC Metro; en Línea 1, Línea 4 y Línea 6 de Metrobús; en ruta 37, ramal 10 de Mayo – Aeropuerto, en tres diferentes rangos de horario, matutino, vespertino y nocturno.
- Analizar y evaluar los datos obtenidos con respecto a las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social, NOM-011-STPS-2001, NOM-015-STPS-2001 y NOM-025-STPS-2008 que norman los niveles máximos de ruido, temperatura e iluminación en condiciones laborales

Justificación.

Las condiciones ergonómicas ambientales son de gran importancia para la comodidad del ser humano ya que de estas depende el desempeño de la actividad realizada; además afectan la salud al tener un cierto periodo de exposición, las cuales generalmente pasan desapercibidas. En México no hay normas que regulen los límites máximos de condiciones de iluminación, ruido y temperatura en el sistema de transporte público de pasajeros. Por ello esta investigación se realizó con la finalidad de conocer en qué circunstancias se encuentran, ya que de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2007), en la Encuesta Origen-Destino 2007 (EOD 2007), es donde se realizan el 68% de los viajes diarios en la Zona Metropolitana del Valle de México (Metro, Metrobús, Tren Ligero, colectivo, autobús suburbano), mientras que 31% se realiza en transporte privado (Automóvil, bicicleta y motocicleta), el resto se transporta en otros modos (transporte foráneo,

transporte escolar y transporte de personal). Además, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en México las personas requieren 5.7 horas a la semana para poder desplazarse a su trabajo ya que el tiempo de traslado en promedio es de 59 minutos (INEGI, 2007).

Entre los objetivos de la Ley de Movilidad del Distrito Federal, publicada en la Gaceta Oficial del DF, el 14 de julio de 2014, se encuentra incentivar el uso del transporte público de pasajeros para hacer un menor uso del transporte particular y de esta manera disminuir el congestionamiento vial, el tiempo de viaje y la emisión de partículas contaminantes. Uno de los principios de movilidad, mostrados en el artículo 7, fracción V de la Ley de Movilidad, es la “Calidad”; y la cual dice:

“se debe procurar que los componentes de los sistemas de movilidad cuenten con los requerimientos y propiedades aceptables para cumplir su función, producir el menor daño ambiental, ofrecer un espacio apropiado y comfortable para las personas” (Ley de Movilidad del Distrito Federal, 2014).

Además, se debe contar con condiciones de higiene, seguridad y de mantenimiento, todo esto para que se brinde una adecuada experiencia de viaje. En el artículo primero de esta ley también se indica que las personas al elegir la forma de desplazamiento deben contar con condiciones de seguridad, calidad, igualdad y sustentabilidad. Como se observa no se mencionan condiciones ergonómicas ambientales, pero para tener condiciones de confort y seguridad indudablemente éstas deben ser tomadas en cuenta ya que uno de los principios de la ergonomía es que “comodidad es igual a seguridad”.

Metodología.

La investigación realizada fue acerca de las condiciones de iluminación, ruido y temperatura en el STC Metro, Metrobús y Midibús.

Para llevar a cabo el levantamiento de información en campo se requirió de dos semanas en las instalaciones de los modos de transporte estudiados, tiempo que permitió la corrección de datos en caso de ser necesario.

En el STC Metro se realizaron las mediciones en condiciones normales de operación en la Línea A (Pantitlán – La Paz), Línea 7 (Barranca del Muerto – El Rosario) y Línea 12 (Tláhuac – Mixcoac), estas líneas fueron facilitadas por las respectivas autoridades debido a que en la Línea A se tenía la percepción de tener mayores niveles de ruido, la Línea 7 por estar a mayor profundidad que el resto, lo que hacía pensar que es donde mayor temperatura se presentaba y la Línea 12 por ser de reciente creación.

En Metrobús se realizaron mediciones en Línea 1 (Indios Verdes – La Joya) por ser la primera en brindar el servicio, Línea 4 (Buenavista – San Lázaro) porque su recorrido es realizado en vialidades de Centro Histórico de la ciudad, Línea 6 (El Rosario – Villa de Aragón) por ser la más nueva.

Y en Midibús se realizaron las mediciones en la Ruta 37, ramal “10 de Mayo – Metro Aeropuerto”, a bordo del vehículo con número económico 119, la razón por la cual se eligió dicha unidad fue porque se tiene comunicación directa con el concesionario.

Para el STC Metro y Metrobús las mediciones se realizaron en el mes de mayo que corresponde a la estación más calurosa, aunque en el año que se hicieron las mediciones se observaron la presencia de lluvias. Para el caso del Midibús se realizó en agosto porque el contacto con los concesionarios fue difícil pues no permiten este tipo de estudios en sus unidades por temor y desconocimiento del tema aunado a que semanas anteriores el clima lluvioso prevaleció por lo que se decidió esperar un día soleado para medir.

Para la toma de medición de temperatura en vagones y andenes se utilizó el monitor de temperatura ambiental TGBH, QUESTemp 32, el cual se describe más adelante. Las lecturas de temperatura se llevaron a cabo cada cinco minutos en un recorrido de cada una de las líneas antes mencionadas. En vehículos y andenes, las temperaturas registradas fueron las siguientes:

- Temperatura de Globo.
- Temperatura de Bulbo Seco.
- Temperatura de Bulbo Húmedo.
- Humedad Relativa.

Para el caso de la toma de mediciones de Ruido, se utilizó el sonómetro Steren, modelo HER 402, el cual se describe más adelante. Las lecturas se tomaron cada cinco minutos durante un recorrido de cada una de las líneas estudiadas en vagones y andenes.

La razón por la que se hicieron las mediciones cada cinco minutos fue para permitir la estabilización de los valores que los equipos mostraban ya sea por el cambio de lugar o para observar la variación de los valores al permanecer en el mismo.

Para las mediciones de iluminación se utilizó el Luxómetro Steren, modelo HER-410, el cual se describe más adelante. Las mediciones se llevaron a cabo dentro de la unidad, se tomó la lectura de luz reflejada y luz incidente en asientos, piso y paredes; las mediciones también se realizaron en los andenes de STC Metro y Metrobús.

Las actividades antes mencionadas se llevaron a cabo en tres diferentes rangos de horario que son de 8:00 a 11:00 a.m., 12:00 a 03:00 p.m. y 7:30 a 9:00 p.m.

Una vez obtenidos los datos, se capturaron en software Excel® para obtener en el caso de las condiciones de temperatura la pérdida total de calor con ayuda de la ecuación de “transferencia de calor a través de la ropa” de Cengel, Y. (2004), para conocer qué régimen de trabajo corresponde según la NOM-015-STPS-2001.

Para las condiciones de iluminación se calculó el factor de reflexión (K_f), para comparar con los niveles máximos que permite la NOM-025-STPS-2008, según el tipo de superficie.

Para los niveles de ruido se calculó el “Promedio Ponderado de Tiempo” basándose en la metodología de Niebel, B. y Freivalds, A. (2009), donde primero se debe calcular la “Dosis de ruido” conociendo el tiempo de exposición y el nivel de ruido permitido en horas según la NOM-011-STPS-2001.

Resumen de Capítulos.

En el Capítulo 1 se describen las condiciones del servicio de transporte en la Ciudad de México, se muestran datos de la tasa de motorización, de crecimiento poblacional, también se enlistan las principales características de los modos de transporte elegidos para la investigación.

En el Capítulo 2 se muestra la información investigada acerca de la ergonomía ambiental, se menciona la definición sobre la misma y se describen cada uno de los factores ambientales físicos como son iluminación, ruido y temperatura. Mencionando los efectos que tienen sobre el cuerpo humano, además de describir los aparatos de medición que se utilizaron en campo para recabar los datos en los modos de transporte de interés.

En el Capítulo 3 muestra los resultados obtenidos de iluminación en STC Metro, Metrobús y Midibús, se describe el procedimiento realizado para efectuar las mediciones, al mismo tiempo se muestran los cálculos elaborados del factor de reflexión y la comparación con los límites máximos permisibles de la NOM-025-STPS-2008.

En el Capítulo 4 se muestran los resultados de ruido en los modos de transporte estudiados, se describe el procedimiento realizado para llegar a los valores obtenidos de la dosis de ruido y del promedio ponderado de tiempo en cada uno de los rangos de horario propuestos, además de dictaminar si cumple con los niveles máximos de ruido según la NOM-011-STPS-2001.

En el Capítulo 5 se muestran los resultados obtenidos de temperatura en los modos de transporte estudiados, se describe el procedimiento llevado a cabo para determinar la pérdida total de calor y el régimen de actividad al que pertenece según la NOM-015-STPS-2001 en cada uno de los diferentes rangos de horario.

En el Capítulo 6 se analizan los resultados de iluminación, ruido y temperatura de cada una de las líneas de transporte estudiadas, asimismo se hace una comparación entre estas, se mencionan los factores que influyen en los resultados obtenidos de las condiciones ergonómicas ambientales.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

Molinero, A. (2002) menciona en su libro “Transporte Público: Diseño, Operación y Administración”, que el desarrollo del transporte implica un área urbana dinámica que cambia a lo largo del tiempo y espacio en su densidad, lo que trae como resultado un análisis de las condiciones óptimas de operación de los medios de transporte con base en diferentes periodos de crecimiento de las ciudades. Primero se parte de un asentamiento humano (ranchería o villa) hasta llegar a una gran metrópoli. Los requerimientos de los distintos medios de transporte varían a lo largo de cada una de las etapas evolutivas de las ciudades, pasando de una población de baja densidad con viajes dispersos a una población de alta densidad con viajes concentrados a lo largo de un determinado número de arterias y zonas.

El transportarse no es un fin por si solo; las personas no se desplazan por el simple gusto de viajar, para los habitantes la finalidad del transporte es acceder al conjunto de actividades que se dan en una ciudad, (Molinero, A., 2002).

De acuerdo al Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (POZMVM, 2012), se cuenta con una población aproximada de 21 millones de habitantes, está conformada por 16 delegaciones de la Ciudad de México, 59 municipios del Estado de México y por 1 municipio del Estado de Hidalgo. Se considera como el centro económico, político, financiero y cultural del país.

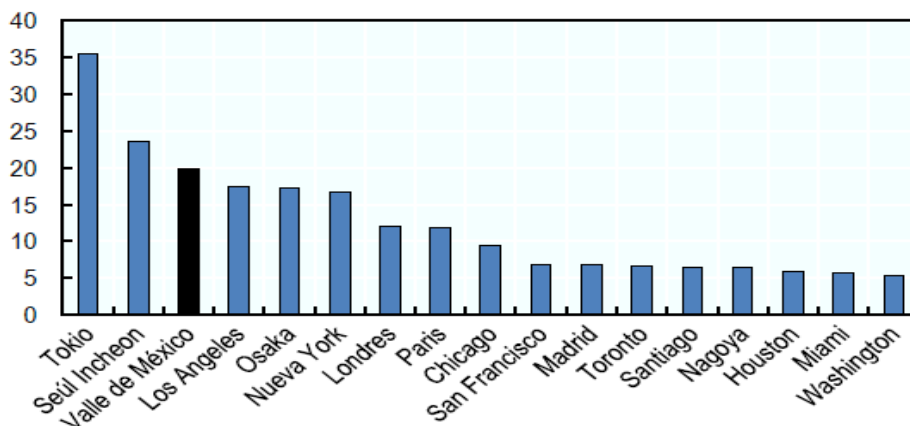
La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es considerada por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), como una de las zonas metropolitanas más grandes, después de ciudades como Tokio y Seúl (Fig. 1.1), abarcando alrededor de 7866 km².

La población que integra la ZMVM representa el 17 % de la población total del país, tiene una densidad poblacional de 13 500 habitantes por km² (OCDE ,2015).

Los habitantes de esta zona metropolitana también representan el 18% de los empleados de México, produciendo el 23% del PIB del país el cual ha aumentado el 1.7% anual entre 2003 y 2010, aunque comparada con otras zonas metropolitanas de la OCDE de similar proporción poblacional como lo son Londres y París, estas producen el 30% del PIB nacional (OCDE, 2015).

Figura 1.1 Las zonas metropolitanas más grandes de la OCDE, 2012.

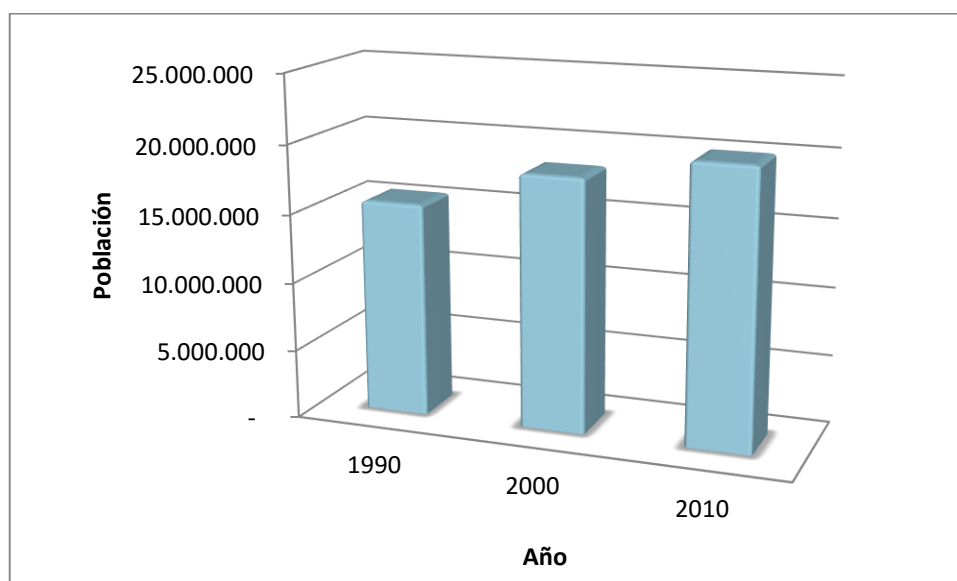
Millones de habitantes, 2012



Fuente: OCDE 2015, Estudios territoriales de la OCDE, Valle de México, “Metropolitan areas”, OECD Regional Statistics (database).

El Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), presenta datos del crecimiento que ha tenido la población de la ZMVM del año 1990 al 2010, (Gráfica 1.1).

Gráfica 1.1 Crecimiento Poblacional de la ZMVM.



Fuente: Elaborado a partir de datos de Consejo Nacional de Población (CONAPO) 2010, Delimitación de las Zonas Metropolitanas 2010.

La CONAPO (2010) indica una tasa de crecimiento media anual del periodo 1990-2000 de 1.7%, mientras que para 2000-2010 de 0.9%.

La OCDE realizó un estudio territorial de la ZMVM, donde se describe que las viviendas de bajo costo se han expandido hacia la periferia pero los empleos se siguen concentrando en las zonas centrales de la metrópolis, el sistema de transporte no ha podido avanzar a la par de dicha situación (OCDE, 2015).

El hecho de que las viviendas se expandan hacia la periferia se debe a que es donde la regulación del uso del suelo es menos restrictiva y es económicamente más accesible. El Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2015 (ONU-Hábitat, 2015), menciona que el 53% del total de empleos formales se concentran en cuatro delegaciones centrales de la Ciudad de México: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza. Alrededor del 40% de los habitantes cruzan al menos una demarcación territorial para llegar a su trabajo, esta situación ha provocado un aumento en las distancias y el tiempo de traslado (OCDE, 2015).

Los microbuses, que son vehículos de baja capacidad de pasajeros y mala calidad de servicio, son la forma de transporte público común en el Valle de México por lo cual el uso del automóvil particular ha ido en aumento (OCDE, 2015), de acuerdo con la empresa TomTom Traffic Index (2016), la Ciudad de México es la que presenta mayor malestar por el congestionamiento vial a nivel mundial, con 59 minutos de tiempo extra de viaje.

La OCDE (2015) indica que actualmente las iniciativas de movilidad del Valle de México están enfocadas para favorecer el acceso multimodal, ya que anteriormente se favorecía a los vehículos particulares, lo cual llevaba a la congestión vial, mayor contaminación, baja productividad y un menor nivel de bienestar.

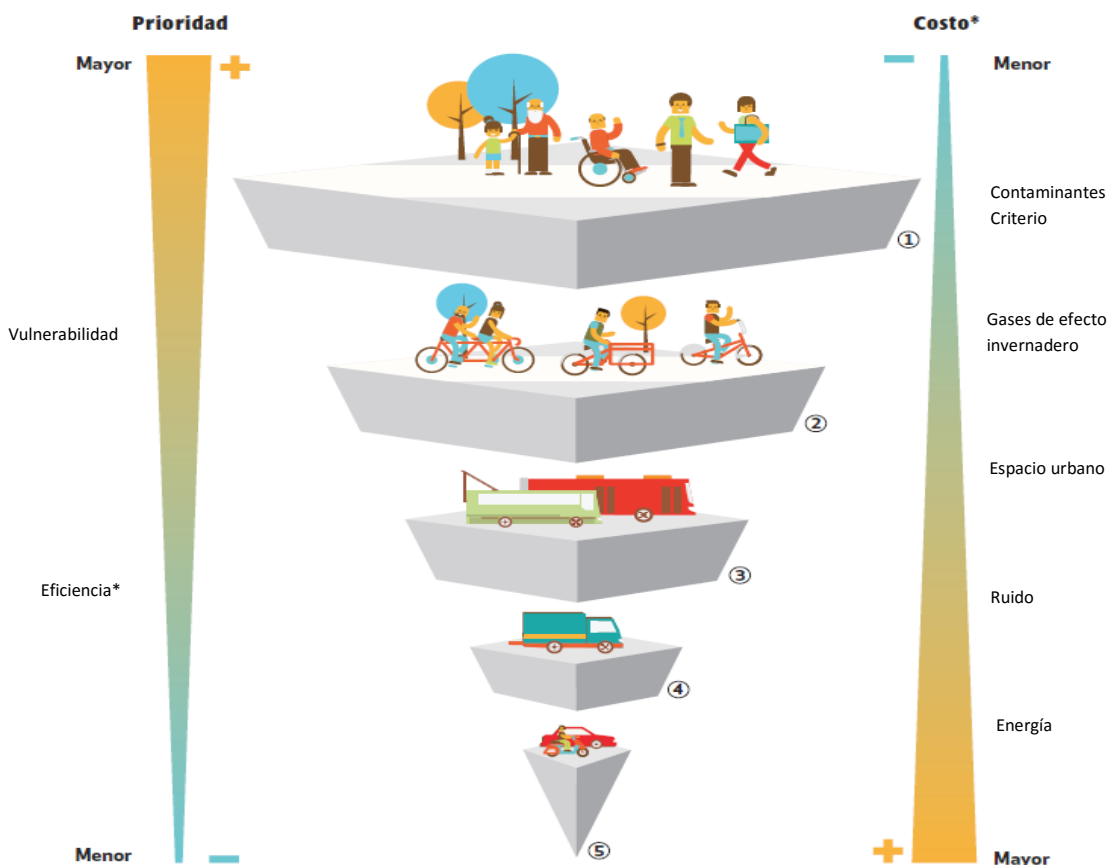
Entre las mejoras para facilitar el acceso a los servicios así como disminuir la contaminación, fue la introducción del Metrobús en la Ciudad de México y el Mexibús en el Estado de México. Otra mejora es el impulso del uso de vehículos no motorizados como lo es el Sistema de Bicicletas de Uso

Compartido (ECOBICI) y la ampliación de la infraestructura de carriles para ciclistas.

De acuerdo con la OCDE (2015), la transformación del marco para el desarrollo de políticas públicas de movilidad se ha dado gracias a la promulgación de la Ley de Movilidad de la Ciudad de México donde se considera a la movilidad como un derecho humano que tienen los ciudadanos para desplazarse de la forma que elijan, sin importar el modo de transporte que se utilice; respetando la jerarquía de movilidad, se pretende que existan “calles para todos” (Fig. 1.2).

En el Programa Integral de Movilidad 2013-2018, clasifica a los usuarios de la vía conforme a su grado de vulnerabilidad y vehículos más eficientes, el orden es el siguiente: peatón, ciclista, transporte público, transporte de carga y transporte particular.

Figura 1.2 Jerarquía de la Movilidad.



Fuente: Programa Integral de Movilidad 2013-2018, pág. 59

En este programa integral de movilidad, en primer lugar se encuentran los peatones por ser los usuarios más vulnerables de la vía y porque el 100% de personas son peatones en algún momento del día. Es decir, el peatón se considera el eje principal de la movilidad porque, sin él, no serían posibles los demás modos de transporte. Los ciclistas ocupan el segundo lugar de la jerarquía, pues se pretende que las personas utilicen medios de transporte no motorizado en algún tramo de su viaje o que se utilicen en viajes cortos. Contribuyendo al cuidado del medio ambiente de la ciudad (PIM, 2013-2018).

En tercer lugar se encuentra el transporte público de pasajeros, motivando la reducción del uso del automóvil particular ya que según el reporte de ONU-Hábitat (2015), el promedio de personas por auto es de 1.8 y de acuerdo con el estudio titulado *“El Diagnóstico y Proyecciones de la Movilidad del Distrito Federal 2013-2018”*, realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), los automóviles ocupan el 85% de espacio vial, mientras que el transporte público utiliza solo el 15%, por esta razón es que el automóvil se encuentran en la quinta posición de la jerarquía de movilidad.

El transporte de carga se encuentra en la cuarta posición porque son ellos los que abastecen a la ciudad con mercancías para satisfacer las necesidades de los habitantes,

En el PIM 2013-2018, señala que en la actualidad las vialidades de la Ciudad de México no invitan a la población a realizar viajes a pie, en bicicleta o transporte público porque la infraestructura para estos modos de transporte es escasa. Una de las medidas que se han llevado a cabo en los últimos años es la implementación de lo que se conoce como “calle completa”, (Fig. 1.3), en la Ciudad de México, con ello se pretende mejorar la movilidad, esta nueva forma de ordenamiento de las calles consiste en una vía pública en la que de manera simultánea se puedan desplazar automóviles particulares, transporte público, bicicletas y peatones, se brinda el espacio necesario para cada uno de los modos de transporte mencionados.

Figura 1.3 Calle Completa.



Fuente: Licea, K. (2013). Metrobús Línea 5, Calle completa, ITDP México.

El Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) en su trabajo de investigación de *“La importancia de reducción del uso del automóvil en México”*, realizada por Salvador Medina Ramírez en 2012, menciona que el nivel de estrés entre los automovilistas puede ser afectado por el problema del congestionamiento vial, lo que trae consigo problemas de salud, personales y laborales, además de que se asocia con paros con conductas peligrosas que generan accidentes poniendo en riesgo a la población (Medina, 2012).

El número de vehículos total a nivel nacional hasta 2014 era de 38, 023,535 vehículos (INEGI, 2014). En México, la tasa media de crecimiento anual vehicular es de 7.4%, mientras que la población es de 1.4% (ONU-Hábitat ,2014).

1.1 Transporte Público en la Ciudad de México.

Actualmente la demanda de transporte público en la ciudad es atendida por:

Organismos públicos descentralizados:

- Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro)
- Servicio de Transportes Eléctricos (STE)
- Red de Transporte de Pasajeros (RTP)
- Metrobús

Operadores privados:

- Transporte público concesionado (Autobuses, microbuses y taxi)

A continuación se describen los sistemas de transporte que son de interés para la investigación realizada.

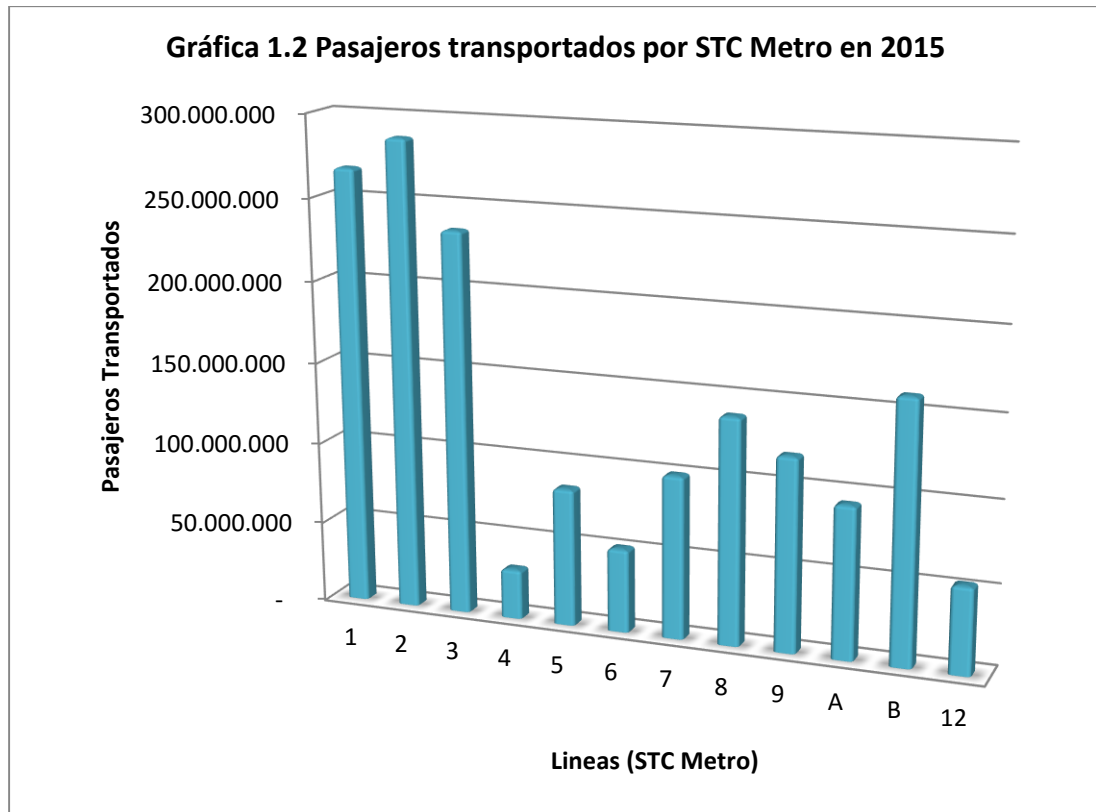
1.1.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro.

El Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro) surgió en la segunda mitad del siglo XX, con la finalidad de mejorar el transporte en la Ciudad de México.

Fue el 4 de septiembre de 1969 cuando se inauguró la Línea 1 del Metro, que se componía de 16 estaciones, con un total de 12.66 km de longitud, que corrían de Zaragoza a Chapultepec, en la actualidad se compone de tres estaciones más llegando así a Observatorio (SEMOVI, 2013).

De acuerdo con la página oficial del Sistema de Transporte Colectivo Metro actualmente cuenta con 12 líneas con un total de 226, 488 kilómetros de red en servicio, en 2015 transporto a 1, 623 millones 828 mil 642 usuarios, con un total de 42 millones 620 mil 362.23 kilómetros recorridos, consumiendo 813 millones 290 mil 813 kilowatts de energía.

En la Grafica 1.2 se muestra los datos de pasajeros transportados por Línea del año 2015.

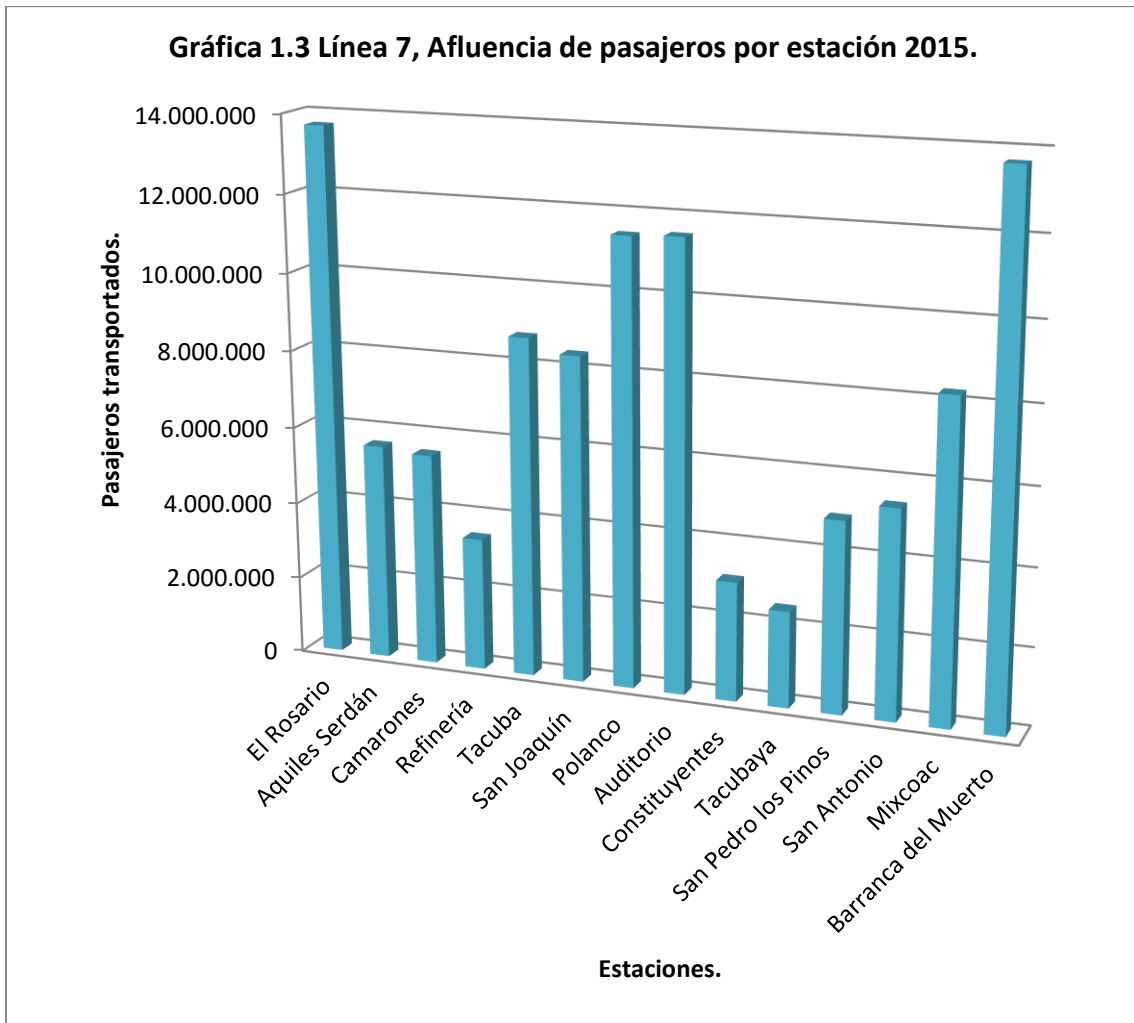


Fuente: Gráfica realizada a partir de datos publicados en la página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, Coordinación de Desarrollo Tecnológico, (www.metro.cdmx.gob.mx)

Como se observa en la gráfica 1.2 las líneas 1, 2 y 3 son las que transportan el mayor número de pasajeros anualmente, siendo la de mayor afluencia la Línea 2.

Para esta investigación el área de operación del STC Metro facilitó el acceso a las líneas donde se creía tener problemas de condiciones ergonómicas ambientales. Por ejemplo para la línea 7 se tenía pensado que es donde existe inconvenientes con la temperatura a causa de la profundidad a la que se encuentra (30 metros), en el caso de la línea A que se sitúa en uno de los accesos a la Ciudad de México más transitados (Av. Ignacio Zaragoza) por lo que se contemplaba que era la línea con mayor nivel de ruido y por último la línea 12 ya que es la más reciente.

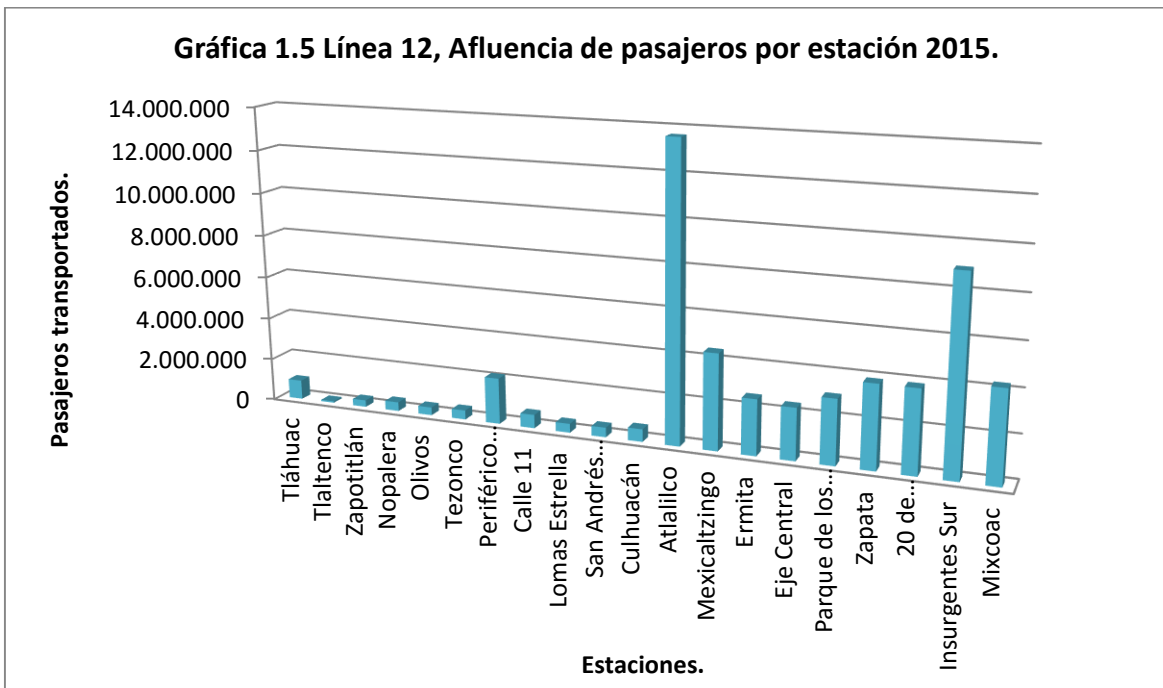
A continuación se muestran la afluencia de pasajeros por estación de las líneas de interés para la investigación (Gráficas 1.3, 1.4 y 1.5).



Fuente: Gráfica realizada a partir de datos publicados en la página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, Coordinación de Desarrollo Tecnológico, (www.metro.cdmx.gob.mx).



Fuente: Gráfica realizada a partir de datos publicados en la página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, Coordinación de Desarrollo Tecnológico, (www.metro.cdmx.gob.mx).



Fuente: Gráfica realizada a partir de datos publicados en la página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, Coordinación de Desarrollo Tecnológico, (www.metro.cdmx.gob.mx).

De las 12 líneas existentes la Línea A y la Línea 12 son férreas, las 10 líneas restantes son neumáticas; 115 estaciones son subterráneas y 54 de superficie; 44 estaciones son de correspondencia; se cuenta con 24 estaciones terminales de las cuales 12 tienen correspondencia, el total de la red es de 226.488 km (Tabla 1.1).

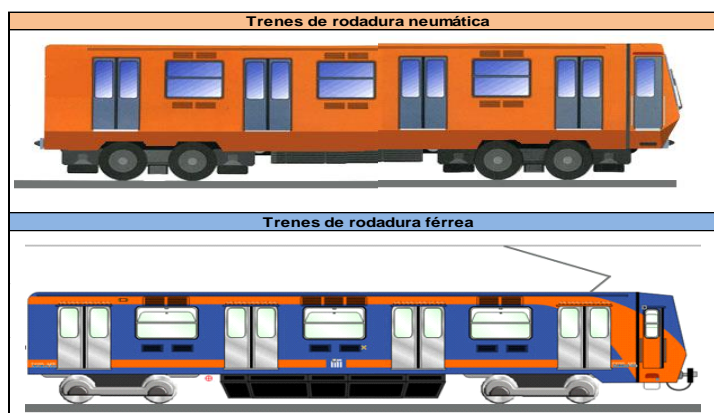
Tabla 1.1 Longitudes de las Líneas (km).

LÍNEAS	SUBTERRÁNEO	SUPERFICIAL	ELEVADO	OPERACIÓN	SERVICIO	VUELTA	TOTAL
1	16.786	0.916	-	17.702	16.654	34.474	18.828
2	12.550	9.456	-	22.006	20.713	42.446	23.431
3	18.145	4.449		22.594	21.278	43.724	23.609
4	-	1.312	9.435	10.747	9.363	19.898	10.747
5	4.951	10.724	-	15.675	14.435	30.109	16.675
6	11.858	1.146	-	13.004	11.434	23.934	13.947
7	17.754	0.646	-	18.400	17.011	35.184	18.784
8	14.301	5.073	-	19.374	17.679	36.676	20.078
9	9.531	-	4.913	14.444	13.033	27.061	15.375
A	2.041	15.151	-	17.192	14.893	30.742	17.192
B	5.380	12.680	4.185	22.245	20.278	41.570	23.722
12	11.400	1.700	11.533	24.633	24.110	49.266	25.100
RED	124.697	63.253	30.066	218.016	200.881	415.084	226.488

Fuente: Datos publicados en la página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, Información tomada de Coordinación de Desarrollo Tecnológico, (www.metro.cdmx.gob.mx).

Para realizar los traslados el STC Metro cuenta con un parque vehicular de 390 trenes que se clasifican en trenes de rodadura neumática (292 trenes de 9 carros y 29 trenes de 6 carros) y de rodadura férrea (12 trenes de 9 carros, 27 trenes de 6 carros y 30 trenes de 7 carros) (Fig. 1.4).

Figura 1.4 Tipo de rodadura de trenes.



Fuente: Página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, Funcionamiento de carro férreo y neumático, (www.metro.cdmx.gob.mx).

La conformación de un tren de 9 coches se muestra en la siguiente imagen.

Figura 1.5 Conformación de un tren de STC Metro.



Fuente: Página de Sistema de Transporte Colectivo Metro, conformación de un tren del metro, (www.metro.cdmx.gob.mx).

M: Representa a los carros motrices equipados con cabina de conducción y con tracción propia.

N: Representa a los carros motrices que con tracción propia y sin cabina de conducción.

R: Representa a los carros remolques.

PR: Representa al carro remolque central que cuenta con el equipo del sistema de pilotaje automático.

El 26% del parque vehicular cuenta con sistema de tracción–frenado de tipo electromecánico JH (árbol de levas), el resto cuenta con un sistema de tracción–frenado con semiconductores y control electrónico que reduce los costos de operación y mantenimiento al recuperar energía durante el frenado eléctrico. Las empresas dedicadas a construir los vehículos del STC Metro son Concarril, Bombardier, Alstom y CAF (STC Metro, 2016).

En horas punta se tienen en operación 282 trenes, el resto se encuentran distribuidos en mantenimiento sistemático, mantenimiento mayor, rehabilitación, proyectos especiales y como reserva. La velocidad comercial de los trenes es de 36 km/h y la velocidad máxima es de 80 km/h, con una frecuencia de operación de 1.30 minutos en hora pico.

Tabla 1.2 Distribución de Trenes.

Líneas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	12	Total
Trenes	49	40	50	12	25	17	33	30	29	39	36	30	390

Fuente: Página de Sistema de Transporte Colectivo Metro (www.metro.cdmx.gob.mx).

Tabla 1.3 Capacidad de pasajeros por tren.

Tren	Sentados	De Pie	Total
6 vagones	240	780	1020
7 vagones	336	1139	1475
9 vagones	360	1170	1530

Fuente: Pagina de Sistema de Transporte Colectivo Metro (www.metro.cdmx.gob.mx).

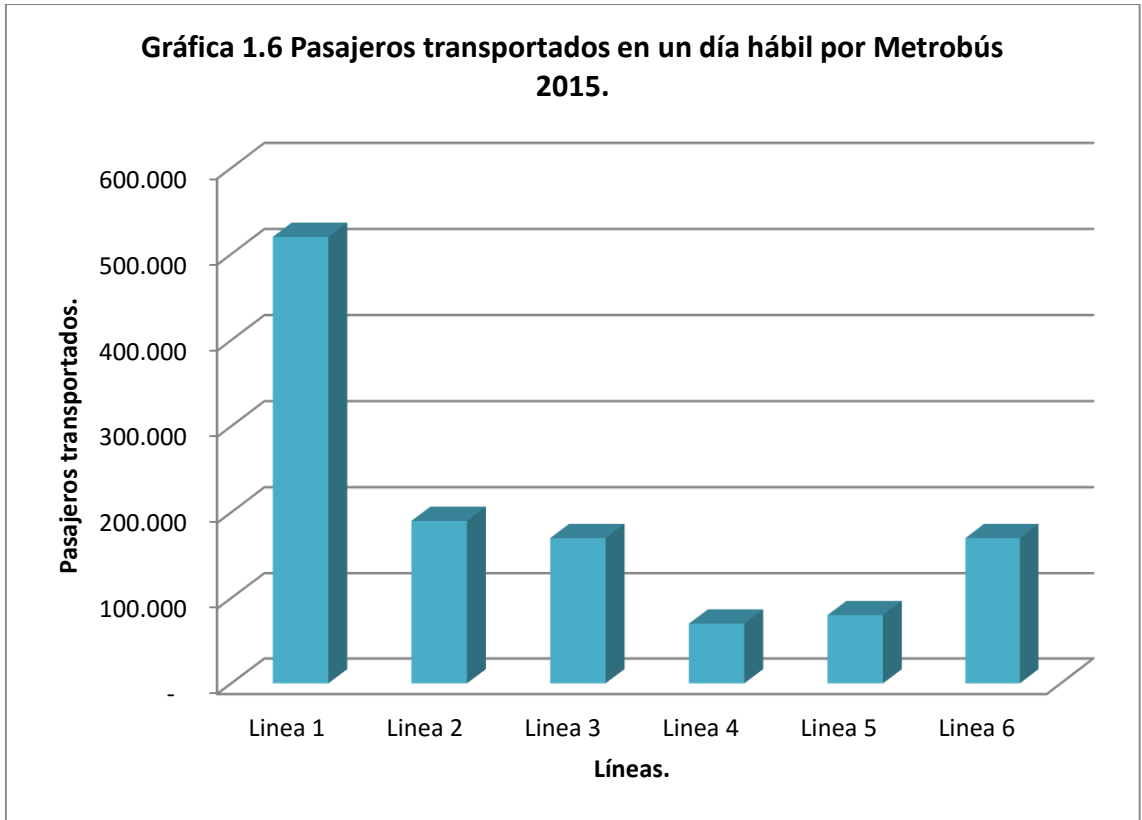
1.1.2 Metrobús.

El Metrobús es un sistema de transporte BRT (Bus Rapid Transit), su infraestructura consiste en un carril confinado lo que le permite un tránsito libre para los autobuses articulados y biarticulados.

El 19 de junio de 2005 se inauguró la Línea 1 de Metrobús, la cual recorre la Avenida de los Insurgentes, la línea del Metrobús de reciente creación es la Línea 6, que fue inaugurada el 21 de enero de 2016, corre de El Rosario a Villa de Aragón (Metrobús, 2015).

El sistema Metrobús se conforma de empresas que brindan el servicio de transporte, empresas de recaudo y de un organismo público descentralizado (Metrobús) que es el que se encarga de la administración, planeación y control del sistema.

Las cifras de pasajeros transportados al día que se tienen se muestran en la Gráfica 1.6.



Fuente: Grafica realizada a partir de datos proporcionados por Metrobús.

Como se observa en la Gráfica 1.6, la Línea 1 de Metrobús es la que tiene mayor afluencia de pasajeros por día, actualmente el sistema transporta a 1, 200,000 pasajeros al día.

La longitud total del sistema es de 125 km, la Línea 1 es la de mayor longitud y la Línea 5 es la más corta con 10 km de longitud (Tabla 1.4).

Tabla 1.4 Kilómetros de corredor.

Metrobús	Longitud (km)
Línea 1	30
Línea 2	20
Línea 3	17
Línea 4	28
Línea 5	10
Línea 6	20
Total	125

Fuente: Elaborado a partir de datos proporcionados por Metrobús.

La flota vehicular de este sistema de transporte, consta de 568 vehículos en el sistema (Tabla 1.5).

Tabla 1.5 Tipo de vehículos Metrobús.

Numero de autobuses	Tipo de Vehículo	Tamaño	Capacidad (Pasajeros)	Características
Diésel: 46 Híbridos: 9	Híbridos + Diésel Modelo: Volvo 7700 Híbrido Modelo: Volvo Euro EEV.	12 m	95 Personas	Peso con pasajeros: 18 T Piso a nivel de banqueta Panorámico Aire acondicionado Cámaras de seguridad a bordo Maletero y portabultos.
449	Articulados Modelo: Volvo BRT 7300	18 m	Total: 160 • Sentados: 41 personas • De pie: 119 personas • 1 espacio para silla de ruedas	Peso con pasajeros: 30 T Piso alto (Plataforma 1 m) Cámaras de seguridad en estaciones
53	Biarticulados Modelo: Volvo BRT 7300	25 m	Total: 240 • Sentados: 53 personas • De pie: 187 personas • 1 espacio para silla de ruedas	Peso con pasajeros: 40.5 T Piso alto (Plataforma 1 m)

Fuente: Elaborado a partir de datos tomados de fichas técnicas de Volvo Buses México (www.volvobuses.mx).

Figura 1.6 Autobús Articulado, Volvo BRT 7300.



Fuente: Ficha técnica Volvo BRT 7300 (www.volvobuses.mx).

Figura 1.7 Autobús Biarticulado, Volvo BRT 7300.



Fuente: Ficha técnica Volvo BRT 7300 (www.volvobuses.mx).

Figura 1.8 Autobús Híbrido, Volvo 7700.



Fuente: Ficha técnica Volvo Híbrido 7700 (www.volvobuses.mx).

La distribución de vehículos en las líneas de Metrobús se muestra en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Distribución de vehículos en Líneas de Metrobús.

Metrobús	Vehículos
Línea 1	225
Línea 2	101
Línea 3	66
Línea 4	55
Línea 5	24
Línea 6	86
Línea 6 s.c.	11
Total	568

Fuente: Elaborado a partir de datos proporcionados por Metrobús 2016.

Para el caso de este modo de transporte se realizaran mediciones ergonómicas ambientales en la Línea 1, 4 y 6. La Línea 1 por ser la primera que comenzó a brindar el servicio en la Ciudad de México; la Línea 6 por ser la de reciente creación; y la Línea 4 porque se piensa que es donde más ruido puede existir, ya que la zona en donde realiza su recorrido es en el centro de la ciudad.

1.1.3 Transporte Público Concesionado.

De acuerdo con la Secretaria de Movilidad de la Ciudad de México (Semovi), la ciudad cuenta con una Red de Transporte Público concesionado que incluye autobuses, microbuses y combis.

El servicio público de transporte concesionado opera con vehículos que en la mayoría de los casos tienen un considerable grado de obsolescencia y en ocasiones no son adecuados para el servicio colectivo (López, M., 2006).

El microbús es un vehículo de 8 metros de longitud y 2.5 de altura, con una capacidad de asientos de 25 sentados y 10 de pie. La velocidad máxima es de 40 a 70 km/h (Juárez, 2016). Los autobuses empleados en el transporte concesionado tienen una capacidad aproximada de 33 pasajeros sentados y 38 de pie, utilizan combustible diésel, con una longitud de 10 metros (Fig. 1.9).

Figura 1.9 Autobús Mercedes Benz, Eurocar 2003.



Las principales características de este modo de transporte según López, M. (2006), son: sobrecarga de las unidades con pasaje, mala planeación de las rutas, mala conducción de la unidad, Incomodidad en el ascenso y descenso de pasajeros, generación de puntos de conflicto en zonas de intercambio modal. En general las unidades tienen un mínimo mantenimiento y son de difícil

accesibilidad, cuentan con paraderos descuidados, existe competencia por el pasaje, no hay respeto por las paradas establecidas provocan desorden vial.

Dentro del equipamiento para el transporte colectivo, existen 45 Centros de Transferencia Modal (CETRAM), que abarcan aproximadamente 80 hectáreas, en las que hay 32 km de bahías, cobertizos, zonas comerciales y de servicios. Proporcionan servicio a cuatro millones de usuarios al día y a 23 mil unidades de transporte público. El 33% de la afluencia se concentra en Indios Verdes, Pantitlán, Chapultepec y Taxqueña (SEMOVI, 2016).

En la forma de organización de los concesionarios prevalece la figura de hombre – camión, lo que repercute en una falta de cultura empresarial, mala operación de los servicios y baja capacidad financiera para hacer frente a los compromisos de mejoramiento y modernización del parque vehicular entre otros (Fig. 1.10).

Figura 1.10 “Chatarrazización” de unidades de transporte público.



Fuente: Metrobús 2013, Movilidad Sustentable, Gobierno da la Ciudad de México.

CAPÍTULO 2. ERGONOMÍA AMBIENTAL.

2.1 Antecedentes Históricos.

La ergonomía ha estado presente desde la existencia del hombre, ya que, desde sus orígenes, este se ha valido de sus facultades adaptándose y utilizando los recursos naturales que cotidianamente lo rodeaban para poder sobrevivir (Cruz y Garnica, 2001).

La ergonomía se considera una ciencia moderna, pero siempre ha existido la preocupación por la adaptación del medio a las personas (Melo, 2002).

De acuerdo con Parra, H. (2011), la ergonomía tuvo origen al final de la Segunda Guerra Mundial, cuando los ingenieros consideraron las características físicas al igual que las capacidades mentales, sensoriales y psicológicas del comportamiento humano bajo diferentes situaciones y condiciones del medio. A lo largo de la historia algunos científicos han buscado reducir las dificultades del trabajo y mejorar el rendimiento. En la tabla 2.1 se enlista una breve cronología de las contribuciones realizadas en beneficio de esta disciplina.

Tabla 2.1 Cronología de contribuciones a la Ergonomía.

Año	Aportación a la Ergonomía
1498-	Leonardo Da Vinci en sus cuadernos de ergonomía, investiga sobre los movimientos de los segmentos corporales.
1512-	Alberto Durero, "El arte de la medicina", estudia sobre el inicio de la antropometría.
1575-	Dios Huerta, busca la adecuación de las profesiones a la posibilidad de las personas.
1700-	Ramazinni, "De Mobis Artificum: La muerte en los Trabajadores", donde comentó la relación entre el trabajo y los daños musculo-esquelético (Meyer, 2015).
1857-	Woitej, menciona por primera vez la palabra ergonomía en su seminario

Naturaleza e Industria.

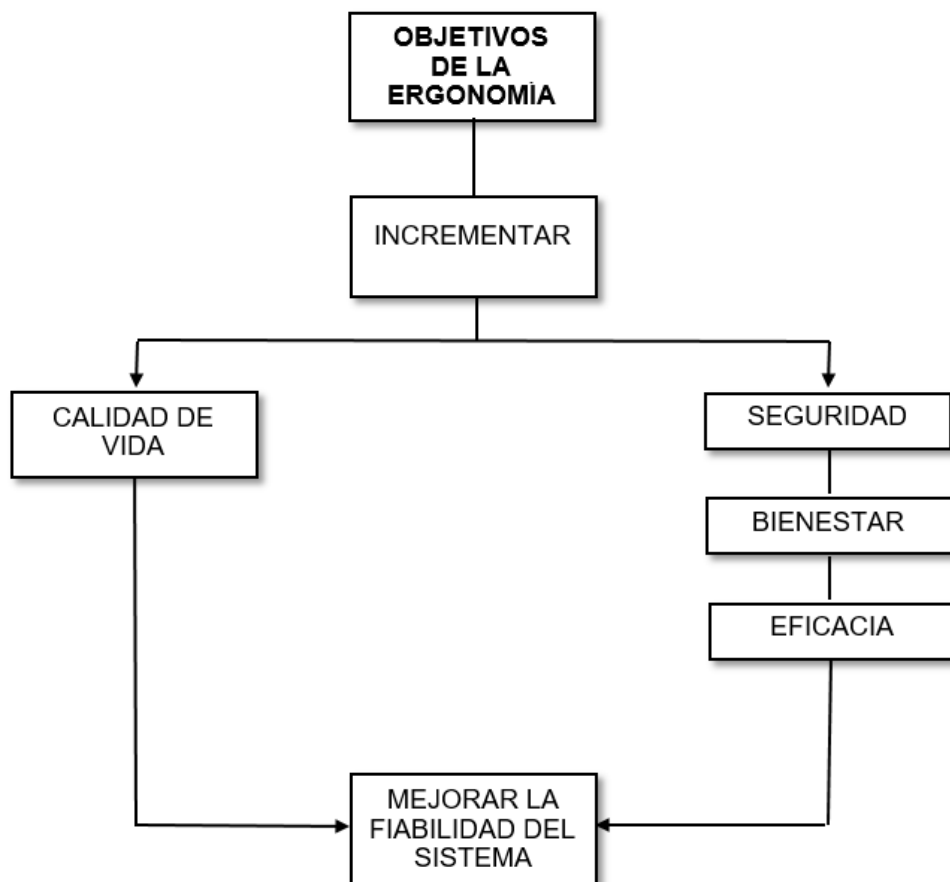
- 1883-** Austria, creo leyes de protección al obrero.
- 1924-** Ujtomski, estudia al obrero en el proceso del trabajo en la fábrica.
- 1938-** Bell Telephone, crea el laboratorio para estudios de factores humanos. (Cruz y Garnica, 2001).
- 1949-** Murrell y un grupo de ingenieros, psicólogos y médicos, construyeron la Ergonomics Research Society (Oborne, 1990).
- 1949-** La fecha oficial del nacimiento de la Ergonomía como disciplina científica. (Oborne, 1990)
- 1950-** Murrell, Edholm, Randle y Floyd, científicos ingleses que adoptaron el término de ergonomía.
- 1957-** Se crea la Sociedad de Factores Humanos en EE.UU.
- 1958-** Se publica la obra "Adaptation de la Machine Homme" en francés completamente dedicada a la ergonomía por Faverge, Leplat y Guiguet.
- 1961-** Se crea la Asociación Ergonómica Internacional (IEA).
- 1963-** Se crea la Sociedad de Ergonomía de Lengua Francesa (SELF).
- 1964-** Se crea la Sociedad Ergonómica Japonesa de Investigación.
- 1968-** El Centro Nacional de Productividad (Cenapro) organiza en México la primera reunión de ergonomía.
- 1971-** Se inició de manera formal la enseñanza de la ergonomía en aulas universitarias. (Oborne, 1990).
- 1980-** El Centro Nacional de Productividad (Cenapro) Organiza la segunda reunión de ergonomía y se crea la Sociedad Mexicana de Ergonomía (Oborne, 1990).
- 1987-** Publicación del Libro de Ergonomics at work (Ergonomía en acción) de David J. Osborne.
- 1991-** Publicación del Libro de Ergonomía y Productividad de César R. Cavassa.
- 1993-** Publicación del Libro Ergonomía: introducción al análisis del trabajo por Jairo Estrada, Medellin, Edt, Universidad de Antioquia (Cruz y Garnica, 2001).
- 2000-** La IEA definió a la ergonomía como disciplina científica referente al estudio de las interacciones entre los humanos y otros elementos de un sistema.

2.2 Concepto General.

De acuerdo con Osborne, J. (1990), en su libro “Ergonomía en Acción”, la palabra ergonomía se deriva de las palabras griegas “ergon”, que significa trabajo, y “nomos”, que significa leyes; por lo tanto, ergonomía significa “leyes del trabajo”. No existe una definición oficial de la ergonomía, la más conocida es la del psicólogo inglés K.F.H. Murrell (1965) es quien la denominó como “el estudio del ser humano en su ambiente laboral”.

En la figura 2.1 se muestran, de manera esquemática, los principales objetivos de la ergonomía que consisten en aumentar la calidad de vida al brindar mejores condiciones de trabajo y de esta manera el sistema funcione correctamente.

Figura 2.1 Objetivos de la Ergonomía.



Fuente: Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994). Ergonomía 1: Fundamentos.

2.3 Clasificación de Ergonomía.

Jiménez, B. y Puente, C. (2011) en su manual “Ergonomía y Psicología”, mencionan que existen diversas clasificaciones de la ergonomía:

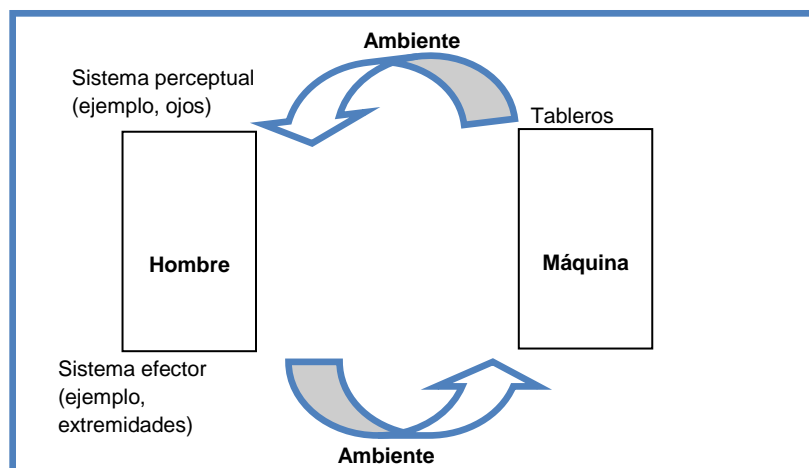
- ergonomía preventiva.
- ergonomía de concepción.
- ergonomía correctiva.
- ergonomía biométrica.
- ergonomía ambiental.
- ergonomía cognitiva.

Es importante resaltar que los estudios en ergonomía básicamente se han enfocado a trabajadores del ámbito industrial. Los pasajeros como usuarios del transporte invierten un tiempo importante para su traslado, que puede llegar a afectarlos. Para la investigación solo consideraremos la ergonomía ambiental que a continuación se describe.

2.4 Ergonomía Ambiental.

Oborne, J. (1990) señala que existe un circuito “hombre – máquina” (Fig. 2.2), en donde la máquina muestra información al operario el cual acciona controles para dirigir a la máquina. En ocasiones el ambiente puede interferir con la eficacia de dicho circuito afectando la labor y salud del trabajador, por ello es importante el estudio de la ergonomía ambiental.

Figura 2.2 Circuito “Hombre Máquina”.



Fuente: Osborne, J. (1990). Ergonomía en Acción.

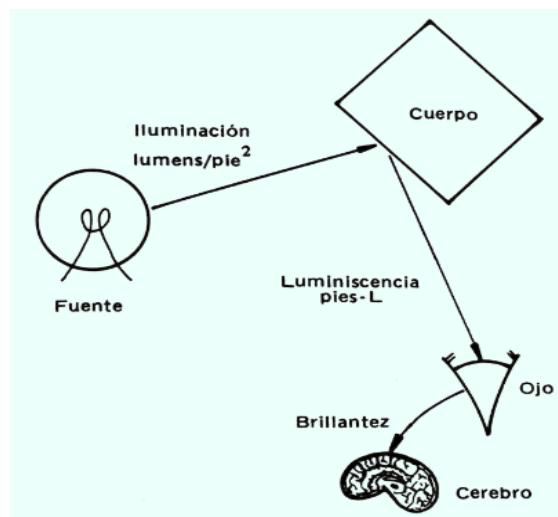
El estudio de los factores ambientales físicos (temperatura, iluminación y ruido) ayuda a diseñar mejores condiciones de trabajo además de incrementar la comodidad, productividad y seguridad (Geraldo y Paniza, 2014).

A continuación se describen cada uno de los factores ambientales:

2.5 Iluminación.

Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994), definen a la iluminación como “la claridad que se presenta en un lugar de trabajo, es la cantidad de iluminación en el punto focal del área laboral”. En el área de trabajo se requiere una iluminación que permita diferenciar las formas, colores, objetos para no generar esfuerzo y fatiga visual logrando un desempeño adecuado. Al diseñar un ambiente luminoso se debe considerar la luz natural al no ser suficiente se debe complementar con luz artificial. Para conseguir el confort visual se toman en cuenta las siguientes condiciones: nivel de iluminación, deslumbramientos y contrastes (Fig. 2.3).

Figura 2.3 Relación entre iluminación, Luminiscencia y Brillantez.



Fuente: Osborne, J. (1990). Ergonomía en Acción.

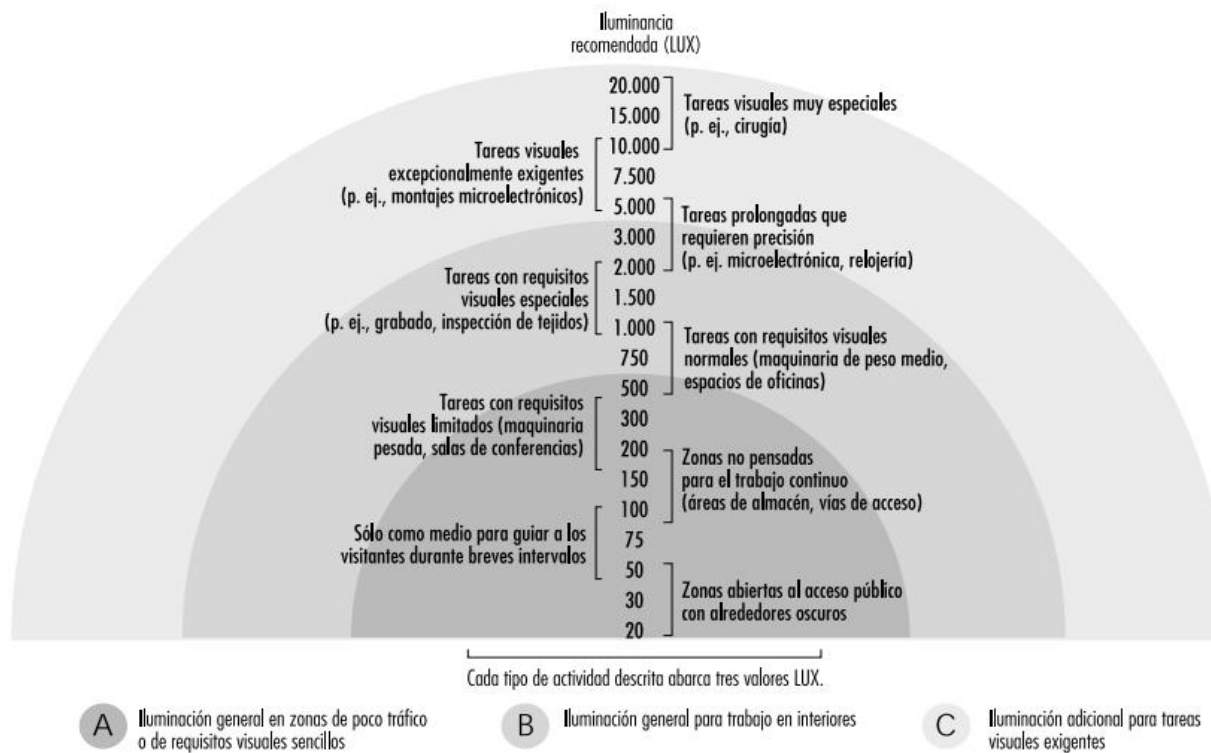
La realización eficiente de la mayoría de las tareas, ya sea industrial, de oficina, de negocios, de servicio o profesional, depende de tener la visión adecuada (Fig. 2.4) (Niebel, 1993).

Niebel, B. (1993) encontró factores que afectan la cantidad de luz que se necesita para realizar un trabajo satisfactoriamente los cuales son:

- El contraste entre el objeto visto y el alrededor inmediato.
- La reflexividad de los alrededores.
- Las dimensiones físicas del objeto que se ve.
- La distancia de visión.
- El tiempo permitido para ver.

En la siguiente figura se muestran los niveles de iluminación recomendada en Luxes, dependiendo de la tarea a realizar.

Figura 2.4 Niveles de iluminación en función de las tareas realizadas.



Fuente: Farras, J. (2012). Iluminación. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.

2.5.1 La Visión Humana.

El ojo humano es el órgano del sentido de la vista, encargado de detectar la luz. Su función implica transformar la energía lumínica en señales eléctricas (nerviosas) que son enviadas al cerebro a través del nervio óptico. Lo anterior ocurre gracias a las células fotorreceptoras que se encuentran en la retina.

2.5.2 Visibilidad.

La visibilidad es la claridad con la que las personas ven algo, existiendo tres factores importantes para la visibilidad:

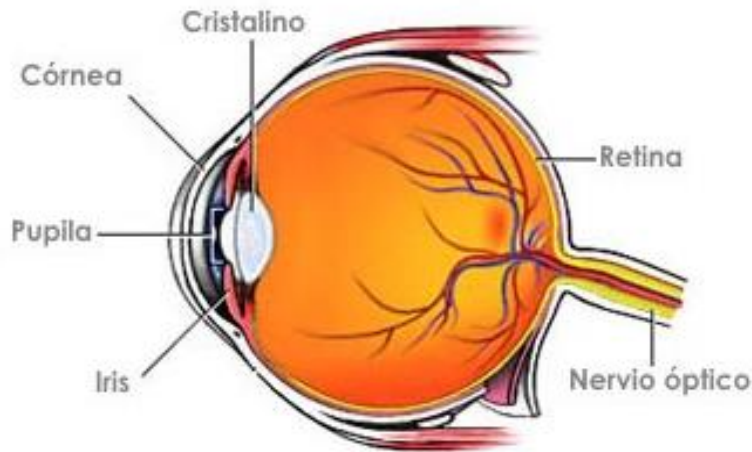
- **Angulo Visual:** es el ángulo subtendido al nivel de los ojos por el objeto.
- **Contraste:** Se conoce como la diferencia en luminancia entre un objeto o meta visual.
- **Iluminancia:** La luz dada en el lugar de trabajo.

2.5.3 Partes Del Ojo Humano.

De acuerdo con el manual de Garavito, J. (2008) el ojo humano (Fig. 2.5) se conforma de los siguientes elementos:

- **Cornea:** protege al ojo, junto con los párpados, pestañas y cejas.
- **Iris:** se dilata o contrae para controlar la cantidad necesaria de luz.
- **Pupila:** regula la cantidad de luz que llega a la retina.
- **Cristalino:** permite enfocar con precisión objetos situados a diferentes distancias, mediante el aumento de su curvatura y espesor.
- **Retina:** Es una capa sensible a la luz, es donde se encuentran las células fotorreceptoras. Ocupa el 60% de la superficie esférica interna, encargada de que las imágenes energéticas transportadas por la luz se conviertan en impulsos electroquímicos que llegan al nervio óptico y pasan al cerebro para su interpretación.

Figura 2.5 Partes del ojo Humano.



Fuente: Wordpress (2014). Psicología fisiológica, Anatomía, funciones y curiosidades de la visión del ser humano.

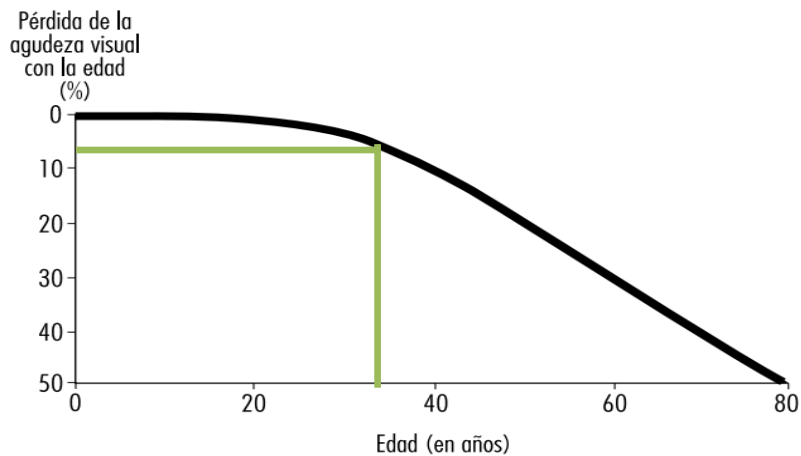
2.5.4 Efectos de una Mala Iluminación.

Montero, J. (2015) señala que una mala iluminación en un campo de trabajo puede ocasionar problemas en la salud, así como en la productividad del trabajador:

- **Trastornos oculares:** dolor e inflamación en los párpados, fatiga visual, pesadez, lagrimeo, enrojecimiento, irritación, visión alterada.
- **Cefalalgias:** Dolores de cabeza.
- **Fatiga:** Falta de energía y agotamiento.
- **Efectos anímicos:** Falta de concentración y de productividad, baja atención y desánimo.

Farras, J. (2012) menciona que la capacidad visual del trabajador se deteriora con la edad, lo que obliga a aumentar el nivel de iluminación general o a complementarlo con iluminación artificial.

Figura 2.6 Pérdida de la visión al paso de los años.



Fuente: Farras, J. (2012). Iluminación, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.

Como se observa en la figura 2.6 a los 33 años de edad en promedio un trabajador empieza a perder la agudeza visual.

2.5.5 Aparato de Medición de la Iluminación.

Mediante un luxómetro se mide la intensidad luminosa de manera precisa en espacios abiertos o cerrados. Es útil en lugares donde se requiera un nivel de iluminación específico. El luxómetro HER-410 (Fig. 2.7), tiene 3 niveles de resolución (X1, X10 y X100), su rango de medición es de hasta 50,000 Lux. Cumple con la norma del espacio de color establecido por la Comisión Internacional en la Iluminación (CIE), (Stereon, 2016).

Figura 2.7 Luxómetro HER-410.



Fuente: STEREN (2016). Luxómetro, (<http://www.steren.com.mx>).

2.6 Ruido.

Oborne, J. (1990) define al ruido como el “Sonido no deseado”, definición que permite que una fuente de sonido sea considerada como “ruido” o “no ruido” solo con base en la reacción de quien la escucha. Sin embargo, Álvarez, T. (2008), indica que en el entorno de trabajo los sonidos proceden de diversas fuentes emisoras, no son puros y tampoco siguen una armonía por lo que se le denomina a ese sonido como Ruido.

El sonido es un fenómeno físico que se transmite a través de ondas, invisibles para el ser humano, pero que se puede oír y se pueden medir, consta de dos parámetros: la presión acústica y la frecuencia.

La presión acústica, (p) es la raíz media cuadrática de la variación periódica de la presión en el medio donde se propaga la onda sonora. La unidad de medida son los decibelios (dB), es la relación entre la intensidad real del sonido y la intensidad sonora en el umbral del oído de una persona, (Mondelo y Barrau, 1994).

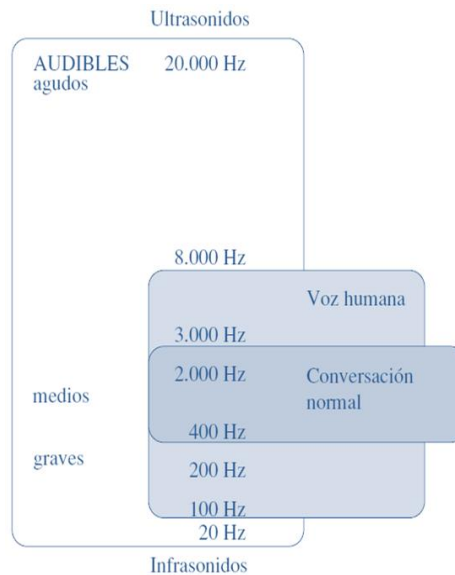
$\text{Log } R = \frac{1}{10} \text{dB}$ R: razón de energía, potencia o intensidad.

La presión acústica varía con el tiempo de manera brusca, esto es percibido por el oído humano creando así la sensación auditiva.

La frecuencia (f) es el número de ciclos de una onda que se completan en un segundo y su unidad de medida es el Hertz (Hz), que equivale a un ciclo por segundo (Mondelo y Barrau, 1994). Cabe mencionar que un ciclo se refiere a un periodo temporal que al finalizar vuelve a empezar.

Las frecuencias audibles o perceptibles por el oído humano, varían desde aproximadamente 20 hasta 20,000 ciclos por segundo (Hz). Las frecuencias bajas (50-500Hz) son menos molestas y nocivas que los sonidos en el intervalo de frecuencias crítico de 1,000 a 4,000 Hz (Fig. 2.8), (Nieberl, 1993).

Figura 2.8 Espectro de frecuencias audibles.



Fuente: Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994). Ergonomía 1: Fundamentos.

De 0 a 20 Hz son infrasonidos y de 20, 000 en adelante son ultrasonidos.

2.6.1 Tipos De Ponderación.

- *Ponderación Frecuencia A.*

Es el filtro de frecuencias semejante a la percepción del oído humano. Está destinada para sonidos específicamente de bajo nivel de presión acústica, se expresa dB(A), se utiliza para la medición ambiental, de ruido industrial, ruidos de fondo y mediciones para evaluar el daño que perjudica en la salud (García y Enrique, 2011).

- *Ponderación Frecuencia B.*

Esta ponderación B es parecida a la A, pero se usa para niveles intermedios de presión sonora, los niveles de ponderación de esta escala reciben el nombre de dB (B). Su función es medir la respuesta del oído ante intensidades medias, suele utilizarse en las mediciones de niveles de escucha musical (García y Enrique, 2011).

- *Ponderación Frecuencia C.*

Este tipo de frecuencia fue diseñada para la evaluación de sonidos de alto nivel de presión acústica. Este tipo de niveles se expresa dB(C). Es igual o más empleada que la frecuencia "A" al momento de medir los niveles de contaminación acústica (García y Enrique, 2011).

Tabla 2.2 Niveles de ruido comúnmente encontrados.

Incrementos del poder del sonido	Nivel de ruido en db A
100,000,000,000,000	140
	Umbral del dolor
10,000,000,000,000	130
	Cinzelador neumático
1,000,000,000,000	120
	Bocina Ruidosa del automóvil (a un metro)
100,000,000,000	110
10,000,000,000	100
	Dentro del "Metro" (tren subterráneo)
1,000,000,000	90
100,000,000	80
	Esquina de la calle con tráfico normal
10,000,000	70
	Habla conversacional
1,000,000	60
	Oficina de negocios típica
100,000	50
	Estancia de una casa
10,000	40
	Biblioteca
1,000	30
	Recámara por la noche
100	20
10	10 Estudio de grabación
1	0 Umbral de audición

Fuente: Osborne, J. (1990). Ergonomía en Acción.

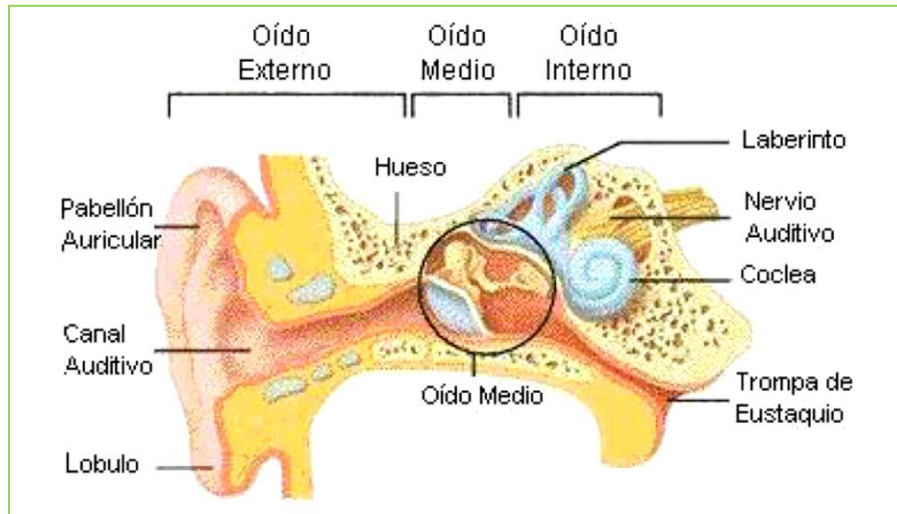
2.6.2 El Oído Humano.

Boillat, M. (2012) define al oído como un órgano sensorial encargado de la audición, mantiene el equilibrio al detectar la posición corporal y el movimiento de la cabeza (Fig. 2.9).

Garavito, J. (2007) indica que el sonido que una persona percibe se debe a la incidencia de un elemento sonoro en el oído, lo que conlleva a un proceso de percepción que consiste en una señal acústica (fenómeno físico), una señal

nerviosa (fenómeno fisiológico) y concluye con la interpretación del sonido (fenómeno psicológico).

Figura 2.9 Partes del Oído Humano.



Fuente: Garavito, J. (2007). Niveles de Ruido. Facultad de Ingeniería Industrial.

De acuerdo con Garavito, J. (2007) el oído se divide en tres partes primordiales: oído externo, interno y medio.

- *Oído externo*: formado por el pabellón auricular que forma un conducto que recoge las ondas sonoras.
- *El oído medio*: Se encarga de recoger las variaciones de presión que se transmiten al estribo a través del martillo y del yunque, que actúan como una sucesión de palancas, constituyendo un amplificador.
- *El oído interno*: tiene forma de caracol, contiene líquido linfático el cual transmite las variaciones de presión al órgano de Corti, donde se integran e interpretan dichas señales. Tiene la función de traductor, transforma la señal física (mecánica) en señal fisiológica (nerviosa).

2.6.3 Efectos del Ruido en el ser Humano.

El principal efecto provocado por la exposición a una fuente de ruido es la pérdida de la audición, depende del nivel de presión acústica y al tiempo de exposición, (Álvarez T., 2008).

Oborne, J. (1990) menciona que una reducción de la habilidad para oír puede tener dos causas:

1. *Sordera de conducción*, puede ser causada por la acumulación de cerilla en el canal auditivo, por infección o por un tímpano lesionado.
2. *Sordera nerviosa*, se debe a una reducción en la sensibilidad de las células nerviosas en el oído interno. puede resultar de una exposición al ruido; también puede ser causado por un proceso natural de envejecimiento (presbiacusia), no ocurre a menudo en todos los individuos lo que complica la determinación del grado en que la exposición al ruido durante mucho tiempo contribuye a la totalidad de la sordera.

De acuerdo con Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994), el ruido puede provocar en el ser humano desde leves molestias hasta enfermedades graves (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Nivel de ruido y sus consecuencias.

<i>dB</i>	<i>Consecuencias</i>
30 - 60	Irritabilidad, pérdida de atención
60 - 90	Incremento de la tensión arterial, vasoconstricción periférica, aceleración del ritmo cardiaco, estrechamiento de campo visual, fatiga, en largos periodos de exposición se puede iniciar la pérdida de la audición por lesiones en el oído interno.
120	Límite del dolor
160	Rotura del tímpano, calambre, parálisis y muerte.

Fuente: Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994). Ergonomía 1: Fundamentos.

2.6.4 Aparato de Medición del Ruido.

El instrumento básico para medir el ruido es el sonómetro que es un instrumento electrónico que se constituye de un micrófono, un amplificador, varios filtros, un circuito de elevación al cuadrado, un cuantificador de promedio exponencial y un medidor calibrado en decibelios (dB), (Suter, 2010).

Los sonómetros se clasifican por su precisión (Tabla. 2.4), desde el más preciso (tipo 0) hasta el más impreciso (tipo 3).

Tabla 2.4 Clasificación de Sonómetros.

Tipo	Uso
0	Utilizado en laboratorios
1	Utilizado para realizar otras mediciones de precisión del nivel sonoro
2	Medidor de uso general
3	Medidor de inspección, no se recomienda para uso industrial

Fuente: Suter, A. (2010). Naturaleza y Efectos del Ruido. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.

Para la investigación se utilizó el sonómetro, modelo HER 402, que consta de una pantalla de 4 dígitos, con función de lectura dB (sone), retención de datos (hold) y registro de nivel mínimo, máximo y promedio (Steren, 2016). De acuerdo con la tabla 2.10 se clasifica como sonómetro tipo 2.

Figura 2.10 Sonómetro HER 402.



Fuente: STEREN (2016). Sonómetro, (<http://www.steren.com.mx>).

2.7 Temperatura.

Según Osborne, J. (1990), la respuesta del hombre al ambiente termal depende, principalmente, de un equilibrio muy complejo entre su nivel de producción de calor y su nivel de pérdida de calor. De acuerdo Jiménez, B. y Puente, C. (2011), en su manual “Ergonomía y Psicología”, el ser humano necesita mantener una temperatura interna de aproximadamente 37°C, con una variación de entre 36°C y los 38°C.

1. La temperatura ambiente es la temperatura experimentada realmente por una persona en un ambiente dado, es el resultado del intercambio de calor por convección, conducción térmica a través de pisos o herramientas calientes o fríos; intercambio por radiación en muros, pisos y plafones, y radiación solar que se transmite o refleja hacia el ocupante a través de áreas transparentes en el ambiente de trabajo.
2. La temperatura efectiva es un índice determinado experimentalmente, que incluye la temperatura, el movimiento del aire y la humedad.
3. *La temperatura operativa* es la temperatura del cuerpo de un trabajador. Se determina por los efectos acumulativos de todas las fuentes y receptores de calor (Niebel, 1993).

2.7.1 Transferencia de Calor desde el Cuerpo Humano.

Cengel, Y. (2004) en su libro “Transferencia de calor”, menciona que dentro del cuerpo humano existe el llamado “calor metabólico” el cual se disipa hacia el medio a través de la piel y los pulmones como calor sensible (convección y radiación) y como calor latente (evaporación). El calor sensible en los pulmones se presenta en el calentamiento del aire inhalado y el calor latente se presenta en el calor de vaporización del agua que se evapora en los pulmones y en la piel.

La cantidad de calor emitida por el cuerpo depende de las condiciones del clima y de la vestimenta, esta última sirve como aislamiento y reduce la pérdida de calor.

Existen cuatro formas de disipación de calor del cuerpo, como se muestra en la figura 2.11.

Figura 2.11 Mecanismos de pérdida de calor desde el cuerpo humano.



Fuente: Cengel, Y. (2004). Transferencia de calor.

De acuerdo con Cengel, Y. (2004) la transferencia de calor a través de la ropa se expresa como:

$$Q_{conv+rad} = \frac{A_{ropa}(T_{piel} - T_{ropa})}{R_{ropa}}$$

Donde:

A_{ropa} = área de la superficie exterior de una persona vestida.

T_{ropa} = temperatura promedio de piel expuesta y de la ropa

R_{ropa} = resistencia térmica unitaria de la ropa [$m^2 \cdot ^\circ C/W$], incluye los efectos combinados de la conducción, convección y radiación de la piel y la superficie exterior de la ropa.

La resistencia térmica de la ropa se expresa en **clo**.

1 clo = 0.155 [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]

En la tabla 2.5 se muestra el clo dependiendo del tipo de ropa.

Tabla 2.5 Asignación del valor a la resistencia térmica de la ropa.

Cantidad de recubrimiento	Clo
Ropa de Invierno (nieve)	1
Ropa de otoño de noche	0.8
Ropa de verano	0.5
Traje de baño	0.1
Sin ropa	0

Fuente: Konz, S. (2001). Diseño de Sistemas de Trabajo.

Ejemplo:

$$R_{\text{ropa}} = 0.6 \text{ clo} = 0.6 \times 0.155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} = 0.093 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Entonces Cengel, Y. (2004), define la pérdida total de calor sensible en términos de temperatura de la piel, mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{conv+rad}} = \frac{A_{\text{ropa}}(T_{\text{piel}} - T_{\text{operativa}})}{R_{\text{ropa}} + \frac{1}{h_{\text{combinada}}}} \quad [\text{W}] = [\text{J/s}]$$

Donde:

$$T_{\text{operativa}} = Q_{\text{conv}} + Q_{\text{rad}}$$

$$h_{\text{combinada}} = \text{entalpía de evaporización} = h_{\text{conv}} + h_{\text{rad}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}]$$

$$A_{\text{ropa}} = A_s = 0.202 \text{ m}^{0.425} h^{0.725} \quad [\text{m}^2]$$

m: peso de la persona [Kg]

h: altura de la persona [cm]

El área superficial de un hombre promedio es de 1.8 m².

La entalpía se define como la cantidad de calor absorbida o cedida que un sistema puede intercambiar con su entorno. La entalpía de evaporización es la cantidad de energía necesaria para que una sustancia se encuentre en equilibrio con su propio vapor, a una atmosfera, y de esta manera pase del estado líquido a gaseoso.

En la tabla 2.6 se muestra el coeficiente de entalpía de evaporización dependiendo de la velocidad del viento para un cuerpo con ropa a 1 atm.

Tabla 2.6 Coeficientes de entalpia de evaporización		
Actividad	V del aire [m/s]	h [W/m ² . °C]
Persona de pie en el ambiente	0 < V < 0.15	4
	0.16 < V < 1.5	14.8 V ^{0.69}
Sentado en aire en movimiento	0 < V < 0.2	3.1
	0.2 < V < 4	8.3 V ^{0.6}
Caminando en aire tranquilo	0.5 < V < 2	8.6 V ^{0.53}

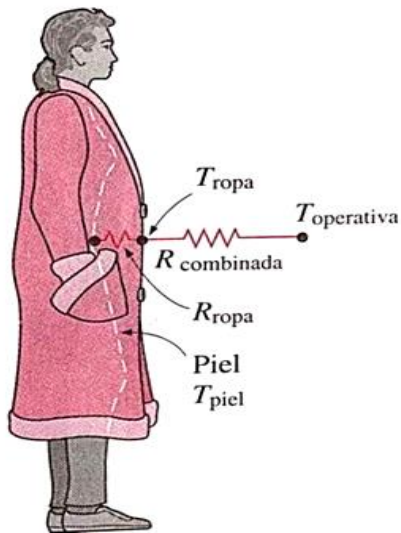
Fuente: Cengel, Y. (2004). Transferencia de calor.

Para un estado de comodidad la temperatura promedio de la piel del cuerpo es de 33 °C, no se presenta incomodidad cuando esta temperatura oscila en ± 1.5 °C, ya sea con ropa o desnudo.

De acuerdo con Cengel, Y. (2004), la pérdida total de calor se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q_T = \left(\frac{10}{3}\right)$$

Figura 2.12 Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor de una persona vestida.



Fuente: Cengel, Y. (2004). Transferencia de calor.

2.7.2 Ley Cero de la Termodinámica.

Cengel, Y. (2004), define al calor como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y sus alrededores) debido a una diferencia de temperatura, no puede existir transferencia de calor entre dos sistemas que se hallan a la misma temperatura.

Cuando se coloca un cuerpo en contacto con otro que tenga una temperatura diferente, el calor será transferido del más caliente al más frío hasta que ambos alcancen la misma temperatura, momento en que la transferencia de calor se detiene y se dice que ambos cuerpos han alcanzado el *equilibrio térmico*.

A partir de lo anterior Cengel, Y. (2004) enuncia la ley cero de la termodinámica: “*Si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí*”.

2.7.3 Efectos de Calor en la Salud.

Oborne, J. (1990), menciona que si un trabajador está expuesto a altos niveles de calor radiante sufrirá daños a su salud, una temperatura alta sobre su piel causará daño en el tejido por quemaduras, principalmente si las temperaturas de la piel son superiores a 45°C.

Cuando esto ocurre puede presentarse un inicio de golpe de calor (hipertermia), y si no se le atiende de manera inmediata puede ocasionar la muerte del individuo.

La hipertermia puede ocurrir si el cuerpo no es capaz de deshacerse del calor en exceso que se genera (Oborne, 1990).

Las consecuencias de un ambiente térmico inadecuado en un lugar de trabajo de acuerdo con Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994) son las siguientes:

- Reducción del rendimiento físico y mental.
- Irritabilidad.
- Incremento de distracciones.

- Incremento de errores.
- Incomodidad por sudar o temblar.
- Aumento o disminución del ritmo cardíaco.
- Se puede llegar a la muerte.

Aunado a lo anterior, al exponerse a un ambiente de calor excesivo se puede presentar los siguientes trastornos de acuerdo con Armendáriz, P. 2008:

Agotamiento por calor: resultado de la deshidratación que conlleva un aumento de la temperatura corporal, dolor de cabeza, náuseas, vértigo, debilidad, sed y desconcierto.

Calambres por calor: causados por la continua pérdida de sal a través del sudor y por la bebida abundante de agua sin una adecuada reposición salina.

Erupción por calor: se debe una excesiva sudoración, aparecen erupciones rojas en áreas de la piel cubierta por la ropa y produce una sensación de picazón, se pueden infectar si no reciben tratamiento.

Golpe de calor: Fallo del sistema de termorregulación fisiológica, elevada temperatura central y daños en el sistema nervioso central, riñones, hígado, etc., con alto riesgo de muerte además de existir ausencia de sudoración y temperatura corporal superior a 41 °C.

2.7.4 La Evaporación del Sudor.

Falagán, M. (2000) en el “Manual de prevención de riesgos laborales”, describe que la evaporación del sudor es un mecanismo de eliminación de calor. Para que se evapore el sudor este toma de la piel en contacto el calor necesario para pasar del estado líquido a vapor. La cantidad de sudor evaporada por unidad de tiempo depende de: la humedad y la velocidad del aire. A mayor humedad más difícil es evaporar el sudor, asimismo, a mayor velocidad del aire mayor es el flujo de sudor que es posible evaporar.

2.7.5 Aparato de Medición de Temperatura.

El monitor de temperatura ambiental que se utilizó fue el TGBH, QUESTemp 32, (Fig. 2.13) diseñado para evaluar el estrés causado por el calor ambiental. Utiliza 2 arreglos de sensores que miden el promedio ponderado (NOM 015 STPS 2001 y Factor ISO), (Grupo Meyer, 2016).

Se requiere de la medición de los siguientes parámetros para conocer las condiciones de temperatura en un determinado lugar, (Grupo Meyer, 2016).

- **Temperatura de Globo.**

El termómetro de globo da una indicación de la exposición al calor radiante en un individuo ya sea debido a la luz directa u objetos calientes en el medio ambiente. Esto es logrado mediante la colocación de un sensor de temperatura dentro de una esfera de cobre ennegrecido y la medición de la elevación de la temperatura.

- **Temperatura de Bulbo Seco.**

Mide la temperatura del aire del ambiente que se utiliza para el cálculo WBGT al aire libre cuando una carga de calor solar radiante puede ser alta.

- **Temperatura de Bulbo Húmedo.**

Mide la humedad que se encuentra en el ambiente utilizando una mecha de algodón sumergida en un depósito de agua.

- **Humedad Relativa.**

Un sensor de humedad relativa se encuentra en un compartimento dentro del monitor de la barra de sensor. Ranuras de la carcasa permiten que el aire circule alrededor del sensor. Esto es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.

Figura 2.13 Monitor de temperatura ambiental TGBH, QUESTemp° 32.



Fuente: Grupo Meyer. (2016). Monitor de temperatura ambiental TGBH.

2.8 Ergonomía Ambiental en el Transporte.

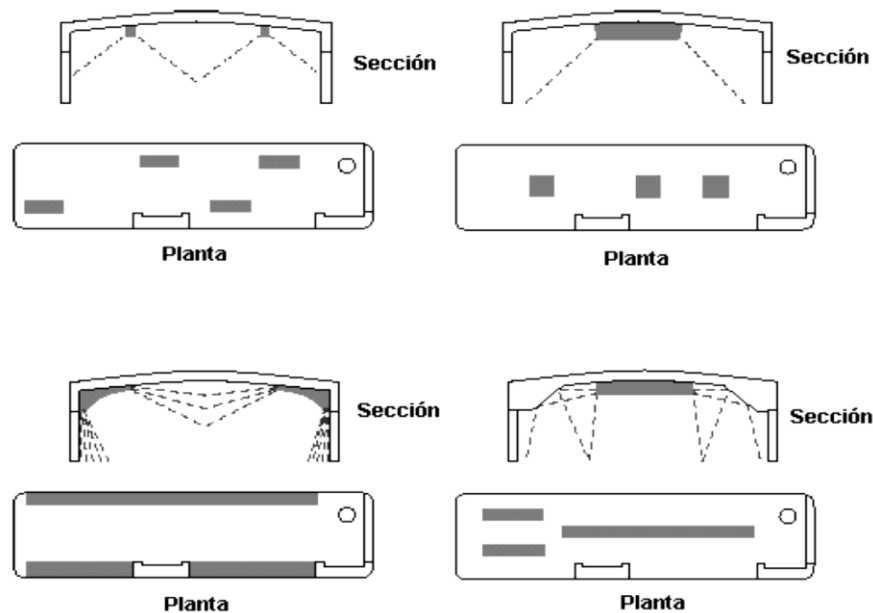
2.8.1 Iluminación.

Como se ha explicado anteriormente, la ergonomía ambiental a lo largo de la historia, solo se ha enfocado a la industria, en cuanto al sistema de transporte se tienen muy pocos estudios, Molinero, A. y Sánchez, I. (2002) con respecto a la iluminación mencionan que el objetivo principal de esta es mantener un adecuado nivel de seguridad por la noche además de permitir que los pasajeros se muevan en el interior del vehículo y en las escaleras de acceso con la misma facilidad que lo hacen durante el día, por lo que recomiendan un nivel medio de iluminación de 80 a 100 lux medida a una altura de un metro sobre el piso. Se debe cuidar la uniformidad de la iluminación dentro de la unidad ya que las zonas menos iluminadas parecerán poco seguras a los usuarios. En las puertas de ascenso,

descenso, en el lugar del operador y en la zona de cobro, se debe contar con fuentes de iluminación adicionales

La siguiente figura muestra las ubicaciones recomendables para la colocación de las fuentes de alumbrado (Fig. 2.14), de acuerdo con Molinero, A. (2002).

Figura 2.14 Ubicación del alumbrado.



Fuente: Molinero, A. y Sánchez, I. (2002), Transporte Público: Diseño, Operación y Administración.

Según Molinero, A. (2002) la iluminación interior puede impedir la visión del exterior al operador debido a reflejos en el parabrisas, para que esto no suceda se debe emplear un parabrisas apropiado y una ubicación de las fuentes luminosas que lo eviten.

Generalmente se utilizan fuentes luminosas de tipo fluorescente en el techo ubicadas en la parte central, en hilera o formando grupos; otra manera sería en las zonas laterales con plafones difusores que permitan tener una iluminación uniforme y agradable pero con un menor rendimiento, (Molinero, 2002).

2.8.2 Ventilación.

En cuanto a la ventilación en las unidades de transporte público Molinero, A. (2002) menciona que es necesario renovar el aire con cierta frecuencia para mantener dentro de los niveles aceptables el contenido de bióxido de carbono, vapor de agua y de sustancias que provoquen sensaciones desagradables al olfato.

De acuerdo con Molinero, A. (2002) las normas empleadas para la ventilación en oficinas y habitaciones, calculan la renovación del volumen del aire del orden de 15 a 20 veces por hora para personas que no fuman y de dos a tres veces más para las fumadoras. Para los vehículos de transporte público, la ocupación varía a lo largo del viaje por lo cual no se necesita contar con ventilación para la capacidad total de pasajeros. Si se supone que el volumen ocupado por pasajero del autobús es de 1 m^3 , para conseguir una ventilación de 20 m^3 por hora, se necesitaría renovar 20 veces cada hora el contenido total del aire en el vehículo. La renovación del aire se da durante la apertura de las puertas en las paradas y por las ventanas pero aun así se debe disponer de otros sistemas de ventilación que renueven el aire en el interior 12 veces por hora como mínimo, una opción es el uso de fallebas en el techo, una en la parte delantera que permita la entrada del aire y una trasera que facilita la salida del aire contaminado.

La velocidad del aire dentro del vehículo debe mantenerse dentro de ciertos límites, si es menor a 5 cm/s el ambiente será sofocante, si la velocidad es superior a los 20 cm/s resulta desagradable. Por ello es necesario contar con velocidades cercanas a los 10 cm/s , en las salidas de aire se recomienda que las velocidad no sobrepase los 4 m/s , (Molinero, 2002).

2.8.3 Ruido.

Con respecto al ruido Molinero, A. (2002) menciona que cuando se produce por elementos mecánicos ocasiona molestias a los usuarios y a las personas que se encuentran cerca de la unidad; el ruido interno perturba la permanencia en la unidad y el ruido externo predispone a los posibles usuarios a no hacer uso del vehículo, esto afecta la calidad de servicio percibida por el usuario.

Según las normas existentes establecen límites para el nivel de ruido producido por los vehículos en marcha, medido en condiciones predeterminadas a 7.5 m de la unidad. Para vehículos de pasajeros (más de 10 pasajeros y más de 3.5 toneladas de peso total) el límite es de 89 dB(A) si su potencia es menor a 210 HP y de 91 dB(A) en vehículos más potentes (Molinero, 2002).

La mejora en los sistemas de montaje del motor, la disminución de la transmisión de vibraciones a la carrocería y el empleo de capas de material aislante alrededor del compartimiento del motor han disminuido los niveles de ruido. El efecto del ruido para las personas que viajan en la unidad recae en la conversación, el nivel medio de ruido debe permitir que las conversaciones sean con un tono de voz normal (Molinero, 2002).

De acuerdo con Molinero, A. (2002) una conversación entre dos usuarios en asientos contiguos es factible con un nivel del orden de los 80 dB(A) y para que sea comprensible el nivel medio de ruido debería ser de al menos 10dB(A) por debajo.

2.8.4 Normas Oficiales Mexicanas.

Las normas que se describen a continuación son utilizadas para la evaluación de las condiciones ambientales en los centros de trabajo de México, serán tomadas como referencia para la evaluación de las condiciones ergonómicas ambientales en las unidades de transporte público de la Ciudad de México, ya que están

basadas en los límites máximos que una persona puede soportar durante un determinado periodo de tiempo.

NOM-025-STPS-2008.

La norma oficial mexicana de la secretaría del trabajo y previsión social NOM-025-STPS-2008, tiene por objeto establecer los requerimientos de iluminación en las aéreas de los centros del trabajo y de esta manera proveer de un ambiente seguro y saludable para las tareas que desempeñen los trabajadores.

La norma define a la iluminación o iluminancia como la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en luxes.

Para la evaluación de la iluminación esta norma menciona que se debe determinar el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes, se debe comparar con los niveles máximos permisibles del factor de reflexión (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Niveles Máximos Permisibles de Reflexión.

Concepto	Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, Kf
Paredes	60%
Plano de Trabajo	50%

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Según la norma, se considera que existe deslumbramiento en el área de trabajo cuando el valor de reflexión (Kf) supera los valores establecidos en la tabla anterior.

Metodología:

Para evaluar el factor de reflexión de las superficies en áreas de trabajo:

- Se mide E_1 , con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie a una distancia de $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$, hasta que la lectura permanezca constante.
- Se mide E_2 , la fotocelda debe estar apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente.

- El factor de reflexión de la superficie (Kf) se determina con la siguiente ecuación.

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} (100)$$

Donde:

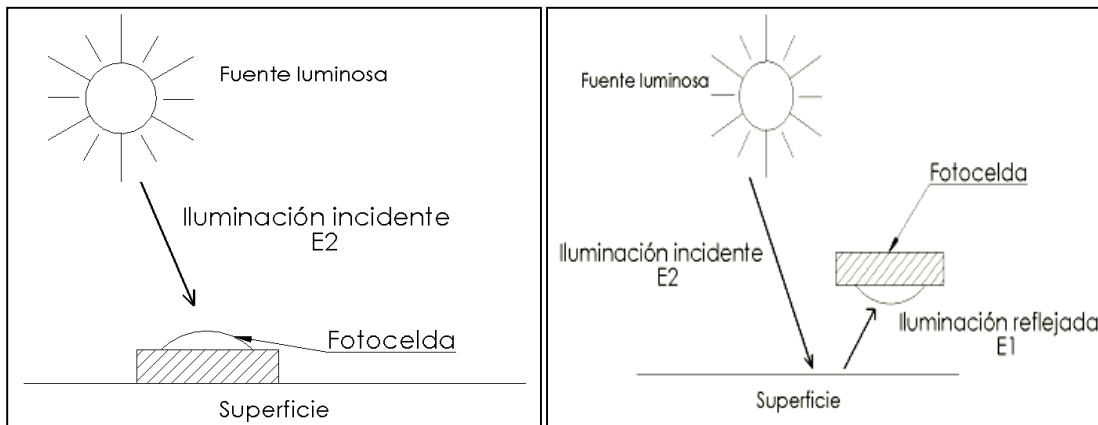
E₁: es la luz reflejada (Luxes).

E₂: es la luz incidente (Luxes).

La iluminación incidente es aquel haz luminoso que emite directamente una fuente luminosa hacia una superficie.

La iluminación reflejada es el haz luminoso que emite una superficie que ha recibido previamente un haz luminoso incidente. Es decir, iluminación “reflejada” por una superficie (Fig. 2.15).

Figura 2.15 Esquema indicativo de iluminación incidente y reflejante.



Fuente: Documento de Investigación Ergonómica en las unidades de transporte público en la Ciudad de México, Cenfes A.C

El nivel de iluminación depende de la actividad que se realice (Tabla 2.8).

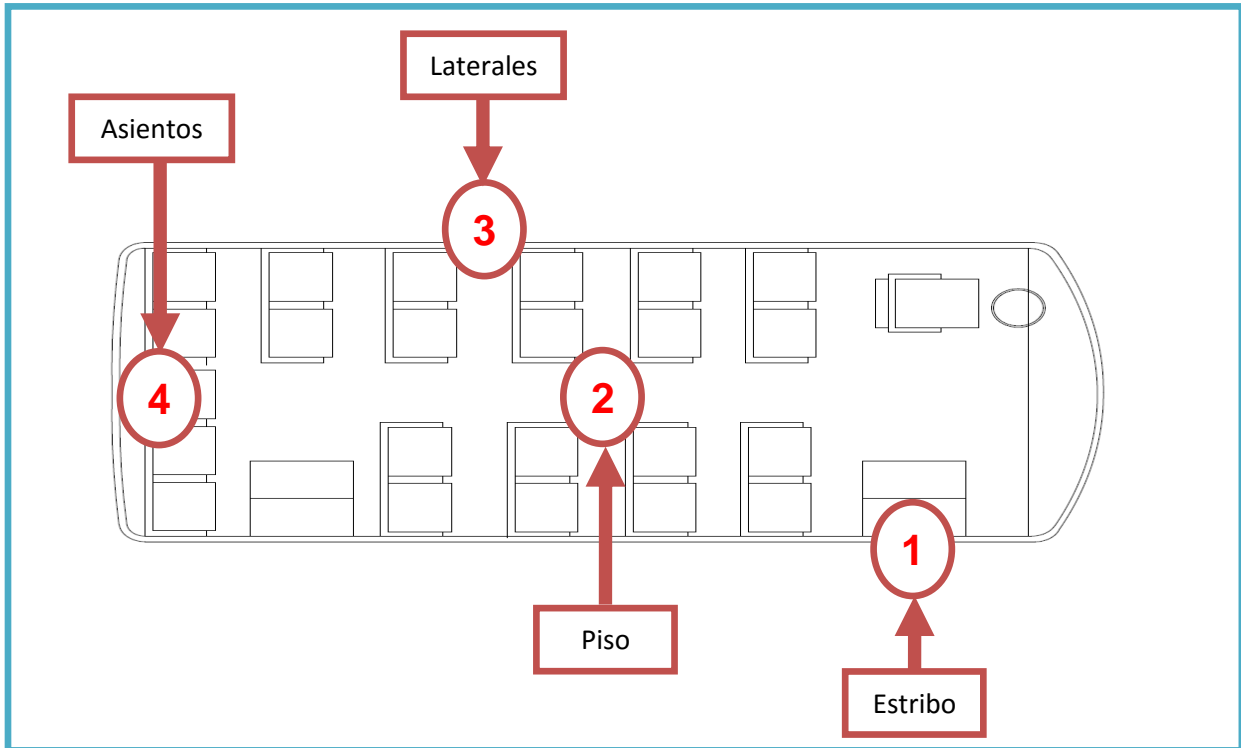
Tabla 2.8 Niveles de iluminación.

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos: salas de espera y descanso: cuartos de almacén: plataformas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabados con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; exactas y muy prolongadas, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2000

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Para el caso de iluminación en las unidades de transporte público de pasajeros se tomaron las mediciones de iluminación Incidente y Reflejada en los puntos que se muestran en la figura 2.16.

Figura 2.16 Puntos de medición de iluminación en la unidad de transporte.



Fuente: Elaboración propia. Figura ilustrativa.

Estos son los puntos que el usuario observa al abordar la unidad de transporte.

NOM- 011- STPS -2001.

La norma oficial mexicana de la secretaría del trabajo y previsión social NOM-STPS-011-2001, tiene por objeto establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por su nivel y tiempo de duración puedan alterar la salud de los trabajadores.

En esta norma se establecen los límites máximos permisibles de exposición de los trabajadores al ruido, los cuales se muestran en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Límites Máximos Permisibles de Exposición.

Nivel de exposición al ruido (dB)	Duración por día (h)
90	8
93	4
96	2
99	1
102	30 min
105	15 min

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

Metodología:

Basándose en la metodología mostrada por Niebel, B. y Freivalds, A. (2009), en su libro “Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo”, para determinar si en algún viaje se expone a condiciones auditivas perjudiciales, se calcula el “Promedio ponderado de tiempo” (PPT), partiendo de la dosis de ruido ambiental a la que se someten los usuarios, operador y pasajeros, en determinado tiempo.

En un día la exposición al ruido consta de varias exposiciones parciales a diferentes niveles de sonido las cuales se suman para obtener una exposición combinada.

La Dosis de ruido se calcula con la siguiente ecuación:

$$D = 100 \times \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] < 100$$

Donde:

D = dosis de sonido

C = tiempo de exposición a niveles específicos de ruidos (horas)

T = tiempo permitido a un nivel específico de ruido (horas)

La exposición total “D” no debe exceder el 100% de una dosis.

Después de lo anterior se calcula el PPT que es el nivel de sonido que produciría una determinada dosis de ruido en un día laboral de 8 horas, sirve para determinar si alguna actividad de trabajo expone a condiciones auditivas perjudiciales, se calcula con la siguiente ecuación:

$$PPT = 16.61 \text{ Log}_{10} \left(\frac{D}{100} \right) + 90$$

NOM-015-STPS-2001.

La norma oficial mexicana de la secretaría del trabajo y previsión social NOM-STPS-015-2001, tiene por objeto establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y tiempos máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas que sean capaces de afectar la salud de los trabajadores.

Actualmente en la industria el índice de temperatura de globo bulbo húmedo (Tgbh) es el más utilizado para establecer los límites de exposición al calor (Nebel y Freivalds, 2009).

Índice de temperatura de globo bulbo húmedo (Tgbh): es la interrelación entre la temperatura de globo, temperatura del aire y la humedad relativa, permite estimar la exposición a temperaturas elevadas. Se emplea para la medición de la transferencia de calor del medio al hombre.

El Tgbh se calcula con las siguientes expresiones dependiendo de las condiciones a las que se exponga el trabajador, con carga solar o sin carga solar:

1. Con carga solar.

$$Tgbh [^{\circ}C] = 0.7 Tbh [^{\circ}C] + 0.2 [^{\circ}C] + 0.1 Ts [^{\circ}C]$$

2. Para interiores o exteriores sin carga solar.

$$Tgbh [^{\circ}C] = 0.7 Tbh [^{\circ}C] + 0.3 Tg [^{\circ}C]$$

En la tabla 2.10 se muestran los límites máximos permisibles de exposición y el tiempo mínimo de recuperación para jornadas laborales de 8 horas, según el Índice de temperatura de globo bulbo húmedo.

Tabla 2.10 Limite máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas elevadas.

Temperatura máxima en °C de Itgbh			Porcentaje del tiempo de exposición y de no exposición
Régimen de trabajo			
Ligero	Moderado	Pesado	
30.0	26.7	25.0	100% de exposición
30.6	27.8	25.9	75 % de exposición 25% de recuperación en cada hora
31.7	29.4	27.8	50% de exposición 50% de recuperación en cada hora
32.2	31.1	30.0	25% de exposición 75% de recuperación en cada hora

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condicioness de seguridad e higiene.

Además, la NOM-STPS-015-2001 propone la tabla 2.11 que define el régimen de trabajo según la actividad, se muestra cuánto es el gasto metabólico aproximado dependiendo de la actividad realizada.

Tabla 2.11 Gasto metabólico y régimen de trabajo según la actividad.

Régimen de trabajo	Actividad	Ejemplo de Gasto Metabólico aproximado	
		watts	kcal/h
Ligero	Sentarse tranquilamente	116,18	100
	Sentarse, movimiento moderado de los brazos y el tronco (por ejemplo: trabajo de oficina, mecanografía)	130.81 a 162.21	112.5 a 139.5
	Sentado, movimientos moderados de los brazos y el tronco (por ejemplo: tocando el órgano o conduciendo un automóvil)	159.88 a 188.95	137.5 a 162.5
	Parado, trabajo moderado en máquinas o bancos de máquinas, mayormente con las manos.	159.88 a 188.95	137.5 a 162.5
	Parado, trabajo liviano en máquinas o banco, a veces caminando un poco.	188.95 a 218.02	162.5 a 197.5
	Sentado, movimientos pesados de los brazos y piernas.	188.95 a 232.56	162.5 a 200
Moderado	Parado, trabajo moderado en máquina o banco a veces caminando un poco.	218.02 a 290.69	187.5 a 250
	Caminando de un sitio a otro empujando y levantando moderadamente.	290.69 a 406.97	250 a 350
Pesado	Levantando, empujando o tirando cargas pesadas, intermitentemente (por ejemplo: trabajo de pico y pala)	436.04 a 581.39	375 a 500
	Trabajo pesado constante.	581.39 a 697.67	500 a 600

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condicion de seguridad e higiene.

Metodología:

Se calcula la pérdida de calor del cuerpo humano, con la ecuación de Cengel, Y. (2004):

$$Q = \frac{A_{ropa}(T_{piel}-T_{operativa})}{R_{ropa}+\frac{1}{h}} \quad [W] = [J/s]$$

Donde:

$T_{operativa} = T_{conv} + T_{rad} = Tgbh$ (se obtiene de las mediciones con el monitor de temperatura)

$A_{ropa} = A_s = 0.202 m^{0.425} h^{0.725} [m^2]$

m: peso de la persona [Kg]

h: altura de la persona [cm]

$T_{piel} = 33 \text{ °C}$ (valor constante)

h = entalpía de evaporización

$= h_{conv} + h_{rad} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]}$ (Se determina en función de la velocidad del viento dentro del vehículo)

R = resistencia térmica unitaria de la ropa en $[\text{m}^2 \text{ °C} / \text{W}]$, el clo se asigna subjetivamente según la cantidad de ropa que traiga puesta la persona.

1 clo = $0.155 \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]}$

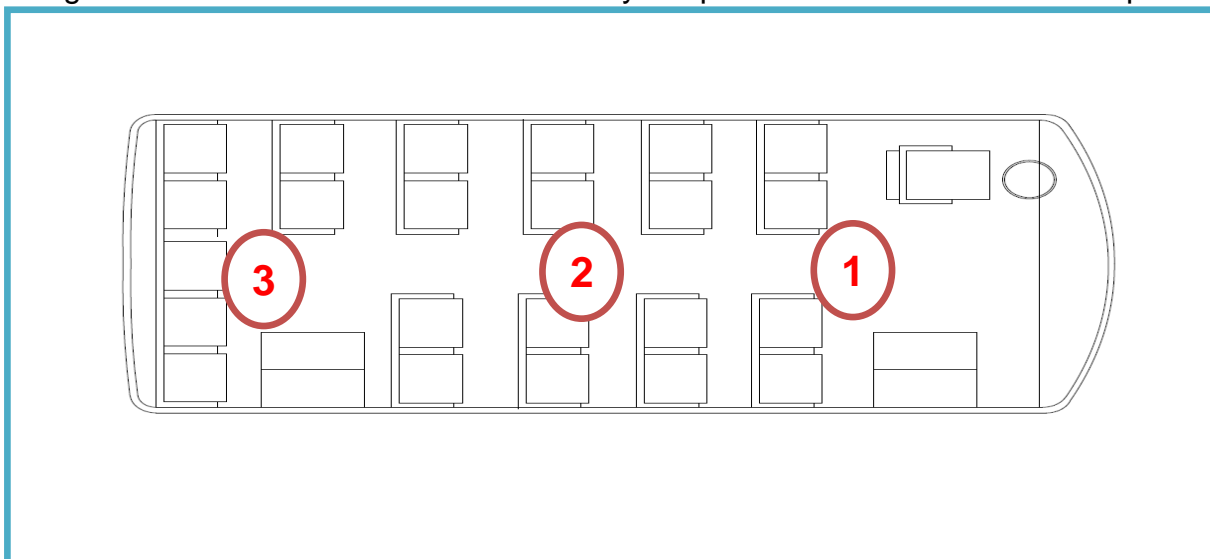
Teniendo lo anterior se calcula la pérdida total de calor mediante la siguiente ecuación:

$$Q_T = \left(\frac{10}{3}\right) Q$$

El Q_T se compara en la tabla de “Gasto metabólico y régimen de trabajo según la actividad” de la NOM-015-STPS-2001.

Para las mediciones de temperatura y ruido, los puntos fueron los mismos en las unidades de transporte público, se muestran en la figura 2.17.

Figura 2.17 Puntos de medición de ruido y temperatura en la unidad de transporte.



Fuente: Elaboración propia. Figura ilustrativa.

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE ILUMINACIÓN.

Para la investigación se realizaron las mediciones en vehículos de Metrobús, STC Metro y en transporte concesionado (Midibús), en tres diferentes rangos de horario: 08:00 a.m. a 11:00 a.m., 12:00 p.m. a 03:00 p.m. y 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

En cada uno de los modos de transporte mencionados se llevaron a cabo mediciones de iluminación, temperatura y ruido para después ser comparados con las Normas Oficiales Mexicanas mencionadas en el Capítulo 2 y de esta manera comprobar si cumplen o no con ellas.

A continuación se presentan las mediciones de iluminación para cada uno de los modos de transporte.

Equipo:

- Luxómetro HER-410 (Descrito en Capítulo 2).

Recolección de datos.

Para evaluar el factor de reflexión de las superficies de los andenes y vehículos se realizó lo siguiente:

- Para medir E_1 , la fotocelda del luxómetro se colocó de cara a la superficie a una distancia de 15 cm, hasta que la lectura permaneció constante.
- Para medir E_2 , la fotocelda se colocó a la altura de los ojos y en dirección a la superficie que se esté mirando, con el fin de medir la luz incidente.
- El factor de reflexión de la superficie (K_f) se determina con la siguiente ecuación.

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} (100)$$

E_1 : luz reflejada.

E_2 : luz incidente.

La medición de la iluminación dentro del vehículo se realizó en los siguientes puntos:

- Asiento.
- Pared.
- Piso.

En andenes se realizaron mediciones en:

- Pared.
- Piso.



Figura 3.1. Medición de Iluminación reflejada en Piso de andén 8:06 p.m.



Figura 3.2 Medición de Iluminación incidente en Piso de andén 8:06 p.m.

3.1 Sistema de Transporte Colectivo Metro.

En las siguientes Figuras se muestra la iluminación en vehículos de Línea A.



Figura 3.3 Iluminación interior del Tren FE-07.



Figura 3.4 Iluminación interior del Tren FM-95A.



Figura 3.5 Iluminación interior del Tren FM-86.

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en los andenes de Línea A en diferentes horarios.

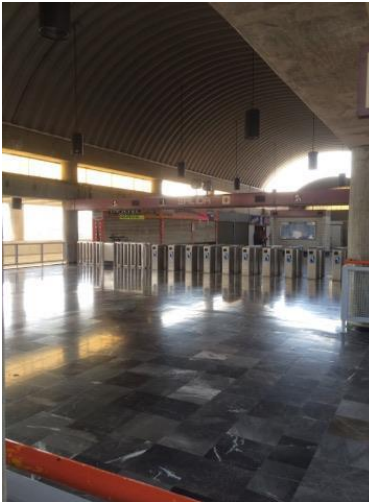


Figura 3.6 Estación La Paz 09:26 a.m.



Figura 3.7 Estación Tepalcates 10:07 a.m.



Figura 3.8 Estación Pantitlán 10:28 a.m.



Figura 3.9 Estación Pantitlán
12:41 p.m.



Figura 3.10 Estación Tepalcates
12:52 p.m.



Figura 3.11 Estación Acatitla
01:46 p.m.



Figura 3.12 Estación La Paz
07:46 p.m.



Figura 3.13 Estación Acatitla
08:27 p.m.



Figura 3.14 Estación Pantitlán
08:49 p.m.

Con los datos obtenidos se calculó el factor de reflexión (K_f) para cada una de las superficies indicadas.

Por ejemplo, si se observa la tabla 3.1 para la estación Pantitlán en el horario de 8:05 a.m. se obtuvo:

$$E_1 = 17 \text{ Lux}$$

$$E_2 = 20 \text{ Lux}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$K_f = \frac{17}{20} (100) = 85\%$$

Una vez obtenido el K_f se compara con la tabla 2.9 de “Niveles Máximos Permisibles de Reflexión” de la NOM- 025- STPS -2008.

Tabla 3.1 Resultados de iluminación en andén Línea A, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Pantitlán	Piso	20	17	08:05 a.m.	85%	Plano de Trabajo	50%		X
Acatitla	Piso	105	60	09:55 a.m.	57%	Plano de Trabajo	50%		X
Tepalcates	Piso	3310	1230	10:07 a.m.	37%	Plano de Trabajo	50%	✓	
La Paz	Piso	67	22	10:24 a.m.	33%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.2 Resultados de iluminación en andén Línea A, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Pantitlán	Piso	292	200	12:40 p.m.	68%	Plano de Trabajo	50%		X
Pantitlán	Pared	81	23	12:40 p.m.	28%	Pared	60%	✓	
Pantitlán	Piso con Sol	830	1230	12:40 p.m.	148%	Plano de Trabajo	50%		X
Tepalcates	Piso	875	463	12:52 p.m.	53%	Plano de Trabajo	50%		X
Acatitla	Piso	790	823	01:09 p.m.	104%	Plano de Trabajo	50%		X
La Paz	Piso	138	55	01:20 p.m.	40%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.3 Resultados de iluminación en andén Línea A, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
La Paz	Piso, luz amarilla	20	15	07:50 p.m.	75%	Plano de Trabajo	50%		X
La Paz	Pared	18	24	07:50 p.m.	133%	Pared	60%		X
Acatitla	Piso	25	19	08:27 p.m.	76%	Plano de Trabajo	50%		X
Tepalcates	Piso, luz amarilla	9	4	08:37 p.m.	44%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Pantitlán	Piso	21	21	08:50 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X

Tabla 3.4 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea A.

Punto	Iluminación		Kf	Tipo de Superficie	Kf según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (Lux)	Reflejada (Lux)				SI	NO
Asiento	771	250	32%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Pared	1100	450	41%	Pared	60%	✓	
Pasillo	320	165	52%	Plano de Trabajo	50%		X

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en trenes de la línea 12.



Figura 3.15 Iluminación interior del Tren FE-10.



Figura 3.16 Iluminación interior del Tren FE-10.

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en los andenes de la Línea 12 en diferentes horarios.

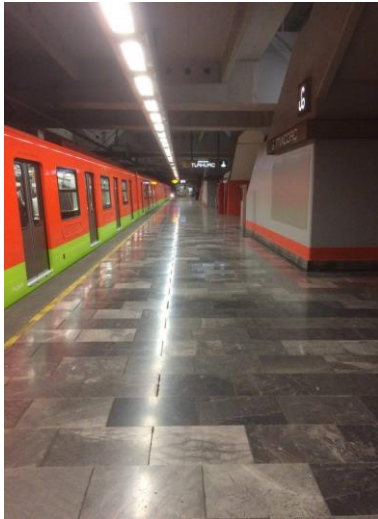


Figura 3.17 Estación Mixcoac
8:57 a.m.

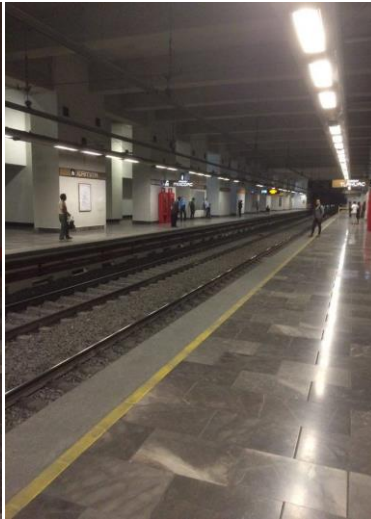


Figura 3.18 Estación Ermita
9:32 a.m.



Figura 3.19 Estación Periférico
9:58 a.m.



Figura 3.20 Estación Mixcoac
1:06 p.m.



Figura 3.21 Estación Zapata
1:27 p.m.



Figura 3.22 Estación Atlalilco
1:48 p.m.



Figura 3.23 Estación Atlalilco
7:38 p.m.

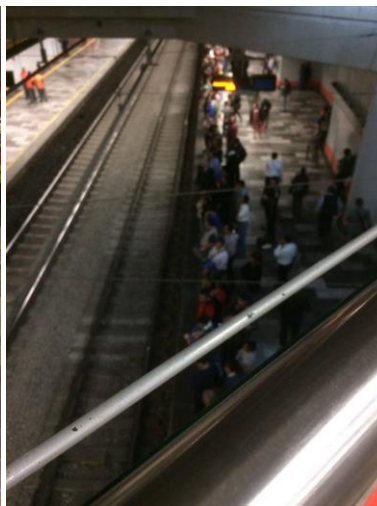


Figura 3.24 Estación Mixcoac
8:00 p.m.



Figura 3.25 Estación Periférico
8:43 p.m.

En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos de iluminación en andenes y vagones, para cada una de las franjas horarias.

Tabla 3.5 Resultados de iluminación en andén Línea 12, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Tláhuac	Piso	791	850	08:00 a.m.	107%	Plano de Trabajo	50%		X
Tláhuac	Pared	7750	9000		116%	Pared	60%		X
Mixcoac	Piso	24	24	08:55 a.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Mixcoac	Pared	19	23		121%	Pared	60%		X
Zapata	Piso	20	30	09:22 a.m.	150%	Plano de Trabajo	50%		X
Zapata	Pared	45	63		140%	Pared	60%		X
Ermita	Piso	16	25	09:31 a.m.	156%	Plano de Trabajo	50%		X
Ermita	Pared	41	60		146%	Pared	60%		X
Atlalilco	Piso	14	14	09:45 a.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Atlalilco	Pared	21	28		133%	Pared	60%		X
Periférico	Piso	563	747	09:58 a.m.	133%	Plano de Trabajo	50%		X

Tabla 3.6 Resultados de iluminación en andén Línea 12, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Tláhuac	Piso	300	181	12:10 p.m.	60%	Plano de Trabajo	50%		X
Tláhuac	Pared	1220	720		59%	Pared	60%	✓	
Mixcoac	Piso	20	23	01:05 p.m.	115%	Plano de Trabajo	50%		X
Mixcoac	Pared	20	26		130%	Pared	60%		X
Zapata	Piso	17	30	01:27 p.m.	176%	Plano de Trabajo	50%		X
Zapata	Pared	37	59		159%	Pared	60%		X
Ermita	Piso	15	13	01:34 p.m.	87%	Plano de Trabajo	50%		X
Ermita	Pared	37	59		159%	Pared	60%		X
Atlalilco	Piso	25	21	01:48 p.m.	84%	Plano de Trabajo	50%		X
Atlalilco	Pared	24	35		146%	Pared	60%		X
Periférico	Piso	960	480	02:00 p.m.	50%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.7 Resultados de iluminación en andén Línea 12, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Tláhuac	Piso	19	14	08:55 p.m.	74%	Plano de Trabajo	50%		X
Tláhuac	Pared	62	72		116%	Pared	60%		X
Mixcoac	Piso	20	23	08:00 p.m.	115%	Plano de Trabajo	50%		X
Mixcoac	Pared	19	22		116%	Pared	60%		X
Zapata	Piso	20	25	08:06 p.m.	125%	Plano de Trabajo	50%		X
Zapata	Pared	43	61		142%	Pared	60%		X
Ermita	Piso	15	13	08:15 p.m.	87%	Plano de Trabajo	50%		X
Ermita	Pared	36	55		153%	Pared	60%		X
Atlalilco	Piso	25	21	07:38 p.m.	84%	Plano de Trabajo	50%		X
Atlalilco	Pared	24	35		146%	Pared	60%		X
Periférico	Piso	16	26	08:40 p.m.	163%	Plano de Trabajo	50%		X

Tabla 3.8 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 12.

Punto	Iluminación		Kf	Tipo de Superficie	Kf según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (Lux)	Reflejada (Lux)				SI	NO
Asiento	54	65	120%	Plano de Trabajo	50%		X
Pared	300	153	51%	Pared	60%	✓	
Pasillo	70	90	129%	Plano de Trabajo	50%		X

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en vagones y andenes de la Línea 7 en diferentes horarios.



Figura 3.26 Iluminación interior del Tren NM-79.



Figura 3.27 Iluminación interior del Tren NM-83.



Figura 3.28 Iluminación interior del Tren MP-68.



Figura 3.29 Iluminación interior del Tren NM-02.

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en los andenes de la Línea 7 en diferentes horarios.



Figura 3.30 Estación Mixcoac
08:48 a.m.



Figura 3.31 Estación El Rosario
09:36 a.m.

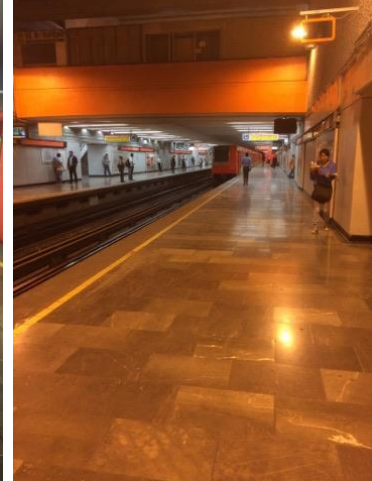


Figura 3.32 Estación Tacuba
10:09 a.m.

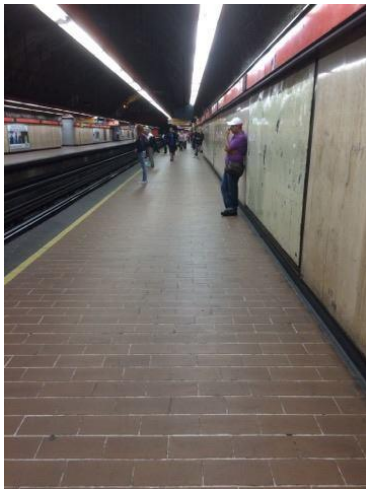


Figura 3.33 Estación Mixcoac
12:03 p.m.



Figura 3.34 Estación Refinería
12:34 p.m.



Figura 3.35 Estación El Rosario
12:49 p.m.

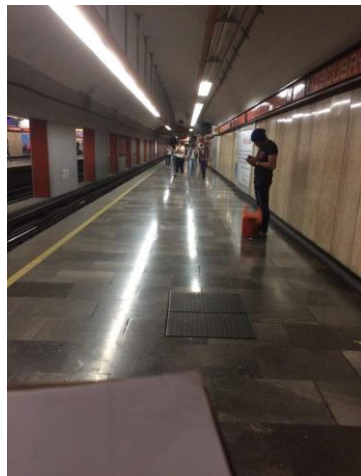


Figura 3.36 Estación Tacubaya
07:30 p.m.

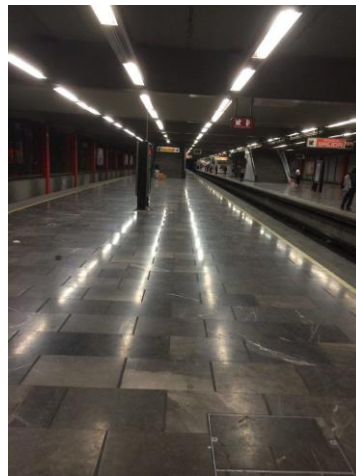


Figura 3.37 Estación El
Rosario 09:00 p.m.



Figura 3.38 Estación Barranca del
Muerto 09:00 p.m.

Tabla 3.9 Resultados de iluminación en andén Línea 7, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
B. del Muerto	Piso	25	20	08:30 a.m.	80%	Plano de Trabajo	50%		X
B. del Muerto	Pared	55	80		145%	Pared	60%		X
Mixcoac	Piso	24	16	08:41 a.m.	67%	Plano de Trabajo	50%		X
Mixcoac	Pared	60	71		118%	Pared	60%		X
Tacubaya	Piso	9	9	08:57 a.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacubaya	Pared	11	15		136%	Pared	60%		X
Polanco	Piso	16	16	09:15 a.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Polanco	Pared	35	52		149%	Pared	60%		X
Refinería	Piso	24	27	09:25 a.m.	113%	Plano de Trabajo	50%		X
Refinería	Pared	64	86		134%	Pared	60%		X
El Rosario	Piso	19	15	09:35 a.m.	79%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Piso luz amarilla	16	16	10:09 a.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Pared	45	20		44%	Pared	60%	√	
Tacuba	Piso, luz blanca	22	20		91%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Pared	50	53		106%	Pared	60%		X
Auditorio	Piso	20	20	10:19 a.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Auditorio	Pared	42	45		107%	Pared	60%		X
San Pedro P.	Piso	26	23	10:30 a.m.	88%	Plano de Trabajo	50%		X
San Pedro P.	Pared	38	48		126%	Pared	60%		X

Tabla 3.10 Resultados de iluminación en andén Línea 7, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
B. del Muerto	Piso	33	35	12:00 p.m.	106%	Plano de Trabajo	50%		X
B. del Muerto	Pared	88	102		116%	Pared	60%		X
Mixcoac	Piso	20	21	12:03 p.m.	105%	Plano de Trabajo	50%		X
Mixcoac	Pared	55	170		309%	Pared	60%		X
Tacubaya	Piso	19	18	12:10 p.m.	95%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacubaya	Pared	45	50		111%	Pared	60%		X
Polanco	Piso	16	16	12:23 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Polanco	Pared	35	50		143%	Pared	60%		X
Refinería	Piso	23	26	12:34 p.m.	113%	Plano de Trabajo	50%		X
Refinería	Pared	64	86		134%	Pared	60%		X
El Rosario	Piso	10	20	12:44 p.m.	200%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Piso, luz amarilla	20	30	01:21 p.m.	150%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Pared	35	40		114%	Pared	60%		X
Auditorio	Piso	16	16	01:33 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Auditorio	Pared	46	65		141%	Pared	60%		X
San Pedro P	Piso	26	26	01:44 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
San Pedro P	Pared	47	61		130%	Pared	60%		X

Tabla 3.11 Resultados de iluminación en andén Línea 7, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Mixcoac	Piso	20	20	07:25 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Mixcoac	Pared	60	76		127%	Pared	60%		X
Tacubaya	Piso	15	15	07:31 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacubaya	Pared	30	40		133%	Pared	60%		X
Polanco	Piso	17	17	07:45 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Polanco	Pared	34	53		156%	Pared	60%		X
Refinería	Piso	27	21	07:56 p.m.	78%	Plano de Trabajo	50%		X
Refinería	Pared	60	81		135%	Pared	60%		X
El Rosario	Piso	28	26	08:07 p.m.	93%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Piso, luz amarilla	16	16	08:26 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Pared	45	20		44%	Pared	60%	✓	
Tacuba	Piso, luz blanca	22	22		100%	Plano de Trabajo	50%		X
Tacuba	Pared	50	53		106%	Pared	60%		X
Auditorio	Piso	21	20	08:41 p.m.	95%	Plano de Trabajo	50%		X
Auditorio	Pared	42	55		131%	Pared	60%		X
San Pedro P	Piso	25	24	08:50 p.m.	96%	Plano de Trabajo	50%		X
San Pedro P	Pared	44	60		136%	Pared	60%		X
B. del Muerto	Piso	30	28	09:00 p.m.	93%	Plano de Trabajo	50%		X
B. del Muerto	Pared	73	93		127%	Pared	60%		X

Tabla 3.12 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 7 Metro.

Punto	Iluminación		Kf	Tipo de Superficie	Kf según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (Lux)	Reflejada (Lux)				SI	NO
Asiento	22	10	45%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Pared	71	58	82%	Pared	60%		X
Pasillo	15	23	153%	Plano de Trabajo	50%		X

3.2 Metrobús.

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en el vehículo y andenes de Metrobús Línea 1 en diferentes horarios.



Figura 3.39 Interior del Vehículo Articulado.



Figura 3.40 Estación La Raza
12:09 p.m.



Figura 3.41 Estación La Joya
01:08 p.m.

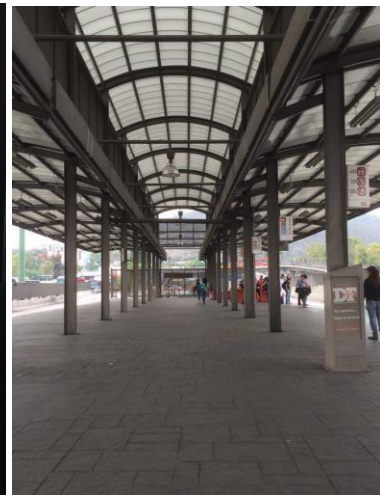


Figura 3.42 Estación indios
verdes 04:16 p.m.



Figura 3.43 Estación Nápoles 07:55 p.m.

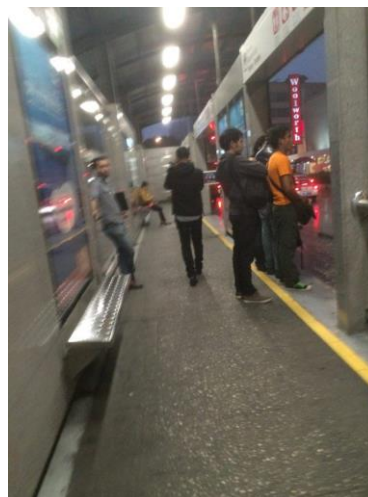


Figura 3.44 Estación La Piedad 08:16 p.m.

Datos obtenidos y procesamiento de información.

Para la Línea 1 de Metrobús se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.13 Resultados de iluminación en andén Línea 1, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Dr. Gálvez	Piso	1620	450	09:20 a.m.	28%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Nuevo León	Piso con Sol	1950	1680	10:10 a.m.	86%	Plano de Trabajo	50%		✗
Nuevo León	Piso	730	350	10:10 a.m.	48%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Buenavista	Piso	1000	470	10:42 a.m.	47%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Indios Verdes	Piso	1900	580	11:05 a.m.	31%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.14 Resultados de iluminación en andén Línea 1, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Indios Verdes	Piso	1250	550	12:00 p.m.	44%	Plano de Trabajo	50%	✓	
La Raza	Piso	2300	930	12:03 p.m.	40%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Dr. Gálvez	Piso	1300	750	01:07 p.m.	58%	Plano de Trabajo	50%		✗
T. Insurgentes	Piso	850	300	01:30 p.m.	35%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Revolución	Piso con Sol	2500	1100	02:20 p.m.	44%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Revolución	Piso	1300	600	02:20 p.m.	46%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.15 Resultados de iluminación en andén Línea 1, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Col. Del Valle	Piso	3	2	07:54 p.m.	67%	Plano de Trabajo	50%		X
Campeche	Piso	6	6	08:17 p.m.	100%	Plano de Trabajo	50%		X
Buenvista	Piso	5	1	08:50 p.m.	20%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.16 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 1 Metrobús.

Punto	Iluminación (Lux)		Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (E2)	Reflejada (E1)				SI	NO
Asiento	200	140	70%	Plano de Trabajo	50%		X
Pared	1600	480	30%	Pared	60%	✓	
Pasillo	250	117	47%	Plano de Trabajo	50%	✓	

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en el vehículo y andenes de Metrobús Línea 4 en diferentes horarios.



Figura 3.45 Interior del Vehículo Híbrido.

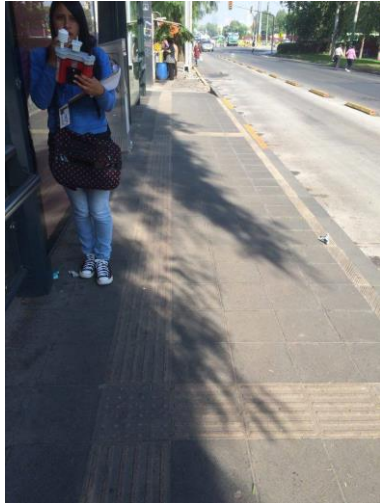


Figura 3.46 Estación Eduardo Molina 09:44 a.m.



Figura 3.47 Estación Teatro Blanquita 10:14 a.m.



Figura 3.48 Estación Buenavista 12:39 p.m.



Figura 3.49 Estación Juárez 01:06 p.m.



Figura 3.50 Estación San Lázaro 01:52 p.m.



Figura 3.51 Estación Buenavista 06:56 p.m.



Figura 3.52 Estación Juárez 07:22 p.m.



Figura 3.53 Estación Buenavista 08:51 p.m.

Las estaciones tipo parabús de la línea 4 no cuentan con Iluminación propia para el horario nocturno, dependen del alumbrado público.

Para la Línea 4 de Metrobús se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.17 Resultados de iluminación en andén de Línea 4, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Buenavista	Piso	550	340	09:00 p.m.	62%	Plano de Trabajo	50%		X
E. Molina	Piso con Sol	4300	3750	09:41 a.m.	87%	Plano de Trabajo	50%		X
E. Molina	Cartel de Mapa	1300	3150	09:41 a.m.	242%	Pared	60%		X
T. Blanquita	Piso con Sol	4200	3700	10:12 a.m.	88%	Plano de Trabajo	50%		X

Tabla 3.18 Resultados de iluminación en andén de Línea 4, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Buenavista	Piso	900	380	12:47 p.m.	42%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Juárez	Piso con Sol	6250	5850	01:00 p.m.	94%	Plano de Trabajo	50%		X
San Lázaro	Piso con Sol	2700	700	01:49 p.m.	26%	Plano de Trabajo	50%	✓	
T. Blanquita	Piso con Sol	5530	4800	12:47 p.m.	87%	Plano de Trabajo	50%		X

Tabla 3.19 Resultados de iluminación en andén de Línea 4, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Buenavista	Piso	35	18	07:07 p.m.	51%	Plano de Trabajo	50%		X
Buenavista	Cartel de Mapa	135	102	07:07 p.m.	76%	Pared	60%		X
Juárez	Piso	172	130	07:15 p.m.	76%	Plano de Trabajo	50%		X
San Lázaro	Piso	6	3	08:40 p.m.	50%	Plano de Trabajo	50%	✓	

Tabla 3.20 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 4 Metrobús.

Punto	Iluminación (Lux)		Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (E2)	Reflejada (E1)				SI	NO
Asiento	3	4	133%	Plano de Trabajo	50%		X
Pared	5	16	320%	Plano de Trabajo	60%		X
Pasillo	4	2	50%	Plano de Trabajo	50%	✓	

En las siguientes imágenes se muestra la iluminación en el vehículo y andenes de Metrobús Línea 6 en diferentes horarios.



Figura 3.54 Vehículo Articulado.



Figura 3.55 Interior del Vehículo.



Foto 3.56 Estación San Juan de Aragón 10:34 a.m.

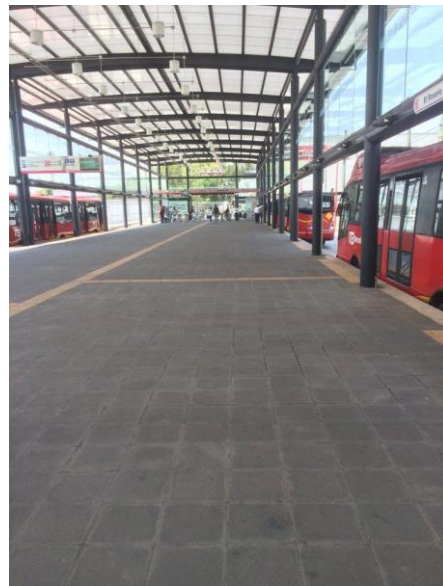


Figura 3.57 Estación El Rosario 11:39 a.m.



Figura 3.58 Estación El Rosario
12:32 p.m.



Figura 3.59 Estación
Montevideo 12:57 p.m.



Figura 3.60 Estación Villa de
Aragón 01:56 p.m.

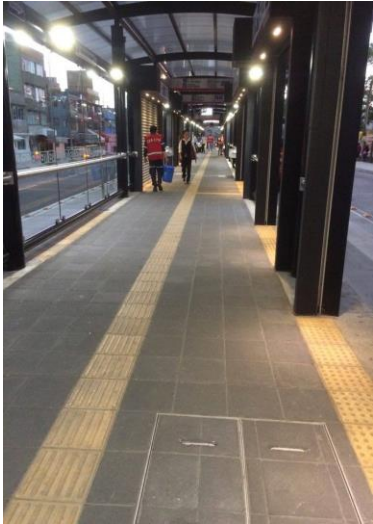


Figura 3.61 Estación Villa de
Aragón 07:07 p.m.

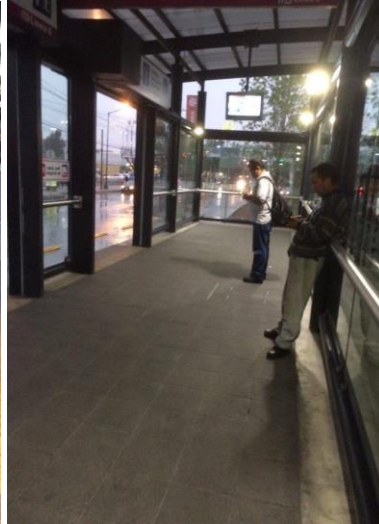


Figura 3.62 Estación San Juan
de Aragón 07:35 p.m.



Figura 3.63 Estación El
Rosario 08:44 p.m.

Para la Línea 6 de Metrobús se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3.21 Resultados de iluminación en andén Línea 6, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Villa de Aragón	Piso	366	200	10:05 a.m.	55%	Plano de Trabajo	50%		X
San Juan de A.	Piso	3700	950	11:32 a.m.	26%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Montevideo	Piso	2160	420	11:10 a.m.	19%	Plano de Trabajo	50%	✓	
El Rosario	Piso	1500	850	11:40 a.m.	57%	Plano de Trabajo	50%		X

Tabla 3.22 Resultados de iluminación en andén Línea 6, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
Montevideo	Piso	2000	520	12:54 p.m.	26%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Villa de Aragón	Piso	3400	900	01:47 p.m.	26%	Plano de Trabajo	50%	✓	
San Juan de A.	Piso con sol	2450	870	02:19 p.m.	36%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Dptvo. 18 de Marzo.	Piso	1000	360	02:56 p.m.	36%	Plano de Trabajo	50%	✓	
El Rosario	Piso	10000	7900	03:31 p.m.	79%	Plano de Trabajo	50%		✗

Tabla 3.23 Resultados de iluminación en andén Línea 6, en horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estación	Punto de Medición	Iluminación (Lux)		Hora	Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
		Incidente (E2)	Reflejada (E1)					SI	NO
El Rosario	Piso	180	102	06:00 p.m.	57%	Plano de Trabajo	50%		✗
El Rosario	Piso	370	222	06:00 p.m.	60%	Plano de Trabajo	50%		✗
Villa de Aragón	Piso	27	20	07:03 p.m.	74%	Plano de Trabajo	50%		✗
San Juan de A.	Piso	18	13	07:35 p.m.	72%	Plano de Trabajo	50%		✗
Dptvo. 18 de Marzo	Piso	20	16	08:01 p.m.	80%	Plano de Trabajo	50%		✗
El Rosario	Piso	9	5	08:41 p.m.	56%	Plano de Trabajo	50%		✗

Tabla 3.24 Resultados de iluminación en Vehículo de Línea 6 Metrobús.

Punto	Iluminación (Lux)		Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (E2)	Reflejada (E1)				SI	NO
Asiento Rosa	23	22	96%	Plano de Trabajo	50%		✗
Pared	160	130	81%	Pared	60%		✗
Pasillo Gris	33	30	91%	Plano de Trabajo	50%		✗
Pasillo Azul.	19	6	32%	Plano de Trabajo	50%	✓	

3.3 Transporte público concesionado (Midibús).

Para la investigación las mediciones de ergonomía ambiental se realizaron en una unidad de la Ruta 37, que corre de 10 de Mayo – Metro Aeropuerto.

En las siguientes imágenes se muestra la unidad Iluminación en diferentes horarios.



Figura 3.64 Interior del vehículo
08:30 a.m.



Figura 3.65 Interior del vehículo
02:30 p.m.



Figura 3.66 Interior del vehículo
08:40 p.m.

Toma de mediciones.



Figura 3.67 Iluminación Incidente
08:40 p.m.

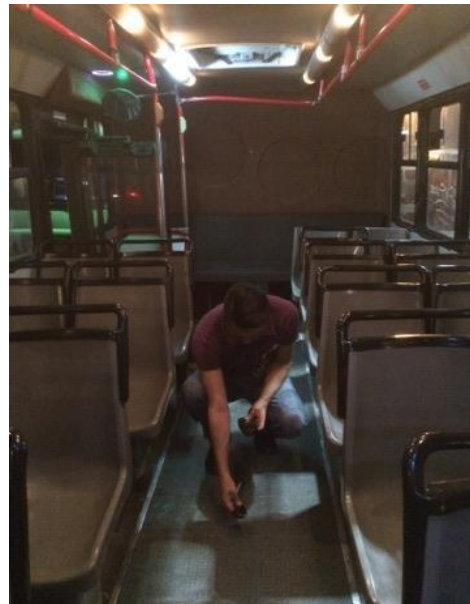


Figura 3.68 Iluminación Reflejada
08:40 p.m.

Para la Ruta 37 de Midibús se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3.25 Resultados de iluminación en Midibús, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Punto	Iluminación (Lux)		Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple	
	Incidente (E2)	Reflejada (E1)				SI	NO
Estribo	373	142	38%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Pasillo	480	108	23%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Asiento	840	607	72%	Plano de Trabajo	50%		✗
Pared	2500	1900	76%	Pared	60%		✗

Tabla 3.26 Resultados de iluminación en Midibús, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Punto	Iluminación (Lux)		Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple NOM-025	
	Incidente (E2)	Reflejada (E1)				SI	NO
Estribo	2950	1200	41%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Pasillo	600	140	23%	Plano de Trabajo	50%	✓	
Asiento	1200	3580	298%	Plano de Trabajo	50%		✗
Pared	3500	1900	54%	Pared	60%	✓	

Tabla 3.27 Resultados de iluminación en Midibús en horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Punto	Iluminación (Lux)		Kf	Tipo de Superficie	Kf Según la NOM-025	Cumple NOM-025	
	Incidente (E2)	Reflejada (E1)				SI	NO
Estribo	0	1		Plano de Trabajo	50%		✗
Pasillo	1	1	100%	Plano de Trabajo	50%		✗
Asiento	0	0		Plano de Trabajo	50%		✗
Pared	1	2	200%	Pared	60%		✗

CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE RUIDO.

En esta parte se presentan los resultados de ruido para cada uno de los modos de transporte estudiados.

Equipo:

- Sonómetro HER 402 (Descrito en Capítulo 2)

Recolección de datos.

Para realizar las mediciones del nivel de sonido en andenes y vehículos se realizó lo siguiente:

Se abordó el vehículo de transporte público con el sonómetro en mano.

Del mismo modo que para las mediciones de temperatura, las mediciones de ruido se realizaron en tres diferentes puntos dentro de la unidad, en la parte de atrás, en medio y adelante, en periodos de 5 minutos, para el caso de Metro y Metrobús se realizaba cada tres estaciones.

Para saber si el nivel de ruido registrado afecta a los usuarios del transporte público, basándose en la metodología mostrada por Niebel, B. y Freivalds, A. (2009), en su libro "Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo", se debe calcular la "dosis de ruido" (D), para después calcular el "promedio ponderado de tiempo" de exposición al ruido (PPT).

Para el cálculo de la dosis de ruido se toma en cuenta que un día de exposición se compone de varias exposiciones parciales a diferentes niveles de sonido, las cuales se suman para obtener una exposición combinada, por ello para cada uno de los recorridos realizados en SCT Metro, Metrobús y transporte concesionado, se dividieron en fracciones (las fracciones de recorrido son los tramos donde se observa la mayor demanda de usuarios de transporte público). En cada una de estas se obtuvo el promedio del nivel máximo (N_{max}) y el nivel mínimo de ruido (N_{min}), además de ser tomado en cuenta el tiempo de recorrido en ese tramo.

A continuación se muestran imágenes de la toma de mediciones.



Figura 4.1 Medición de Ruido en vagón
STC Metro, Línea A, 08:23 p.m.

Enseguida se ejemplifica el procedimiento para calcular el PPT para la Línea A, en el horario de 08:35 a.m. a 09:10 a.m.

En este horario el tren se dirigía a la estación “La Paz”, las fracciones de recorrido se eligieron de la siguiente manera;

- Pantitlán -Tepalcates
- Tepalcates - Santa Marta
- Santa Marta - La Paz

Los promedios de nivel de ruido mínimo y máximo en cada fracción se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Niveles máximos y mínimos de ruido Línea A, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Fracción	Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]
1	Pantitlán-Tepalcates	75	87
2	Tepalcates-Santa Marta	77	88
3	Santa Marta-La Paz	80	88

Una vez obtenidos los valores promedios del nivel de ruido máximo (N_{max}) y de ruido mínimo (N_{min}), se calcula el promedio entre estos dos para obtener el nivel de ruido promedio (N_{prom}), por ejemplo para la primera fracción del recorrido, que es “Pantitlán – Tepalcates”:

$$N_{min} = 75 \text{ dB}$$

$$N_{max} = 87 \text{ dB}$$

$$N_{prom} = \frac{(75 \text{ dB} + 87 \text{ dB})}{2} = 81 \text{ dB}$$

El nivel de ruido promedio para cada una de las fracciones se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Promedios de nivel de ruido en cada fracción de recorrido de Línea A.

Fracción	Estaciones	N_{prom} [dB]
1	Pantitlán-Tepalcates	81
2	Tepalcates-Santa Marta	83
3	Santa Marta-La Paz	84

Para cada una de las fracciones el tiempo de recorrido se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Tiempo de recorrido en cada fracción de Línea A.

Fracción	Estaciones	$T_{recorrido}$ (min)	$T_{recorrido}$ (h)
1	Pantitlán-Tepalcates	9	0.15
2	Tepalcates-Santa Marta	12	0.2
3	Santa Marta-La Paz	6	0.1

Para conocer el tiempo permitido de exposición a cierto nivel de ruido (T), en este caso de N_{prom} , se utiliza la siguiente ecuación:

$$T = e^{\left(\frac{R-104.98}{-7.223}\right)} \quad [h]$$

Donde:

T= tiempo permitido a un nivel específico de ruido (horas)

R= promedio de nivel de ruido. (N_{prom})

Esta ecuación se utilizó debido a que los valores de nivel de exposición al ruido no se encuentren en la tabla 2.9 de “Límites Máximos Permisibles de Exposición” de la NOM-011-STPS-2001. Dado que se tiene un comportamiento logarítmico, la siguiente ecuación se obtiene graficando los valores de la tabla 2.9, de donde se despeja “T”, para obtener la ecuación utilizada.

$$R = -7.223 \ln(T) + 104.98$$

Siguiendo el ejemplo de la Línea A, se calcula T para cada una de las fracciones;

$$T_1 = e^{\left(\frac{R_1-104.98}{-7.223}\right)} \quad T_2 = e^{\left(\frac{R_2-104.98}{-7.223}\right)} \quad T_3 = e^{\left(\frac{R_3-104.98}{-7.223}\right)}$$

Donde;

$$R_1= 81 \quad R_2= 83 \quad R_3= 84$$

Sustituyendo valores;

$$T_1 = e^{\left(\frac{81-104.98}{-7.223}\right)} = 27.659 \text{ h}$$

$$T_2 = e^{\left(\frac{83-104.98}{-7.223}\right)} = 22.472 \text{ h}$$

$$T_3 = e^{\left(\frac{84-104.98}{-7.223}\right)} = 18.258 \text{ h}$$

Calculo de la dosis de ruido “D”:

$$D = 100 \times \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] < 100$$

Donde:

D = dosis de sonido

C = tiempo de exposición a niveles específicos de ruidos (h).  T_{recorrido}

T = tiempo permitido a un nivel específico de ruido, (h).

Sustituyendo valores en ecuación;

$$D = 100 \times \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} \right]$$

$$D = 100 \times \left[\frac{0.15 h}{27.659 h} + \frac{0.2 h}{22.472 h} + \frac{0.1 h}{18.258 h} \right]$$

$$D = 0.01980$$

$$D = 1.98 \% < 100 \%$$

Se calcula el promedio ponderado de tiempo de exposición al ruido (PPT):

$$PPT = 16.61 \text{ Log}_{10} \left(\frac{D}{100} \right) + 90$$

$$PPT = 16.61 \text{ Log}_{10} \left(\frac{0.01980}{100} \right) + 90$$

$$PPT = 61.71 \text{ dB}$$

$$61.71 \text{ dB} < 110 \text{ dB (NOM-011-STPS-2001)}$$

Según la NOM-011-STPS-2001, para 1 h de exposición a una fuente de ruido, el nivel de sonido permitido corresponde a 99 dB, por lo tanto está dentro de la norma, se garantiza un viaje sin daños auditivos para el usuario.

El procedimiento anterior se realizó para cada uno de los recorridos en los sistemas de transporte estudiados así como en los diferentes rangos de horario propuestos.

Para el caso de los andenes, el procedimiento para saber si el nivel de ruido está permitido según la NOM-011-STPS-2001, es el siguiente y se realizó por cada una de las estaciones, por separado, donde se realizaron mediciones.

Tomando en cuenta nuevamente el horario anterior, de 08:35 a.m. a 09:10 a.m., se tiene que en la estación Pantitlán;

$$N_{\min} = 65 \text{ dB}$$

$$N_{\max} = 87 \text{ dB}$$

Entonces el nivel de ruido promedio (N_{prom}), es el siguiente;

$$N_{\text{prom}} = \frac{(65 \text{ dB} + 87 \text{ dB})}{2} = 76 \text{ dB}$$

El tiempo en anden se consideró de 5 minutos debido a que los usuarios no permanecen mucho tiempo en él.

$$T_{\text{anden}} = 5 \text{ min} = 0.083 \text{ h}$$

Se calcula el tiempo permitido de exposición al ruido (T).

$$T = e^{\left(\frac{R-104.98}{-7.223}\right)} \quad [h]$$

Donde;

$$R = 76 \text{ dB}$$

$$T = e^{\left(\frac{76-104.98}{-7.223}\right)} = 55.267 \text{ h}$$

Se calcula la dosis de ruido (D);

$$D = 100 \times \left[\frac{C}{T} \right]$$

$$C = T_{\text{anden}} = 0.083 \text{ h}$$

$$D = 100 \times \left[\frac{0.083 \text{ h}}{55.267 \text{ h}} \right]$$

$$D = 0.0015078$$

$$D = 0.1508 \% < 100 \%$$

Se calcula el promedio ponderado de tiempo de exposición al ruido (PPT):

$$PPT = 16.61 \text{ Log}_{10} \left(\frac{D}{100} \right) + 90$$

$$PPT = 16.61 \text{ Log}_{10} \left(\frac{0.0015078}{100} \right) + 90$$

$$PPT = 43.13 \text{ dB}$$

$$43.13 \text{ dB} < 115 \text{ dB (NOM-011-STPS-2001)}$$

Según la NOM-011-STPS-2001, para 0.25 h o menos de exposición a una fuente de ruido, el nivel de sonido permitido corresponde a 105 dB, por lo tanto está dentro de la norma.

El procedimiento anterior se realizó para cada una de las estaciones en donde se llevó a cabo el levantamiento de la información de los sistemas de transporte estudiados así como en los diferentes rangos de horario propuestos.

4.1 Resultados de Sistema de Transporte Colectivo Metro.

A continuación se presentan los resultados del nivel de sonido en las líneas estudiadas del STC Metro.

Tabla 4.4 Resultados de ruido en vehículos de Línea A.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
08:35 a.m. - 09:10 a.m.	0.0198	1.98%	61.71	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
09:46 a.m. - 10:24 a.m.	0.0103	1.04%	57.03		✓
12:45 p.m. - 01:20 p.m.	0.0151	1.51%	59.76		✓
01:27 p.m. - 02:06 p.m.	0.0165	1.65%	60.39		✓
07:15 p.m. - 07:41 p.m.	0.0131	1.31%	58.75		✓
08:15 p.m. - 08:50 p.m.	0.0125	1.26%	58.43		✓

Tabla 4.5 Resultados de ruido en andenes de Línea A, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Pantitlán	65	87	76	5	0.0833	55.26	0.0015	0.15%	43.13	✓
Acatitla	80	82	81	5	0.0833	27.65	0.0030	0.30%	48.13	✓
Tepalcates	73	84	79	5	0.0833	39.09	0.0021	0.21%	45.63	✓
La Paz	60	82	71	5	0.0833	110.43	0.0007	0.08%	38.14	✓

Tabla 4.6 Resultados de ruido en andenes de Línea A, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Pantitlán	59	65	62	5	0.0833	383.92	0.0002	0.02%	29.15	✓
Acatitla	80	85	83	5	0.0833	22.47	0.0037	0.37%	49.62	✓
Tepalcates	72	81	77	5	0.0833	51.57	0.0016	0.16%	43.63	✓
La Paz	64	68	66	5	0.0833	220.66	0.0003	0.04%	33.15	✓

Tabla 4.7 Resultados de ruido en andenes de Línea A, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Pantitlán	70	72	71	5	0.0833	110.43	0.0007	0.08%	38.14	✓
Acatitla	72	91	82	5	0.0833	25.80	0.0032	0.32%	48.63	✓
Tepalcates	71	75	73	5	0.0833	83.72	0.0009	0.10%	40.14	✓
La Paz	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓

Tabla 4.8 Resultados de ruido en vehículos de Línea 7.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
08:40 p.m. - 09:35 p.m.	0.0382	3.82%	66.45	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
10:00 a.m. - 10:45 a.m.	0.0346	3.46%	65.74		✓
12:00 p.m. - 12:44 p.m.	0.0543	5.44%	69.00		✓
01:27 p.m. - 02:06 p.m.	0.0459	4.60%	67.79		✓
07:20 p.m. - 08:07 p.m.	0.0496	4.96%	68.34		✓
08:20 p.m. - 09:00 p.m.	0.0531	5.31%	68.83		✓

Tabla 4.9 Resultados de ruido en andenes de Línea 7, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
B. del Muerto	79	85	82	5	0.0833	24.08	0.0035	0.35%	49.12	✓
Mixcoac	65	80	73	5	0.0833	89.72	0.0009	0.09%	39.64	✓
San P. de los Pinos	70	71	71	5	0.0833	118.35	0.0007	0.07%	37.64	✓
Tacubaya	65	67	66	5	0.0833	220.67	0.0004	0.04%	33.15	✓
Polanco	68	70	69	5	0.0833	145.67	0.0006	0.06%	36.14	✓
Refinería	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓
Tacuba	75	77	76	5	0.0833	55.27	0.0015	0.15%	43.13	✓
Auditorio	72	75	74	5	0.0833	78.12	0.0011	0.11%	40.64	✓
El Rosario	64	65	65	5	0.0833	271.60	0.0003	0.03%	31.65	✓

Tabla 4.10 Resultados de ruido en andenes de Línea 7, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
B. del Muerto	67	70	69	5	0.0833	156.11	0.0005	0.05%	35.64	✓
Mixcoac	66	70	68	5	0.0833	167.29	0.0005	0.05%	35.14	✓
San P. de los Pinos	66	67	67	5	0.0833	205.91	0.0004	0.04%	33.64	✓
Tacubaya	65	68	67	5	0.0833	205.91	0.0004	0.04%	33.64	✓
Polanco	70	73	72	5	0.0833	103.05	0.0008	0.08%	38.64	✓
Refinería	80	81	81	5	0.0833	29.64	0.0028	0.28%	47.63	✓
Tacuba	71	74	73	5	0.0833	89.72	0.0009	0.09%	39.64	✓
Auditorio	68	70	69	5	0.0833	145.67	0.0006	0.06%	36.14	✓
El Rosario	69	71	70	5	0.0833	126.83	0.0007	0.07%	37.14	✓

Tabla 4.11 Resultados de ruido en andenes de Línea 7, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
B. del Muerto	73	80	77	5	0.0833	51.57	0.0016	0.16%	43.63	✓
Mixcoac	74	77	76	5	0.0833	59.23	0.0014	0.14%	42.63	✓
San P. de los Pinos	65	66	66	5	0.0833	236.48	0.0004	0.04%	32.65	✓
Tacubaya	66	70	68	5	0.0833	167.29	0.0005	0.05%	35.14	✓
Polanco	71	77	74	5	0.0833	72.90	0.0011	0.11%	41.13	✓
Refinería	79	80	80	5	0.0833	34.04	0.0024	0.24%	46.63	✓
Tacuba	75	80	78	5	0.0833	44.90	0.0019	0.19%	44.63	✓
Auditorio	68	70	69	5	0.0833	145.67	0.0006	0.06%	36.14	✓
El Rosario	63	68	66	5	0.0833	236.48	0.0004	0.04%	32.65	✓

Tabla 4.12 Resultados de ruido en vehículos de Línea 12.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
08:05 p.m. - 08:53 p.m.	0.0093	0.93%	56.27	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
09:15 a.m. - 10:15 a.m.	0.0094	0.94%	56.34		✓
12:15 p.m. - 01:03 p.m.	0.0123	1.23%	58.29		✓
01:20 p.m. - 02:24 p.m.	0.0107	1.07%	57.27		✓
07:10 p.m. - 08:00 p.m.	0.0101	1.01%	56.88		✓
08:00 p.m. - 08:55 p.m.	0.0096	0.97%	56.53		✓

Tabla 4.13 Resultados de ruido en andenes de Línea 12, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Tláhuac	62	66	64	5	0.0833	291.06	0.0003	0.03%	31.15	✓
Mixcoac	60	65	63	5	0.0833	358.24	0.0002	0.02%	29.65	✓
Zapata	60	65	63	5	0.0833	358.24	0.0002	0.02%	29.65	✓
Ermita	68	70	69	5	0.0833	145.67	0.0006	0.06%	36.14	✓
Atlalilco	65	70	67.5	5	0.0833	179.29	0.0005	0.05%	34.64	✓
Periférico	74	75	74.5	5	0.0833	68.02	0.0012	0.12%	41.63	✓

Tabla 4.14 Resultados de ruido en andenes de Línea 12, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Tláhuac	60	66	63	5	0.0833	334.28	0.0002	0.02%	30.15	✓
Mixcoac	68	85	77	5	0.0833	51.57	0.0016	0.16%	43.63	✓
Zapata	64	70	67	5	0.0833	192.14	0.0004	0.04%	34.14	✓
Ermita	66	67	67	5	0.0833	205.91	0.0004	0.04%	33.64	✓
Atlalilco	69	72	71	5	0.0833	118.35	0.0007	0.07%	37.64	✓
Periférico	70	72	71	5	0.0833	110.43	0.0008	0.08%	38.14	✓

Tabla 4.15 Resultados de ruido en andenes de Línea 12, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Tláhuac	63	70	67	5	0.0833	205.91	0.0004	0.04%	33.64	✓
Mixcoac	68	80	74	5	0.0833	72.90	0.0011	0.11%	41.13	✓
Zapata	65	73	69	5	0.0833	145.67	0.0006	0.06%	36.14	✓
Ermita	69	75	72	5	0.0833	96.16	0.0009	0.09%	39.14	✓
Atlalilco	69	72	71	5	0.0833	118.35	0.0007	0.07%	37.64	✓
Periférico	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓

4.2 Resultados de Metrobús.

En seguida se muestran las figuras y resultados del nivel de sonido en las líneas de Metrobús estudiadas.



Figura 4.2 Medición de Ruido en vehículo Metrobús, Línea 1, 9:30 a.m.

Tabla 4.16 Resultados de ruido en vehículos de Línea 1 Metrobús.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
09:20 a.m. - 11:05 a.m.	0.0159	1.59%	60.14	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
12:00 p.m. - 01:07 p.m.	0.0136	1.36%	59.01		✓
01:20 p.m. - 02:45 p.m.	0.0356	3.56%	65.94		✓
06:00 p.m. - 07:15 p.m.	0.0399	3.99%	66.77		✓
07:28 p.m. - 08:50 p.m.	0.0292	2.92%	64.51		✓

Tabla 4.17 Resultados de ruido en andenes Línea 1, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Dr. Gálvez	70	75	73	5	0.0833	89.72	0.0009	0.09%	39.64	✓
Nuevo León	70	78	74	5	0.0833	72.90	0.0011	0.11%	41.13	✓
Buenavista	60	62	61	5	0.0833	440.93	0.0002	0.02%	28.15	✓
Indios Verdes	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓

Tabla 4.18 Resultados de ruido en andenes de Línea 1, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Dr. Gálvez	69	73	71	5	0.0833	110.43	0.0008	0.08%	38.14	✓
Teatro Insurgentes	70	77	74	5	0.0833	78.12	0.0011	0.11%	40.64	✓
Revolución	70	77	74	5	0.0833	78.12	0.0011	0.11%	40.64	✓
La Raza	75	85	80	5	0.0833	31.77	0.0026	0.26%	47.13	✓
Indios Verdes	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓

Tabla 4.19 Resultados de ruido en andenes Línea 1, horario de 6:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Col. Del Valle	66	75	71	5	0.0833	118.35	0.0007	0.07%	37.64	✓
Campeche	80	87	84	5	0.0833	19.57	0.0043	0.43%	50.62	✓
Buenavista	69	78	74	5	0.0833	78.12	0.0011	0.11%	40.64	✓

Tabla 4.20 Resultados de ruido en vehículos de Línea 4 Metrobús.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
09:00 a.m.- 10:29 a.m.	0.0087	0.87%	55.80	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
12:47 p.m. - 03:39 p.m.	0.0101	1.01%	56.83		✓
07:07 p.m.- 08:40 p.m.	0.0135	1.35%	58.94		✓

Tabla 4.21 Resultados de ruido en andenes de Línea 4, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Buenavista	64	67	66	5	0.0833	236.482	0.0004	0.04%	32.65	✓
Eduardo Molina	66	70	68	5	0.0833	167.295	0.0005	0.05%	35.14	✓
Teatro Blanquita	66	70	68	5	0.0833	167.295	0.0005	0.05%	35.14	✓

Tabla 4.22 Resultados de ruido en andenes de Línea 4, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Buenavista	70	77	74	5	0.0833	78.124	0.0011	0.11%	40.64	✓
Juárez	65	70	68	5	0.0833	179.286	0.0005	0.05%	34.64	✓
San Lázaro	75	76	76	5	0.0833	59.229	0.0014	0.14%	42.63	✓
Teatro Blanca	70	75	73	5	0.0833	89.725	0.0009	0.09%	39.64	✓

Tabla 4.23 Resultados de ruido en andenes de Línea 4, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
Buenavista	70	73	72	5	0.0833	103.048	0.0008	0.08%	38.64	✓
Juárez	63	74	69	5	0.0833	156.106	0.0005	0.05%	35.64	✓
San Lázaro.	77	80	79	5	0.0833	39.098	0.0021	0.21%	45.63	✓

Tabla 4.24 Resultados de ruido en vehículos de Línea 6 Metrobús.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
08:54 a.m. - 10:01 a.m.	0.0137	1.37%	59.08	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
10:13 a.m. - 11:39 a.m.	0.0118	1.18%	57.96		✓
12:34 p.m. - 01:47 p.m.	0.0162	1.62%	60.28		✓
01:59 p.m. - 03:31 p.m.	0.0166	1.66%	60.45		✓
06:00 p.m. - 07:03 p.m.	0.0129	1.29%	58.63		✓
07:15 p.m. - 08:41 p.m.	0.0222	2.22%	62.55		✓

Tabla 4.25 Resultados de ruido en andenes de Línea 6, horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
El Rosario	74	80	77	5	0.0833	48.12	0.0017	0.17%	44.13	✓
Montevideo	77	84	81	5	0.0833	29.64	0.0028	0.28%	47.63	✓
San Juan A.	63	76	70	5	0.0833	135.92	0.0006	0.06%	36.64	✓
Villa de Aragón	75	85	80	5	0.0833	31.77	0.0026	0.26%	47.13	✓

Tabla 4.26 Resultados de ruido en andenes de Línea 6, horario de 12:00 p.m. a 03:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
El Rosario	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓
Montevideo	74	82	78	5	0.0833	41.90	0.0020	0.20%	45.13	✓
Dtvo. 18 de Marzo	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓
San Juan de A.	70	84	77	5	0.0833	48.12	0.0017	0.17%	44.13	✓
Villa de Aragón	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓

Tabla 4.27 Resultados de ruido en andenes de Línea 6, horario de 06:00 p.m. a 09:00 p.m.

Estaciones	N _{min} [dB]	N _{max} [dB]	N _{prom} [dB]	T _{anden} (min)	T _{anden} (h)	T (h)	Dosis de ruido	Dosis de ruido [%]	PPT [dB]	Cumple
El Rosario	70	80	75	5	0.0833	63.47	0.0013	0.13%	42.13	✓
Deportivo 18 de Marzo	75	80	78	5	0.0833	44.90	0.0019	0.19%	44.63	✓
San Juan de A.	79	85	82	5	0.0833	24.08	0.0035	0.35%	49.12	✓
Villa de Aragón	75	80	78	5	0.0833	44.90	0.0019	0.19%	44.63	✓

4.3 Resultados de Transporte público concesionado (Midibús).

En seguida se muestran las figuras y resultados del nivel de sonido de la Ruta 37, ramal 10 de Mayo – Metro Aeropuerto.



Figura 4.3 Medición de Ruido en vehículo Ruta 37, 08:54 p.m.



Figura 4.4 Medición de Ruido en vehículo Ruta 37, 07:00 p.m.

Tabla 4.28 Resultados de ruido en vehículo de ruta 37.

Franja horaria	Dosis de ruido (D)	(D) %	PPT [dB]	NOM-011	Cumple
08:42 a.m. - 09:51 a.m.	0.0115765	1.16%	57.84	Para 1 h el nivel máximo de ruido es 99 dB	✓
10:02 a.m. - 11:02 a.m.	0.0073173	0.73%	54.53		✓
02:07 p.m. - 03:07 pm.	0.0100267	1.00%	56.80		✓
03:28 p.m. - 04:28 p.m.	0.0086964	0.87%	55.77		✓
07:15 p.m. - 07:41 p.m.	0.0131335	1.31%	58.75		✓
08:15 p.m. - 08:50 p.m.	0.0125751	1.26%	58.43		✓

CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE TEMPERATURA.

En seguida se presentan las mediciones de temperatura para cada uno de los modos de transporte estudiados.

Equipo:

- Monitor de temperatura ambiental TGBH, QUESTemp° 32. (Descrito en Capitulo 2)

Recolección de datos.

Para realizar las mediciones de temperatura en andenes y vehículos se realizó lo siguiente:

Se abordó el vehículo de transporte público con el monitor de temperatura en mano.

Se tomaron mediciones en tres diferentes puntos dentro de la unidad, en la parte de atrás, en medio y adelante, en periodos de 5 minutos, para el caso de Metro y Metrobús se realizaba cada tres estaciones. En algunos casos la unidad estaba a su máxima capacidad y no era posible desplazarse en su interior para cubrir los tres puntos de medición, en este caso se tomó la medición en uno o dos puntos donde era posible.

Se registraban los datos que mostraba el monitor de temperatura en el momento de observación.

- Temperatura de globo Tg.
- Temperatura de bulbo húmedo Tbh.
- Temperatura de bulbo seco Tbs.
- Humedad relativa.

Las mediciones se realizaron en el mes de mayo para STC Metro y Metrobús, para el caso del transporte concesionado fue en el mes de agosto.

Se observó que en los días que se tomaron las mediciones, el clima fue muy variable, durante el día había sol y en la noche lluvia.

Una vez obtenidos los datos de temperatura se procedió a calcular los promedios para cada rango de horario para obtener la pérdida parcial de calor (Q) y la pérdida total de calor (Q_T), estos valores se compararon con la tabla de “Gasto metabólico y régimen de trabajo correspondiente a determinadas actividades”, de la NOM- 015- STPS -2001.

La pérdida parcial de calor (Q) y la pérdida total de calor (Q_T) se calculó para hombre y mujer.

A continuación se muestran imágenes de la toma de mediciones.

STC Metro Línea A.



Figura 5.1 Medición de temperatura en vagón STC Metro, Línea A, 08:23 p.m.



Figura 5.2 Medición de temperatura en andén STC Metro, Línea A, 10:09 a.m.

STC Metro Línea 7.



Figura 5.3 Medición de temperatura en vagón STC Metro, Línea 7, 10:17 a.m.



Figura 5.4 Medición de temperatura en anden STC Metro, Línea 7, 10:00 a.m.

STC Metro Línea 12.



Figura 5.5 Medición de temperatura en vagón STC Metro, Línea 12, 02:11 p.m.



Figura 5.6 Medición de temperatura en anden STC Metro, Línea 12, 09:58 a.m.

Metrobús Línea 6.



Figura 5.7. Medición de temperatura en vagón Metrobús, Línea 6, 11:18 a.m.



Figura 5.8 Medición de temperatura en anden Metrobús, Línea 6, 02:11 p.m.

Metrobús Línea 4.



Figura 5.9 Medición de temperatura en vagón Metrobús, Línea 4, 09:44 a.m.

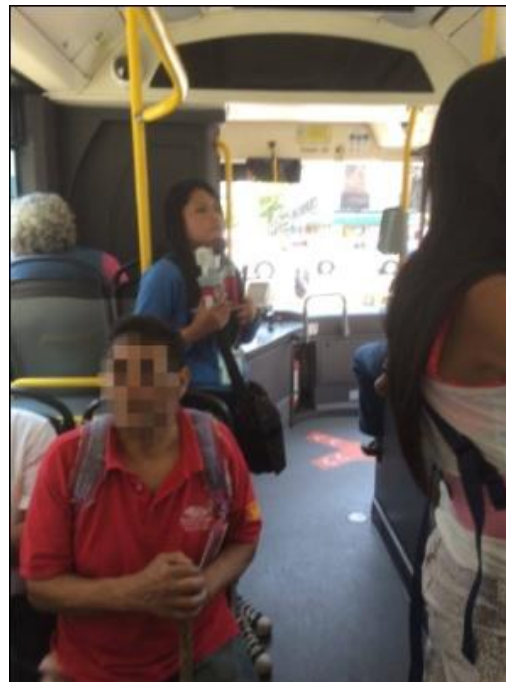


Figura 5.10 Medición de temperatura en anden Metrobús, Línea 4, 01:20 p.m.

Metrobús Línea 1.

Figura 5.11 Medición de temperatura en vagón Metrobús, Línea 1, 02:11 p.m.



Figura 5.12 Medición de temperatura en anden Metrobús, Línea 1, 08:35 p.m.

En seguida se muestra un ejemplo del cálculo de Q_T para el STC Metro Línea A, en el horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m., se obtuvo abordo del vagón:

BH= 17.4 °C

BS= 24.7 °C

Globo= 25.5 °C

HR= 43%

Se calculó la pérdida parcial de calor del cuerpo humano, con la ecuación de Yanus Cengel;

$$Q = \frac{A_{ropa}(T_{piel} - T_{operativa})}{R_{ropa} + \frac{1}{h_{combinada}}} \quad [W] = [J/s]$$

A. Se calculó el área superficial de la ropa (A_s), con la siguiente ecuación;

$$A_{ropa} = A_s = 0.202 m^{0.425} h^{0.725} [m^2]$$

Donde:

m: peso de la persona, [Kg]

h: altura de la persona, [m]

Para la investigación se consideró el peso y estatura de las personas que integraron el equipo de trabajo, debido a que se expusieron a las condiciones ambientales de los sistemas de transporte estudiados.

Mujer			Hombre		
m=	60	kg	m=	76	kg
h=	1.64	m	h=	1.78	m

Se calcula A_s para mujer;

$$A_s = 0.202 (60 \text{ kg})^{0.425} (1.64 \text{ m})^{0.725}$$

$$A_s = 1.6475 \text{ m}^2$$

Se calcula A_s para hombre;

$$A_s = 0.202 (76 \text{ kg})^{0.425} (1.78 \text{ m})^{0.725}$$

$$A_s = 1.9331 \text{ m}^2$$

B. Se calcula la diferencia de temperatura ΔT :

$$\Delta T = T_{piel} - T_{operativa}$$

Se considera:

$$T_{Piel} = 33^\circ\text{C} \text{ (valor constante)}$$

$T_{operativa} = T_{gbh}$: El índice de temperatura de globo bulbo húmedo (T_{gbh}), se calcula dependiendo si existe carga solar o no.

Siguiendo el ejemplo de la Línea A del STC Metro, en el horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m., considerando que no había carga solar dentro del vagón se tiene;

Índice de temperatura de globo bulbo húmedo (T_{gbh}).

$$T_{gbh} [^{\circ}\text{C}] = 0.7 T_{bh} [^{\circ}\text{C}] + 0.3 T_g [^{\circ}\text{C}]$$

Para Línea A las temperaturas promedio fueron;

$$T_{bh} = 17.4 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$T_g = 25.5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$T_{gbh} = 0.7 [17.4 \text{ } ^{\circ}\text{C}] + 0.3 [25.5^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{gbh} = 19.83 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Se calculó ΔT :

$$\Delta T = |33 \text{ } ^{\circ}\text{C} - 19.83 \text{ } ^{\circ}\text{C}|$$

$$\Delta T = 13.17 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

- C.** Se calculó la resistencia térmica unitaria de la ropa (R_{ropa}), a partir del Clo, el cual se asigna subjetivamente según la cantidad de ropa que lleve puesta la persona.

$$1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ [m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W]}$$

Para la investigación, el valor del Clo se tomó dependiendo del rango de horario:

Por la mañana Clo= 0.75

Por la tarde Clo= 0.5

Por la noche Clo= 0.65

Considerando el horario de la mañana;

Clo= 0.75

$$R = 0.75 Clo \left(\frac{0.155 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}}{1 Clo} \right) = 0.11625 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

D. Se calculó la entalpía de evaporización ($h_{combinada}$), se determinó en función de la velocidad del viento dentro del vehículo.

$h_{combinada}$ = entalpía de evaporización

$$=h_{conv} + h_{rad} \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C]$$

Si se percibe "golpe de viento", ver tabla 5.1.

Tabla 5.1 Velocidad del viento.

Golpe de viento	Valor V[m/s]
Liviano	0.2
Moderado	0.6
Intenso	1

Si no se percibe el viento;

$$h = 4 \quad W/m^2 \cdot ^\circ C$$

Se considera "golpe de viento liviano" dentro del vehículo:

$$h = 14.8 V^{0.69}$$

$$h = 14.8 (0.2 \text{ m/s})^{0.69}$$

$$h = 4.8750 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Obteniendo los valores anteriores se calculó la pérdida parcial de calor, Q, para hombre y mujer.

$$Q = \frac{A_{\text{ropa}}(T_{\text{piel}} - T_{\text{operativa}})}{R_{\text{ropa}} + \frac{1}{h_{\text{combinada}}}} \quad [\text{W}] = [\text{J/s}]$$

Pérdida parcial de calor para Mujer, Q_M ;

$$Q_M = \frac{1.6475 \text{ m}^2 (13.17 \text{ } ^\circ\text{C})}{0.11625 \frac{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{W}} + \frac{1}{4.8750}} \quad [\text{W}] = [\text{J/s}]$$

$$Q_M = 67.51 \text{ W}$$

Pérdida parcial de calor para hombre, Q_H ;

$$Q_H = \frac{1.9331 \text{ m}^2 (13.17 \text{ } ^\circ\text{C})}{0.11625 \frac{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{W}} + \frac{1}{4.8750}}$$

$$Q_H = 79.22 \text{ W}$$

- E. Se calculó la pérdida total de calor, Q_T , y se comparó con la tabla 2.11 de Gasto metabólico y régimen de trabajo correspondiente a determinadas actividades, de NOM-015- STPS -2001.

$$Q_T = \left(\frac{10}{3}\right) Q$$

Pérdida total de calor para mujer, Q_{TM} ;

$$Q_{TM} = \left(\frac{10}{3}\right) (67.51 W)$$

$$Q_{TM} = 225.05 W$$

Comparado en tabla 2.11 resulta un régimen de trabajo "moderado".

Pérdida total de calor para hombre, Q_{TH} ;

$$Q_{TH} = \left(\frac{10}{3}\right) (79.22 W)$$

$$Q_{TH} = 264.06 W$$

Comparado en tabla 2.11 resulta un régimen de trabajo "moderado".

Para obtener un resultado general de la pérdida total de calor y del régimen de trabajo para los usuarios de transporte público, se calculó el promedio de los promedios de Q_{TM} y Q_{TH} , se obtuvo un Q_T global:

$$Q_T = \frac{(195.58 W + 229.49 W)}{2}$$

$$Q_T = 212.54 W$$

Comparado en tabla 2.11 resulta un régimen de trabajo "Ligero".

El procedimiento anterior se realizó para cada uno de los tres horarios antes mencionados, en cada uno de los diferentes modos de transporte de interés para la investigación.

Dependiendo de lo observado en campo es como cambia el valor de la entalpia de evaporización (h), al igual que el valor de ΔT donde se elige la formula a utilizar ya sea con carga solar o sin esta.

El área superficial de la ropa, (A_s), permanece constante debido a que se tomaron las mismas medidas de altura y peso, para hombre y mujer, en los diferentes recorridos.

Para los cálculos de temperatura en andenes, el procedimiento es el mismo, se utilizó el promedio de temperatura obtenida en las mediciones realizadas.

Por ejemplo, para los andenes de la Línea A, en el horario de 08:00 a.m. a 11:00 a.m., se obtuvo en promedio:

$$BH= 17.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$BS= 24.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Globo}= 25.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$HR= 50\%$$

Los datos que ya se habían calculado son los siguientes:

Área superficial de la ropa para mujer:

$$A_s= 1.6475 \text{ m}^2$$

Área superficial de la ropa para hombre:

$$A_s= 1.9331 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{piel}}= 33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h= 4.8750 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow \text{se percibe golpe de viento.}$$

$$\text{Clo}= 0.75 \rightarrow R= 0.11625 \text{ [m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C/W]}$$

Se calculó el T_{gbh} , sin carga solar;

$$T_{gbh} [^{\circ}\text{C}] = 0.7 T_{bh} [^{\circ}\text{C}] + 0.3 T_g [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{gbh} = 0.7 [17.6 \text{ } ^{\circ}\text{C}] + 0.3 [25.6^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{gbh} = 20 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Se calcula ΔT ;

$$\Delta T = |33 \text{ } ^{\circ}\text{C} - 19. \text{ } ^{\circ}\text{C}|$$

$$\Delta T = 13 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Se calculó la pérdida parcial de calor (Q), para hombre y para mujer.

Pérdida parcial de calor para Mujer, Q_M ;

$$Q_M = \frac{1.6475 \text{ m}^2 (13 \text{ } ^{\circ}\text{C})}{0.11625 \frac{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + \frac{1}{4.8750}} \quad [\text{W}] = [\text{J/s}]$$

$$Q_M = 66.64 \text{ W}$$

Pérdida parcial de calor para hombre, Q_H ;

$$Q_H = \frac{1.9331 \text{ m}^2 (13 \text{ } ^{\circ}\text{C})}{0.11625 \frac{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + \frac{1}{4.8750}}$$

$$Q_H = 78.19 \text{ W}$$

Se calculó la pérdida total de calor (Q_T), para mujer y para hombre;

Pérdida total de calor para mujer, Q_{TM} ;

$$Q_{TM} = \left(\frac{10}{3}\right) (66.64 \text{ W})$$

$$Q_{TM} = 222.14 \text{ W}$$

Comparado en tabla 2.11 resulta un régimen de trabajo "moderado".

Pérdida total de calor para hombre, Q_{TH} ;

$$Q_{TH} = \left(\frac{10}{3}\right) (78.19 W)$$

$$Q_{TH} = 260.65 W$$

Comparado en tabla 2.11 resulta un régimen de trabajo "moderado".

Se calculó el promedio entre Q_{TM} y Q_{TH} , para obtener un resultado general de la pérdida total de calor para un usuario de transporte público, así como el régimen de trabajo;

$$Q_T = \frac{(206.81 W + 242.66 W)}{2}$$

$$Q_T = 224.74 W$$

Régimen: Moderado

5.1 Resultados Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Enseguida se muestran los resultados de los cálculos de temperatura dentro de los vagones y andenes del STC Metro.

Tabla 5.2 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea A.

Franja horaria	$T_{operativa}$ (°C)	Q_{TM} (W)	Régimen _M	Q_{TH} (W)	Régimen _H
08:35 a.m. - 09:25 a.m.	19.83	225.05	Moderado	264.06	Moderado
09:46 a.m. - 10:24 a.m.	21.15	202.49	Ligero	237.59	Moderado
12:45 p.m. - 01:20 p.m.	22.41	205.77	Ligero	241.44	Moderado
01:27 p.m. - 02:06 p.m.	23.3	188.48	Ligero	221.15	Moderado
07:15 p.m. - 07:41 p.m.	25.13	141.30	Ligero	165.79	Ligero
08:15 p.m. - 08:48 p.m.	21.28	210.42	Ligero	246.89	Moderado
Promedio:		195.58	Ligero	229.49	Ligero

$$Q_T = 212.54 W$$

Régimen: Ligero

Tabla 5.3 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea A.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
09:46 a.m. - 10:24 a.m.	20	222.14	Moderado	260.65	Moderado
12:45 p.m. - 01:20 p.m.	21.86	216.46	Ligero	253.98	Moderado
01:27 p.m. - 02:06 p.m.	22.95	195.28	Ligero	229.13	Moderado
07:15 p.m. - 07:41 p.m.	22.81	182.95	Ligero	214.66	Ligero
08:15 p.m. - 08:48 p.m.	20.9	217.24	Ligero	254.90	Moderado
Promedio:		206.81	Ligero	242.66	Moderado

Q_T= 224.74 W
Régimen: Moderado

Tabla 5.4 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 7.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:40 a.m. - 09:35 a.m.	24.46	145.93	Ligero	171.23	Ligero
10:05 a.m. - 10:45 a.m.	23.64	159.94	Ligero	187.67	Ligero
12:00 p.m. - 12:44 p.m.	24.02	174.49	Ligero	204.73	Ligero
01:00 p.m. - 02:00 p.m.	24.26	169.82	Ligero	199.26	Ligero
07:20 p.m. - 08:11 p.m.	24.54	151.89	Ligero	178.22	Ligero
08:20 p.m. - 09:00 p.m.	24.62	150.45	Ligero	176.53	Ligero
Promedio:		158.75	Ligero	186.27	Ligero

Q_T= 172.51 W
Régimen: Ligero

Tabla 5.5 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 7.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:40 a.m. - 09:35 a.m.	22.38	181.47	Ligero	212.93	Ligero
10:05 a.m. - 10:45 a.m.	22.52	179.08	Ligero	210.12	Ligero
12:00 p.m. - 12:44 p.m.	23.39	186.73	Ligero	219.10	Moderado
01:00 p.m. - 02:00 p.m.	23.76	179.54	Ligero	210.66	Ligero
07:20 p.m. - 08:11 p.m.	23.13	177.20	Ligero	207.92	Ligero
08:20 p.m. - 09:00 p.m.	23.75	166.07	Ligero	194.86	Ligero
Promedio:		178.35	Ligero	209.27	Ligero

QT= 193.81 W
Régimen: Ligero

Tabla 5.6 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 12.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:05 a.m. - 09:00 a.m.	20.91	206.59	Ligero	242.40	Moderado
09:15 a.m. - 10:15 a.m.	19.69	227.44	Moderado	266.86	Moderado
12:15 p.m. - 01:03 p.m.	20.89	235.31	Ligero	276.09	Moderado
01:20 p.m. - 02:24 p.m.	21.26	228.12	Ligero	267.66	Moderado
07:10 p.m. - 08:00 p.m.	18.99	251.53	Moderado	295.13	Moderado
08:00 p.m. - 08:55 p.m.	20.64	221.91	Ligero	260.37	Moderado
Promedio:		228.48	Ligero	268.09	Moderado

QT= 248.29 W
Régimen: Moderado

Tabla 5.7 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 12.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:05 a.m. - 09:00 a.m.	18.3	251.19	Moderado	294.73	Moderado
09:15 a.m. - 10:15 a.m.	19.074	237.97	Moderado	279.22	Moderado
12:15 p.m. - 01:03 p.m.	19.95	253.57	Moderado	297.53	Moderado
01:20 p.m. - 02:24 p.m.	21.365	226.08	Ligero	265.26	Moderado
07:10 p.m. - 08:00 p.m.	19.31	245.85	Moderado	288.46	Moderado
08:00 p.m. - 08:55 p.m.	17.89	271.28	Moderado	318.31	Moderado
Promedio:		247.66	Moderado	290.58	Moderado

QT= 269.12 W
Régimen: Moderado

5.2 Resultados de Metrobús.

Para el sistema de transporte Metrobús se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a las condiciones de temperatura.

Tabla 5.8 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 1.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
09:20 a.m. - 11:10 a.m.	21.74	168.84	Ligero	198.10	Ligero
12:00 p.m. - 01:07 p.m.	24.92	135.49	Ligero	158.98	Ligero
01:18 p.m. - 02:45 p.m.	24.7	139.18	Ligero	163.30	Ligero
06:00 p.m. - 07:15 p.m.	25.06	124.34	Ligero	145.90	Ligero
07:28 p.m. - 08:48 p.m.	23.07	155.47	Ligero	182.42	Ligero
Promedio:		144.66	Ligero	169.74	Ligero

QT= 157.20 W
Régimen: Ligero

Tabla 5.9 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 1.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
09:20 a.m. - 11:10 a.m.	19.1	208.42	Ligero	244.55	Moderado
12:00 p.m. - 01:07 p.m.	21.81	187.64	Ligero	220.17	Ligero
01:18 p.m. - 02:45 p.m.	21.98	184.79	Ligero	216.82	Ligero
06:00 p.m. - 07:15 p.m.	21.40	181.70	Ligero	213.20	Ligero
07:28 p.m. - 08:48 p.m.	22.47	164.87	Ligero	193.45	Ligero
Promedio:		179.75	Ligero	210.91	Ligero

QT= 195.33 W
Régimen: Ligero

Tabla 5.10 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 4.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
09:00 a.m. - 10:29 a.m.	20.69	184.58	Ligero	216.58	Ligero
12:47 p.m. - 03:40 p.m.	23.04	167.01	Ligero	195.96	Ligero
07:06 p.m. - 08:40 p.m.	22.38	166.28	Ligero	195.10	Ligero
Promedio:		172.62	Ligero	202.55	Ligero

$$QT = 187.59 \text{ W}$$

Régimen: Ligero

Tabla 5.11 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 4.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
09:00 a.m. - 10:29 a.m.	20.3	190.43	Ligero	223.44	Moderado
12:47 p.m. - 03:40 p.m.	23.192	164.47	Ligero	192.97	Ligero
07:06 p.m. - 08:40 p.m.	20.30	198.92	Ligero	233.40	Moderado
Promedio:		184.61	Ligero	216.61	Ligero

$$QT = 200.61 \text{ W}$$

Régimen: Ligero

Tabla 5.12 Resultados de cálculos de temperatura en vagones de Línea 6.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:57 a.m. - 10:05 a.m.	21.85	167.19	Ligero	196.17	Ligero
10:14 a.m. - 11:38 a.m.	22.69	154.59	Ligero	181.39	Ligero
12:35 p.m. - 01:49 p.m.	24.52	142.20	Ligero	166.85	Ligero
01:59 p.m. - 03:31 p.m.	25.02	133.81	Ligero	157.01	Ligero
06:00 p.m. - 07:03 p.m.	22.87	158.61	Ligero	186.10	Ligero
07:15 p.m. - 08:41 p.m.	21.88	174.11	Ligero	204.29	Ligero
Promedio:		155.08	Ligero	181.97	Ligero

$$QT = 168.52 \text{ W}$$

Régimen: Ligero

Tabla 5.13 Resultados de cálculos de temperatura en andenes de Línea 6.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:57 a.m. - 10:05 a.m.	18.3	220.42	Moderado	258.62	Moderado
10:14 a.m. - 11:38 a.m.	19.058	209.05	Ligero	245.29	Moderado
12:35 p.m. - 01:49 p.m.	22.58	174.73	Ligero	205.02	Ligero
01:59 p.m. - 03:31 p.m.	23.58	157.96	Ligero	185.34	Ligero
06:00 p.m. - 07:03 p.m.	20.05	202.76	Ligero	237.90	Moderado
07:15 p.m. - 08:41 p.m.	19.63	209.33	Ligero	245.62	Moderado
Promedio:		195.71	Ligero	229.63	Ligero

QT= 212.67 W
Régimen: Ligero

5.3 Resultados de Transporte público concesionado (Midibús).

Para el sistema de transporte concesionado (Midibús) se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a las condiciones de temperatura.

Tabla 5.14 Resultados de cálculos de temperatura en Vehículo de Midibús, Eco.
 119, Ruta 37.

Franja horaria	T _{operativa} (°C)	Q _{TM} (W)	Régimen _M	Q _{TH} (W)	Régimen _H
08:42 a.m. - 09:52 a.m.	20.13	219.86	Moderado	257.98	Moderado
10:02 a.m. - 11:02 a.m.	20.14	219.79	Moderado	257.89	Moderado
02:07 p.m. - 03:09 p.m.	23.65	181.65	Ligero	213.14	Ligero
03:28 p.m. - 04:28 p.m.	23.94	176.12	Ligero	206.65	Ligero
07:52 p.m. - 08:42 p.m.	21.06	214.45	Ligero	251.62	Moderado
08:15 p.m. - 08:48 p.m.	20.31	227.86	Moderado	267.36	Moderado
Promedio:		206.62	Ligero	242.44	Moderado

QT= 224.53 W
Régimen: Moderado

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En capítulos anteriores se mostraron los resultados obtenidos de las condiciones ergonómicas ambientales (iluminación, ruido y temperatura) en los sistemas de transporte estudiados, a continuación se realizará una comparación de éstos para conocer en qué circunstancias se encuentra el servicio que se ofrece a los usuarios de transporte público.

6.1 Iluminación.

En cuanto a las condiciones de iluminación en el Capítulo 2 se mencionó que Molinero, A. y Sánchez, I. (2002) recomienda que por la noche las unidades de transporte público deben contar con una iluminación adecuada para que los usuarios puedan desplazarse con seguridad, además de que una mala iluminación causa la sensación de inseguridad y puede conllevar a deslumbramientos en caso de ser mayor a lo recomendado por las normas.

Para el caso de iluminación en los vehículos de STC Metro, en superficies como son pared y piso, superan el factor de reflexión (K_f) permitido por la NOM-025-STPS-2008. En Línea A los vagones tienen un color diferente de asientos y pared (Verde, Azul y Gris), la mayoría de éstos se encuentran dentro de la norma en las diferentes franjas horarias. De acuerdo con Niebel, B. (1993) mientras más oscuro sea el color o acabado de una superficie, menor es el porcentaje de luz reflejada.

En la línea 7 los vehículos no cumplieron con la norma para asiento, pared y pasillo, lo mismo para la línea 12, se supera el valor del K_f permitido.

Como se mostró en el Capítulo 3, se tomaron las mediciones de Iluminación en diferentes andenes del STC Metro, en Línea A y Línea 12 se cuenta con piso de mármol gris, la línea 7 tiene dos tipos de piso en estaciones, el de mármol gris y de ladrillo opaco, sus paredes son de mármol color crema.

En andenes de la Línea A, como se mostró en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3, en las diferentes franjas horarias, el piso no cumple con los niveles máximos del Kf que sugiere la NOM-025-STPS-2008, ya sea por lo reflejante del piso o la poca iluminación, la mayoría de sus estaciones durante el día se iluminan por luz natural que entra debido al diseño del andén que no cuenta con paredes laterales.

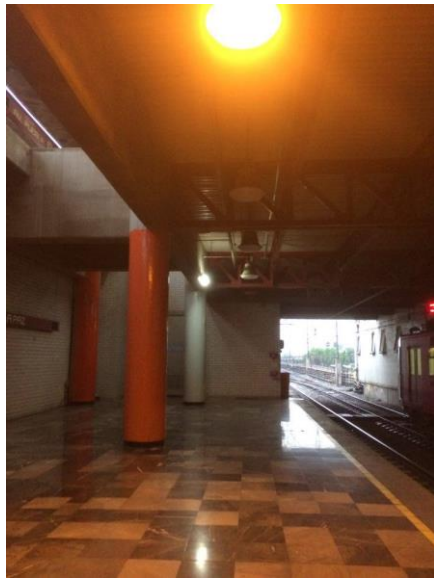


Figura 6.1 Piso de mármol, luz amarilla de Anden La Paz 07:43 p.m.

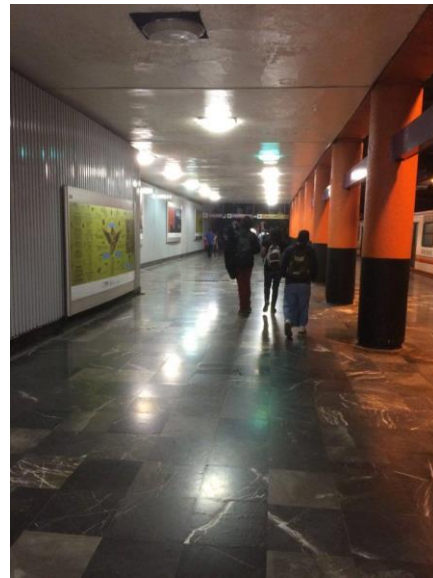


Figura 6.2 Piso de mármol, luz blanca de Anden Pantitlán 08:49 p.m.

Los andenes de Línea 7, como se mostró en las tablas 3.9, 3.10 y 3.11, tampoco cumplen con el Kf máximo de la NOM-025-STPS-2008.

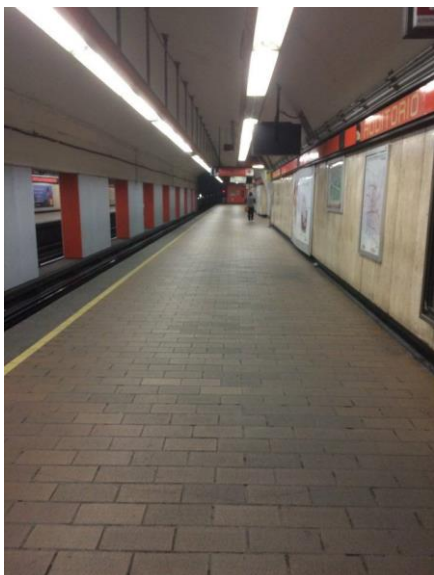


Figura 6.3 Piso de ladrillo en anden de Auditorio 01:33 p.m.

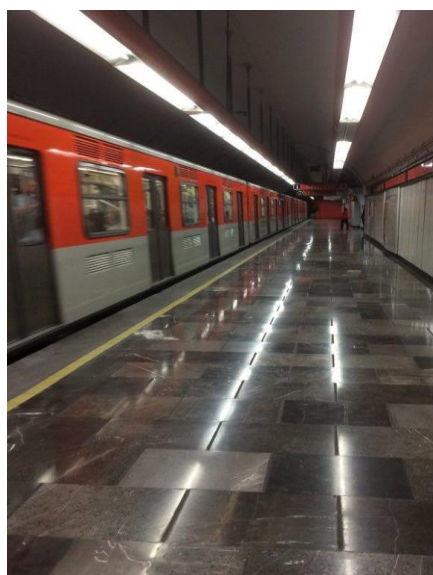


Figura 6.4 Piso de mármol en anden de Refinería 12:34 p.m.

En la Línea 12 observando las tablas 3.5, 3.6 y 3.7, en sus andenes no cumplen con los niveles máximos permisibles de reflexión que recomienda la norma.

Por lo tanto el kf de los andenes de STC Metro supera los límites máximos permisibles, existe deslumbramiento para los usuarios.

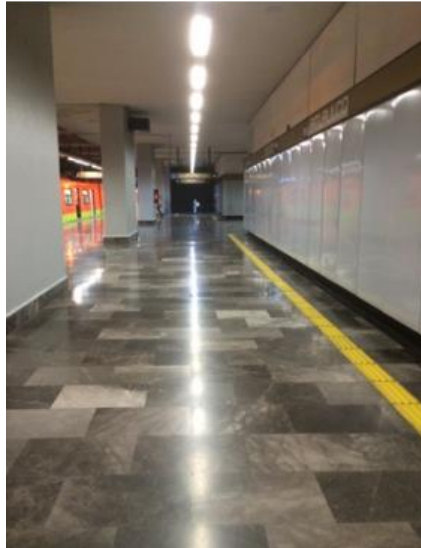


Figura 6.5 Piso de mármol en andén de Atlalilco 01:33 p.m.



Figura 6.6 Piso de mármol en andén de periférico 08:43 p.m.

En el caso de las unidades de Metrobús las mediciones de iluminación como se mostró en las tablas 3.16, 3.20 y 3.24, en su mayoría no cumplen la norma porque las superficies medidas rebasan los límites máximos permisibles del Kf.

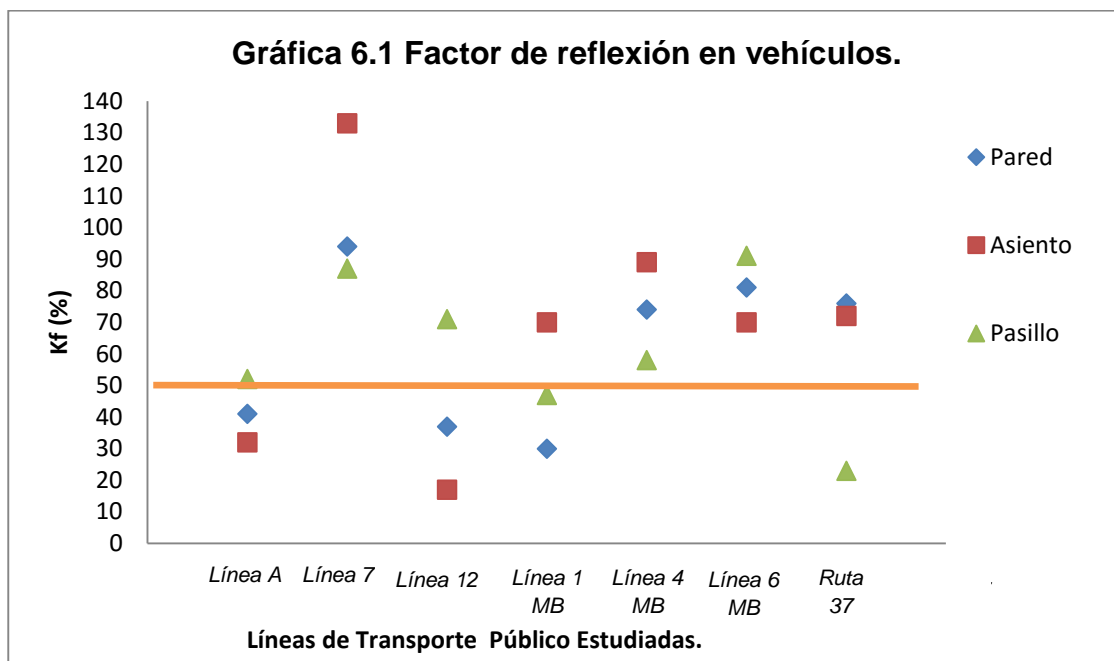
En las estaciones de la Línea 1 Metrobús, donde se tomaron las mediciones, como se muestra en las tablas 3.13, 3.14 y 3.15, en la franja horaria de la mañana y la tarde el Kf se encuentra dentro de la NOM-025-STPS-2008, en el horario nocturno no se cumple ya que el luxómetro registró de 3 a 6 luxes.

En las estaciones de la Línea 4 Metrobús, como se mostró en las tablas 3.17, 3.18 y 3.19, en la franja horaria de la tarde las estaciones que cumplen son la de Buenavista y San Lázaro ya que en estas no sobrepasan el Kf permitido, con respecto a las demás estaciones no cumplen con la norma debido a que son de tipo estela y otras tipo parabús lo que permite la exposición directa a los rayos del sol de manera que el Kf se eleva.

En las estaciones de la Línea 6 Metrobús, la franja horaria vespertina cumplió con la norma como se muestra en la tabla 3.22, en la franja horaria nocturna el Kf no cumplió en ninguna de sus estaciones como lo muestra la tabla 3.23, el nivel de iluminación se encuentra por debajo de 20 luxes lo que provoca que el Kf aumente.

En el vehículo de transporte concesionado el Kf se encuentra dentro de la norma para el horario de la mañana y de la tarde en superficies como son estribo y pasillo, en el horario de la noche no se cumple con la norma debido a que la iluminación dentro del vehículo es insuficiente, la lectura del luxómetro solo registraba niveles entre 0 y 1 Lux en las diferentes superficies.

En la gráfica 6.1 se muestra una comparación entre el factor de reflexión calculados en los diferentes modos de transporte estudiados en las superficies como son Pared, Asiento y Pasillo de los vehículos que brindan el servicio de transporte.



6.2 Ruido.

En el capítulo 4 se describió como se llevaron a cabo las mediciones de ruido en los modos de transporte de interés, enseguida se analizan los resultados mostrados.

Como se mencionó en el capítulo 2, Osborne, J. (1990) define al ruido como un “sonido no deseado”, y que depende de la percepción de cada persona el hecho de definir una fuente de sonido como “ruido” o “no ruido”. También se mencionaron los efectos del ruido sobre el ser humano entre las principales se encuentran la irritabilidad, fatiga, pérdida de atención y en periodos largos se puede provocar pérdida de la audición.

A partir de las mediciones realizadas en STC Metro, Metrobús y Midibús los datos fueron procesados basándose en la metodología mostrada por Niebel, B. y Freivalds, A. (2009), para después comparar los resultados obtenidos con la NOM-011-STPS-2001, para obtener los resultados cada Línea se dividió en fracciones debido a que no todos los usuarios realizan el recorrido de terminal a terminal.

Para la Línea A de STC Metro, se tenía pensado que era la línea más ruidosa debido a que su recorrido se realiza cerca de avenidas importantes como son Calzada Ignacio Zaragoza, que es una vialidad que se incorpora a la Autopista México – Puebla donde transitan vehículos particulares, carga, transporte público y de servicios, también cruza Canal de San Juan que presenta una densidad vehicular alta, aun con estas circunstancias no fue donde se registraron los niveles de ruido más altos, ya que los ruidos del exterior no entran de manera directa al interior del vagón.

Para la Línea A el nivel de ruido promedio durante el día fue 73dB mínimo y 87dB máximo dentro de los vagones, en circunstancias como la fricción que ejerce la rueda en la vía se alcanzan 99dB, por los vendedores de discos 98dB aunque esto solo dura unos instantes de tiempo.

En la Línea A dentro de las diferentes franjas horarias el promedio ponderado de tiempo de exposición al ruido (PPT) se encuentra entre los 57dB y 61dB, como se observa en la tabla 4.4, cumple con la NOM-011-STPS-2001, debido a que el tiempo de exposición no es prolongado para los usuarios y no todos realizan un recorrido completo, además el diseño de las estaciones permite la propagación del sonido hacia el exterior.

En la Línea 7 STC Metro, que se encuentra a una profundidad de 30 metros, resulto ser la más ruidosa de las líneas estudiadas, durante el día el nivel de ruido promedio dentro de los vagones fue 84dB mínimo y 88dB máximo, los decibeles aumentan por la presencia de cantantes con amplificador donde se alcanzaron 99dB, cuando los trenes se encuentran en el recorrido 91dB, también por el silbato de los policías al llegar a la terminal se registraron 102dB.

A pesar de que fue la línea con el nivel de ruido más alto, dentro de las diferentes franjas horarias el PPT se encuentra entre los 65dB y 69dB, como se observa en la tabla 4.8, cumple con la NOM-011-STPS-2001, no existe un daño auditivo para el usuario. La razón por la cual se registraron niveles altos de ruido se debe a que es una línea subterránea por lo que el sonido no se puede propagar, las paredes actúan como un obstáculo que provocan que parte de la energía de las ondas sonoras se reflejen y otra parte se absorbe transformándose en vibraciones mecánicas que pueden provocar nuevas ondas acústicas.

En la Línea 12 SCT Metro, teniendo en cuenta que la mitad de sus estaciones son elevadas y la otra mitad son subterráneas, se obtuvieron los niveles de ruido más bajos, durante el día en promedio se registró 71dB mínimo y 76dB máximo, los niveles más altos se presentaron en algunas de las curvas durante su recorrido (Tabla 6.1 y 6.2), aunque estos solo duran unos segundos.

Tabla 6.1 Ruido promedio de las curvas entre estaciones (Dirección Mixcoac).

Estación	Nivel de Ruido en curvas dB		
	Mañana	Tarde	Noche
Tlaltenco - Zapotitlán	90	93	94
Zapotitlán-Nopalera	85	93	94
Tezonco-Periférico Ote	83	92	91
Periférico Ote-Calle 11	85	92	
Lomas Estrella-San Andrés Tomatlán		94	89
San Andrés Tomatlán - Culhuacán	93	93	95
Culhuacán - Atlalilco	86	90	94
Atlalilco - Mexicaltzingo	91	84	87
Eje Central-Parque de los Venados	95	88	89
Parque de los Venados-Zapata	90		90

Tabla 6.2 Ruido promedio de las curvas entre estaciones (Dirección Tláhuac).

Estación	Nivel de Ruido en curvas dB		
	Mañana	Tarde	Noche
Insurgentes Sur-Hospital 20 de Noviembre	83		
Zapata-Parque de los Venados	90	84	87
Parque de los Venados-Eje Central	95	93	92
Mexicaltzingo-Atlalilco	91	89	90
Atlalilco-Culhuacán	83	85	
Culhuacán-San Andrés Tomatlán	84	85	80
San Andrés Tomatlán-Lomas Estrella		94	90
Calle 11-Periferico Ote	82	91	88
Periférico Ote-Tezonco	85	89	84
Nopalera-Zapotitlán	94	99	94
Zapotitlán-Tlaltenco	99	101	95
Tlaltenco-Tláhuac		92	91

Siendo la Línea 12 la que presentó el menor nivel de ruido dentro de los vehículos, en las diferentes franjas horarias el PPT se encuentra entre los 56dB y 58dB, como se observa en la tabla 4.12, cumple con la NOM-011-STPS-2001.

En la Ruta 37 Midibús, no tiene un carril exclusivo lo que permite que en caso de un contratiempo pueda desviarse de su ruta, circula por calles de la colonia agrarista, cruza la Calzada Ermita Iztapalapa y sigue su recorrido por Calzada Ignacio Zaragoza, junto a la Línea A de STC Metro, a lo largo del día el nivel de ruido promedio fue 73dB mínimo y 81dB máximo, el nivel máximo puede aumentar por el claxon de vehículos cercanos se alcanzan 92dB, por el frenado de la unidad se llega a 86dB y cuando suben los vendedores a la unidad es de 91dB. Para la

Ruta 37 el PPT se encuentra entre los 54dB y 58dB, no excede el nivel máximo de ruido que recomienda la norma.

Por otra parte, la Línea 1 de Metrobús que circula sobre un carril confinado sobre Avenida De los Insurgentes que es una de las más transitadas, se obtuvo dentro de los vehículos un nivel de ruido promedio de 74dB mínimo y 79dB máximo. Dentro de las diferentes franjas horarias el PPT se encuentra entre los 59dB y 66dB, como observa en la tabla 4.16, cumple con la NOM-011-STPS-2001.

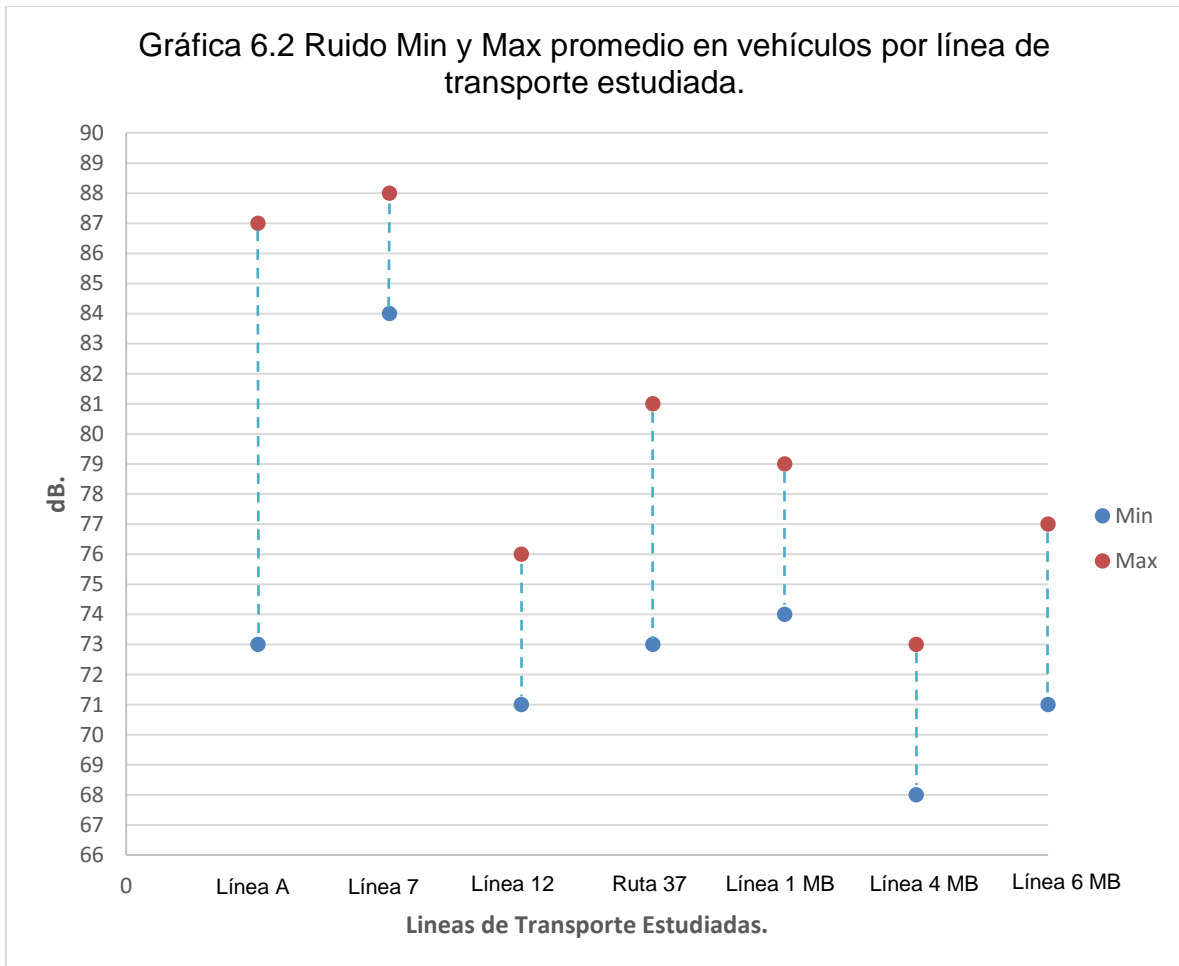
En cuanto a la Línea 4 de Metrobús, las autoridades propusieron el estudio en esta línea ya que se tenía pensado que era la más ruidosa porque su recorrido se realiza dentro del Centro Histórico de la Ciudad de México.

Los niveles de ruido promedio registrados dentro del vehículo durante el día fue 68dB mínimo y 73dB máximo. Dentro de las diferentes franjas horarias el PPT se encuentra entre los 55dB y 58dB, como se puede observar en la tabla 4.20, cumple con la NOM-011-2001.

En Línea 6 de Metrobús en promedio se registró dentro de los vehículos 71dB mínimo y 77dB máximo, el ruido aumenta por el paso del vehículo sobre un desnivel que se encuentra en la estación “La Villa” donde se registraron 87dB. El PPT se encuentra entre los 57dB y 62dB, como se observa en la tabla 4.24, cumple con la NOM-011-STPS-2001.

En general en las Líneas estudiadas de Metrobús el nivel más alto de ruido registrado se presentó en situaciones como el sonido del claxon de vehículos cercanos donde se alcanzó 92dB, por el ruido de motor de la unidad se llegó a 88dB, por la conversación de los usuarios (carcajada, estornudo, elevar la voz etc.) se alcanzaron 85dB.

En la gráfica 6.2 se muestran el nivel de ruido promedio las líneas de transporte estudiadas.



Comparando los niveles máximos de ruido, en los trenes de la Línea 7 es donde se presentó el mayor nivel de ruido (88dB), seguido de los vehículos de la Línea A (87dB), en la Línea 4 de Metrobús fue donde se obtuvo menor ruido registrado que en el resto de las líneas (73dB).

En el caso de los andenes de la Línea A STC Metro, son en espacio abierto lo cual permite el paso del ruido exterior por lo que el nivel de ruido promedio fue 70dB mínimo y 80dB máximo, por el frenado del tren se alcanza 95dB y por el claxon de los vehículos cercanos 91dB.

En la Línea A de acuerdo a los resultados mostrados de las diferentes franjas horarias de PPT en las tablas 4.5, 4.6 y 4.7, cumple con la NOM-011-STPS-2001.

Como anteriormente se mencionó la Línea 7 de STC Metro es subterránea y el ruido no se propaga, en andenes el nivel de ruido promedio fue mínimo 70dB y máximo 74dB, por la llegada del tren al andén se registraron 93dB, por la salida de aire del compresor del tren 99dB, debajo de las pantallas que se encuentran en diferentes estaciones se registraron 85dB. De acuerdo a los resultados mostrados de PPT en las tablas 4.9, 4.10 y 4.11, cumple con la norma.

En cuanto a la Línea 12 de STC Metro se tienen andenes con un diseño similar a los de la Línea A, en el tramo elevado y andenes como los de la Línea 7 subterráneos, pero los de la Línea 12 son más amplios por lo que el ruido se distribuye en todo el andén, el nivel de ruido promedio registrado fue 66dB mínimo y 72dB máximo, cuando frena el tren se alcanzan 85dB. De acuerdo con el PPT y mostrado en las tablas 4.13, 4.14 y 4.15, cumple con la norma.

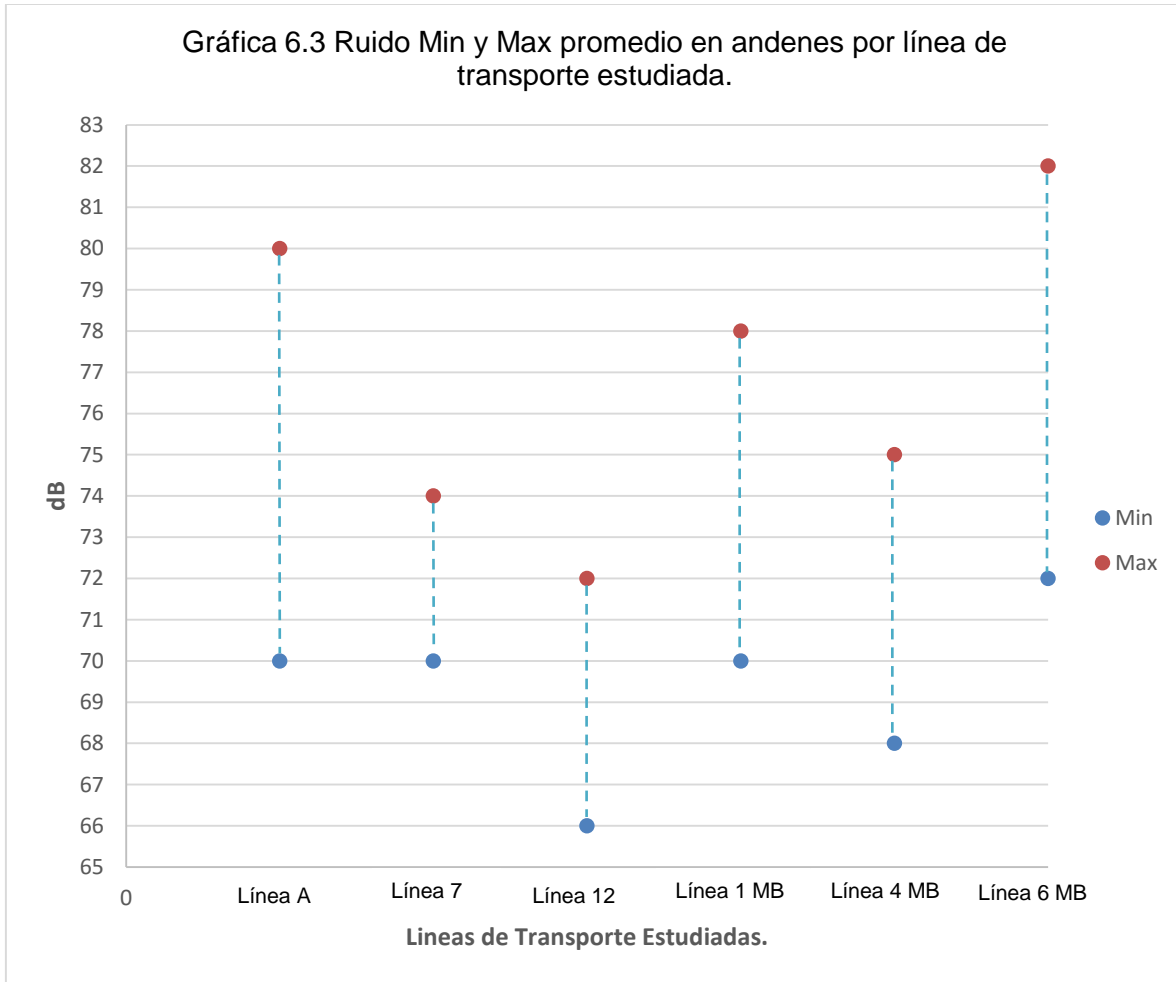
En cuanto a las estaciones de la Línea 1 de Metrobús, las cuales son tipo parabús, lo único que separa las estaciones del tránsito es el carril confinado del mismo, por lo cual es muy fácil la entrada del ruido del entorno. El nivel de ruido promedio registrado en andenes a la espera de abordar el vehículo fue 70dB mínimo y 78dB máximo, por la llegada de las unidades se registró 82dB, por el claxon de los vehículos cercanos 92dB, cuando va a partir el vehículo y acelera se llega a 85dB. De acuerdo con el PPT mostrado en las tablas 4.17, 4.18 y 4.19, cumple con la norma.

En la Línea 4 de Metrobús, la mayoría de sus estaciones tipo estela y tipo parabús por lo cual el ruido del entorno llega de manera directa al usuario, el nivel de ruido promedio registrado fue de 68dB mínimo y 75dB máximo, cuando los comerciantes gritan se alcanzan 85dB. El PPT mostrado en las tablas 4.21, 4.22 y 4.23, indica que cumple con la norma.

En la Línea 6 de Metrobús el nivel de ruido promedio registrado fue 72dB mínimo y 82dB máximo, por el frenado de la unidad se alcanzan 90dB. De acuerdo a los

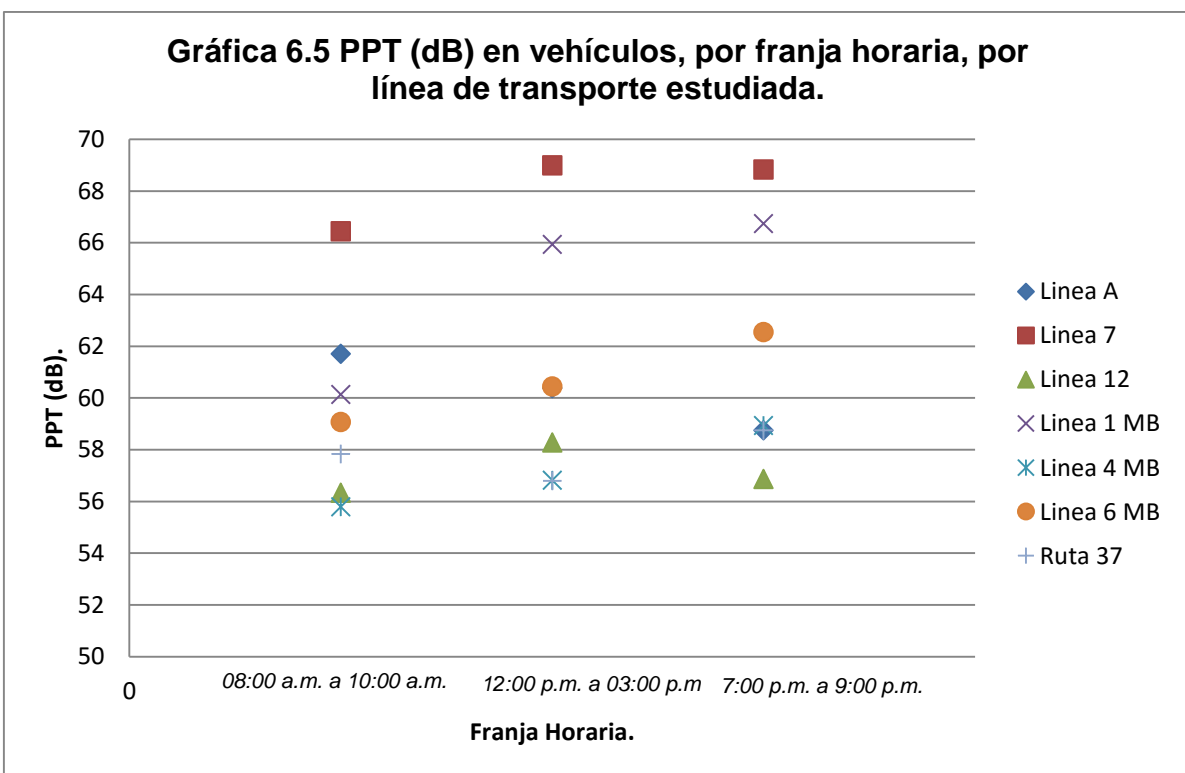
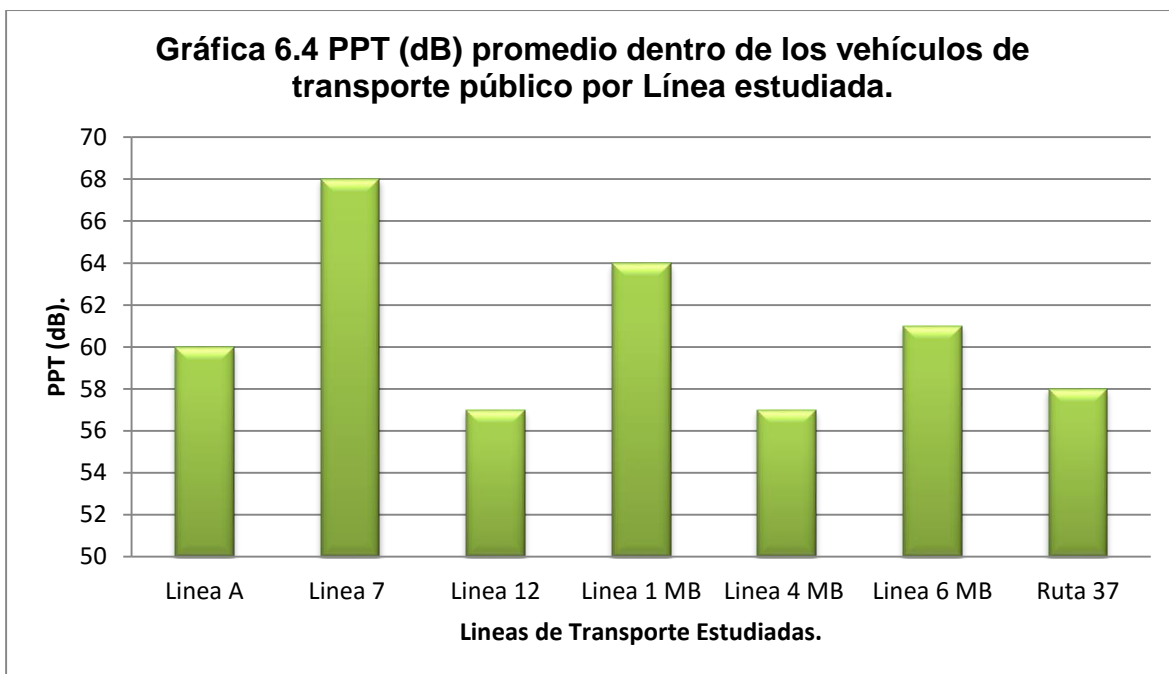
resultados mostrados de PPT en las tablas 4.25, 4.26 y 4.27, cumple con la norma.

En la gráfica 6.3 se muestran el nivel de ruido promedio en andenes de STC Metro y Metrobús.



Comparando los niveles máximos de ruido en las estaciones de la Línea 6 de Metrobús fue donde se registró el nivel de ruido más alto de las líneas estudiadas (82dB), seguida de la Línea A de STC Metro (80dB), los andenes menos ruidosos fueron los de la Línea 12 (72dB).

En la gráfica 6.4 se muestra el promedio ponderado (PPT) de ruido al que están expuestos los usuarios de las líneas de transporte público estudiadas.



Comparando el PPT de las líneas estudiadas, en Línea 7 de STC Metro resulto ser donde se presentó el mayor valor (68dB), seguida de la Línea 1 de Metrobús (64dB), el menor valor se presenta en la Línea 12 de STC Metro y la Línea 4 de Metrobús (57dB). El resultado es similar en cuanto a los resultados por franja horaria.

6.3 Temperatura.

Para la evaluación de las condiciones ergonómicas de temperatura se requieren de diferentes factores que influyen en el intercambio térmico entre el individuo y el medio ambiente y que intervienen en la sensación de confort, según lo definió McPherson en 1962, estas pueden ser:

- La temperatura del aire (Temperatura de bulbo seco).
- La temperatura de las paredes y objetos a nuestro alrededor.
- La humedad del aire (Temperatura de bulbo húmedo), a mayor humedad menor será la transpiración. Cuando menor es la humedad relativa del aire el agua se evapora más fácil y los procesos de pérdida de calor son más intensos.
- La actividad física.
- El tipo de vestimenta.
- La velocidad del aire, a mayor velocidad del viento, menor temperatura percibida, los efectos de enfriamiento se agravan.

Como se mencionó en el capítulo 2, para realizar la investigación, se requirió de hacer mediciones de temperatura en STC Metro, Metrobús y Midibús, realizando esto en tres rangos de horario, obteniendo los valores de:

- Temperatura de Globo.
- Temperatura de Bulbo Seco.
- Temperatura de Bulbo Húmedo.
- Humedad Relativa.

A partir de estas mediciones se obtuvo la pérdida de calor total de los usuarios en cada uno de los modos de transporte para después determinar qué régimen de trabajo corresponde según la NOM-015-STPS-2001.

En cuanto a las condiciones de temperatura, a partir de los resultados obtenidos se tiene que en la Línea 7 se registró la mayor temperatura en las tres franjas horarias, en promedio se tiene una temperatura ambiente de 32°C, esto provoca que se obtenga una pérdida de calor total (QT) de 172.51 W que comparado con la tabla 2.1 de la NOM-015-STPS-2001, resulta un régimen de trabajo “Ligero” para un usuario de este modo de transporte, que corresponde a estar sentado con movimientos moderados de brazos y tronco. En esta línea del metro el termómetro alcanza los 33 °C en algunos instantes del día, con lo que se comprueba que para este sistema de transporte, es la más calurosa tal como lo indicaban las autoridades de STC Metro quienes hicieron la recomendación de realizar el estudio de condiciones ergonómicas ambientales en dicha línea ubicada a 30 metros de profundidad.

En la Línea A, en promedio se presentó una temperatura ambiental de 25°C por la mañana, el resto del día 31°C, resultando un QT de 212.54 W, que deriva un régimen de trabajo “Ligero” para un usuario. En esta línea se observó que cuando los vagones iban a su máxima capacidad en dirección “La Paz”, los usuarios descendían en las últimas estaciones, la temperatura aumentaba aun así no se superaron los 31 °C.

En la línea 12 no se presentaron temperaturas altas pero el régimen de trabajo resulto ser “Moderado”, definido a partir de un QT de 248.29 W para un usuario. En la zona donde se ubica esta línea es donde mayor humedad se presentó. El trabajo moderado corresponde a una actividad realizada de pie caminando un poco. En esta línea del metro, aunque el vagón se encuentre a su máxima capacidad, la temperatura de globo no sobrepasó los 28°C.

Los vehículos del STC Metro cuentan con ventilación interior, 3 ventiladores y 3 extractores por vagón, generalmente estos están en funcionamiento la mayor

parte del día y por lo menos 3 ventanas van abiertas en cada vagón, esto es lo que evita que la temperatura sea mayor.

Para el caso de Metrobús, la Línea 1 es la que presenta mayor temperatura a lo largo del día, en promedio se tiene una temperatura ambiente de 28°C en la mañana y el resto del día 33°C, con un QT de 157.20 W para un usuario, aunque la Línea 6 de este sistema de transporte no está muy alejado de estas cifras, aun así el régimen de trabajo en las tres líneas estudiadas es “Ligero” a pesar de las altas temperaturas registradas. En este sistema de transporte el termómetro alcanza los 35 °C en algunos momentos de la tarde debido a que es un transporte que se encuentra a nivel de superficie donde los rayos del sol dan de manera directa sobre los vehículos que brindan el servicio, además la Línea 1 de Metrobús es de las más demandadas por los usuarios de transporte público y se ubica en una zona de negocios.

La Línea 4 de Metrobús, presento en promedio una temperatura de 26°C por la mañana y el resto del día 30°C, resultando un régimen de trabajo “Ligero” con un QT de 187.69 W para un usuario.

En cuanto a los vehículos articulados y biarticulados que corren por la línea 1, se observó que los ventiladores con que se cuentan en el interior son muy pequeños al igual que las ventanillas por donde no se percibe el ingreso de aire suficiente del exterior, algunas usuarias de este transporte se refrescan con ayuda de un abanico.



Figura 6.7 Ventilador de Vehículo Volvo 7300, Línea 1, Metrobús.



Figura 6.8 Ventanilla Vehículo Volvo 7300, Línea 1, Metrobús.

Para el caso de los vehículos Volvo Híbridos que corren por la Línea 4 de Metrobús, tienen el motor ubicado en la parte de atrás del lado izquierdo lo que provoca, que a lo largo de las horas que están en servicio los vehículos, los asientos que se encuentran cerca de la zona del motor se calientan al grado de que los usuarios no pueden ocupar esos asientos además de que su sistema de ventilación no refresca el ambiente.

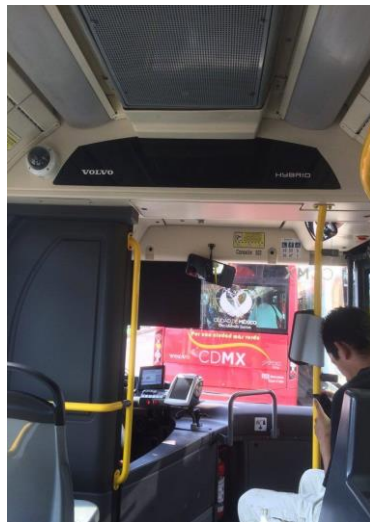


Figura 6.9 Sistema de ventilación parte de adelante de Autobús Volvo Híbrido, Línea 4, Metrobús.



Figura 6.10 Sistema de ventilación parte de atrás de Autobús Volvo Híbrido, Línea 4, Metrobús.

Para el Midibús la temperatura ambiente promedio de 24°C por la mañana y el resto del día 30°C, que representa un QT de 224.53 W, teniendo como resultado un régimen de trabajo “Moderado”, para un usuario. La ruta estudiada de este modo de transporte fue la Ruta 37, ramal 10 de Mayo - Metro Aeropuerto, se observó que en el vehículo donde se realizaron las mediciones de temperatura, contaba con ventanas que permiten el flujo de aire lo que no provoca altas temperaturas en el interior del vehículo, la mayor parte del tiempo estas van abiertas así como una de las salidas de emergencia en el techo, solo funcionaba una, lo que también se observó es que el vehículo ha sufrido modificaciones en su interior como lo es el aumento de asientos, originalmente el autobús fue fabricado para 23 pasajeros sentados y actualmente cuenta con 29 asientos, cabe señalar que en esta ruta los usuarios ascienden y descienden de manera continua a lo largo del recorrido por lo cual el vehículo no se ve saturado en su capacidad.

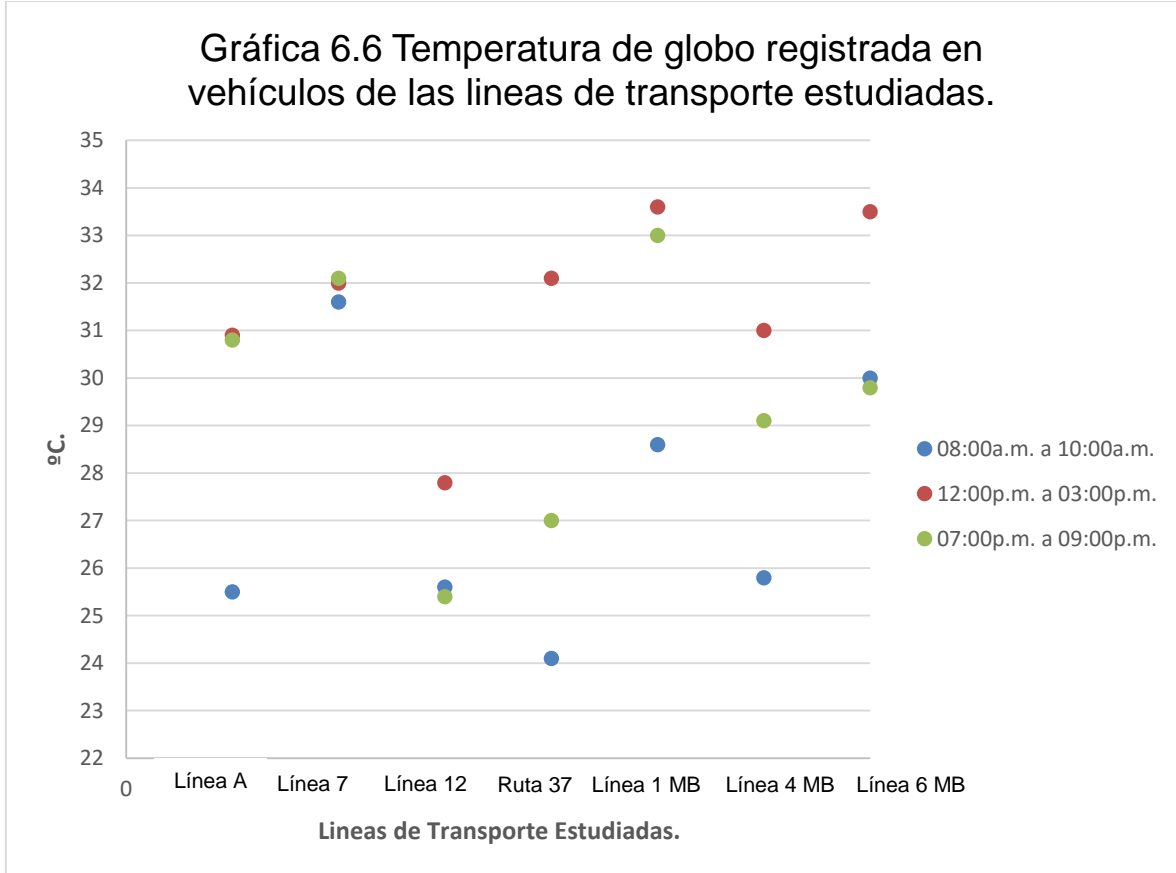


Figura 6.11 Interior de autobús Mercedes Benz, Eurocar 2003. (Número de asientos modificado)



Figura 6.12 Salida de emergencia de autobús Mercedes Benz, Eurocar 2003. (Descompuesta)

En la gráfica 6.6 se muestra el promedio de temperatura registrada en cada uno de los modos de transporte estudiados, la temperatura de globo es considerada como el valor de la temperatura ambiente.



Al realizar las mediciones de temperatura se observó que aunque se tomaran en un mismo punto esta era variable.

A partir de las temperaturas presentadas anteriormente se tiene como resultado la pérdida de calor total (QT) que a continuación se muestra para cada uno de los modos de transporte estudiados.

Tabla 6.3 Perdida total de calor (QT) por Línea de STC Metro.

STC METRO	Q_{TM} (W)	Régimen _M	Q_{TH} (W)	Régimen _H	QT (W)	Régimen
LÍNEA A	195.58	Ligero	229.49	Ligero	212.54	Ligero
LÍNEA 7	158.75	Ligero	186.27	Ligero	172.51	Ligero
LÍNEA 12	228.48	Ligero	268.09	Moderado	248.29	Moderado

Tabla 6.4 Perdida total de calor (QT) por Línea de Metrobús.

METROBÚS	Q_{TM} (W)	Régimen _M	Q_{TH} (W)	Régimen _H	QT (W)	Régimen
LÍNEA 1	144.66	Ligero	169.74	Ligero	157.20	Ligero
LÍNEA 4	172.62	Ligero	202.55	Ligero	187.59	Ligero
LÍNEA 6	155.08	Ligero	181.97	Ligero	168.52	Ligero

Tabla 6.5 Perdida total de calor (QT) Midibús.

MIDIBÚS	Q_{TM} (W)	Régimen _M	Q_{TH} (W)	Régimen _H	QT (W)	Régimen
Ruta 37	157.46	Ligero	184.75	Moderado	224.53	Moderado

Al observar los gráficos y tablas anteriores que muestran las temperaturas promedio de cada línea estudiada así como la pérdida total de calor, se puede notar que a mayor temperatura menor es el Q_T obtenido.

En las líneas de transporte público donde se registraron mayores temperaturas se obtuvo un régimen de trabajo “Ligero” como son Línea 7 de STC Metro y Línea 1 de Metrobús; mientras que en donde no se presentó temperatura ambiental arriba de los 30 °C, como lo es la Línea 12 de STC Metro, se obtuvo un régimen de trabajo “Moderado”.

Aun así la pérdida total de calor (QT) de los modos de transporte estudiados corresponde a la actividad realizada, régimen de trabajo “Ligero”, ir sentado con movimientos ligeros en brazos y tronco; régimen de trabajo “moderado”, caminando un poco, esto último coincide cuando se va de pie en el transporte público.

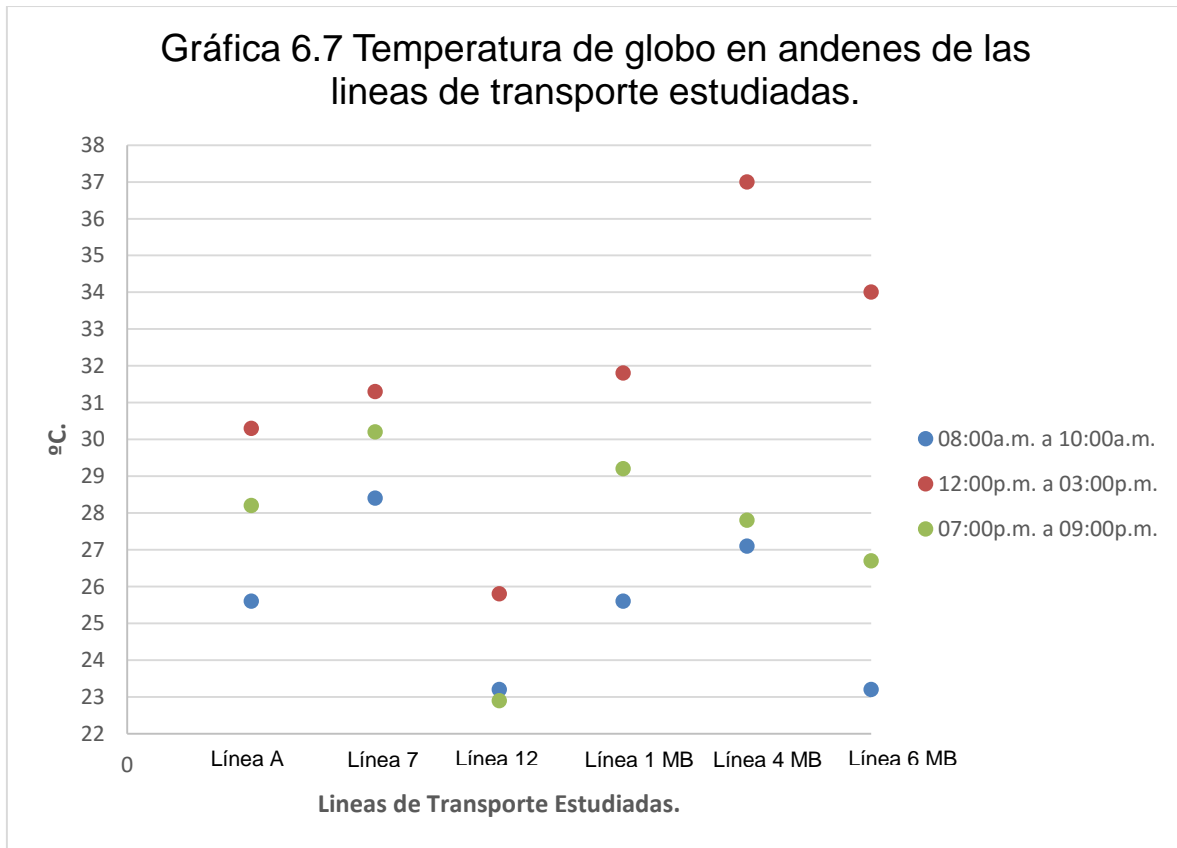
También se puede observar que la pérdida de total de calor para el caso de los hombres (Q_{TH}) en los modos de transporte estudiados, siempre es mayor que en las mujeres (Q_{TM}), esto se debe a las condiciones de fisionomía con que cuenta cada uno de estos, por ejemplo habitualmente los hombres tienden a ser más altos y pesados por lo que sus órganos internos y músculos son más grandes de manera que tienen una mayor área superficial del cuerpo. Las mujeres a su vez

cuentan con mayor grasa corporal por lo cual necesitan menor gasto energético para realizar cualquier actividad.

En cuanto a la Temperatura Operativa ($T_{operativa}$), en la Línea 7 de STC Metro es donde fue mayor con un valor aproximado de 24 °C en los diferentes rangos de horario, como se observar en la tabla 5.3. En la Línea 12 fue donde el valor de $T_{operativa}$ resulto ser menor, alrededor de los 20 °C a lo largo del día.

Para el caso de Metrobús en las tres líneas estudiadas se puede observar que el valor resultante de $T_{operativa}$ es de aproximadamente 23 °C a lo largo del día. Para Midibús se obtuvo una que $T_{operativa}$ fue de aproximadamente 21 °C.

En cuanto a las condiciones de temperatura en los andenes del STC Metro y estaciones de Metrobús, se muestran en la gráfica 6.7 el promedio de temperatura en los tres diferentes horarios.



Como se puede observar en la gráfica 6.7, en andenes de la Línea 7 la temperatura ambiente fue en promedio de 28.4 °C en el horario matutino, el resto del día 31°C, en las estaciones de este modo de transporte fue donde mayor temperatura se presentó, resultando un QT de 193.81 W y un régimen de trabajo “Ligero” para un usuario.

En los andenes de la Línea A del STC Metro, por la mañana se presentó una temperatura promedio en andenes de 25.6 °C, por la tarde de 30.3 °C y por la noche de 28.2 °C, resultando un QT de 224.74 W con un régimen de trabajo “Moderado”.

En andenes de la línea 12 del metro por la mañana se presentó una temperatura promedio de 23.2 °C, por la tarde 25.8 °C y por la noche 22.9 °C, resultando un QT de 269.12 W con un régimen de trabajo “Moderado” para un usuario, en la parte subterránea de esta línea no se presentaron temperaturas por encima de los 26 °C.

En Línea A y Línea 12 se cuenta con una ventilación que se da por medios naturales, la configuración de los andenes permiten el flujo de aire del exterior por lo cual no se eleva tanto la temperatura. En cuanto a la Línea 7 se cuenta con sistemas de ventilación que no permiten que la temperatura aumente, además se han instalado ventiladores que rocían agua a los usuarios y de esta manera se puedan refrescar.

En el caso de Metrobús la Línea 4 es donde se obtuvo un mayor promedio de temperatura por la mañana 27.1 °C y por la tarde 37.0 °C, resultando una pérdida de calor total de 200.61W con un régimen de trabajo “Ligero” para un usuario, las altas temperaturas durante la tarde se deben a que las estaciones son tipo parabús y otras son tipo estela donde los usuarios están expuestos a la intemperie, a los rayos del sol directo; en las estaciones tipo parabús aunque se tenga un techo con el cual cubrirse este es de vidrio lo que provoca un efecto de lupa y provoca mayor sensación de calor, además los asientos son de aluminio los

cuales se calientan y no es posible ocuparlos, esto es perceptible durante las horas donde los rayos del sol son mayores.

Para la Línea 1 de Metrobús por la mañana se obtuvo una temperatura ambiente promedio en andenes de 25.6 °C, por la tarde 31.8 °C y por la noche de 29.2 °C, resultando un QT de 195.33 W, régimen de trabajo “Ligero”.

Para la Línea 6 de Metrobús se registró una temperatura de globo promedio en andenes por la mañana de 23.2 °C, por la tarde de 34 °C y por la noche 26.7 °C, resultando un QT de 212.67 W con un régimen de trabajo “Ligero”.

Nuevamente se puede notar que tanto en la Línea 1 y Línea 6 también se presentan altas temperaturas durante la tarde en las estaciones donde esperan los usuarios para abordar los vehículos, esto se debe a que el techo es de policarbonato lo que provoca ese aumento de temperatura.

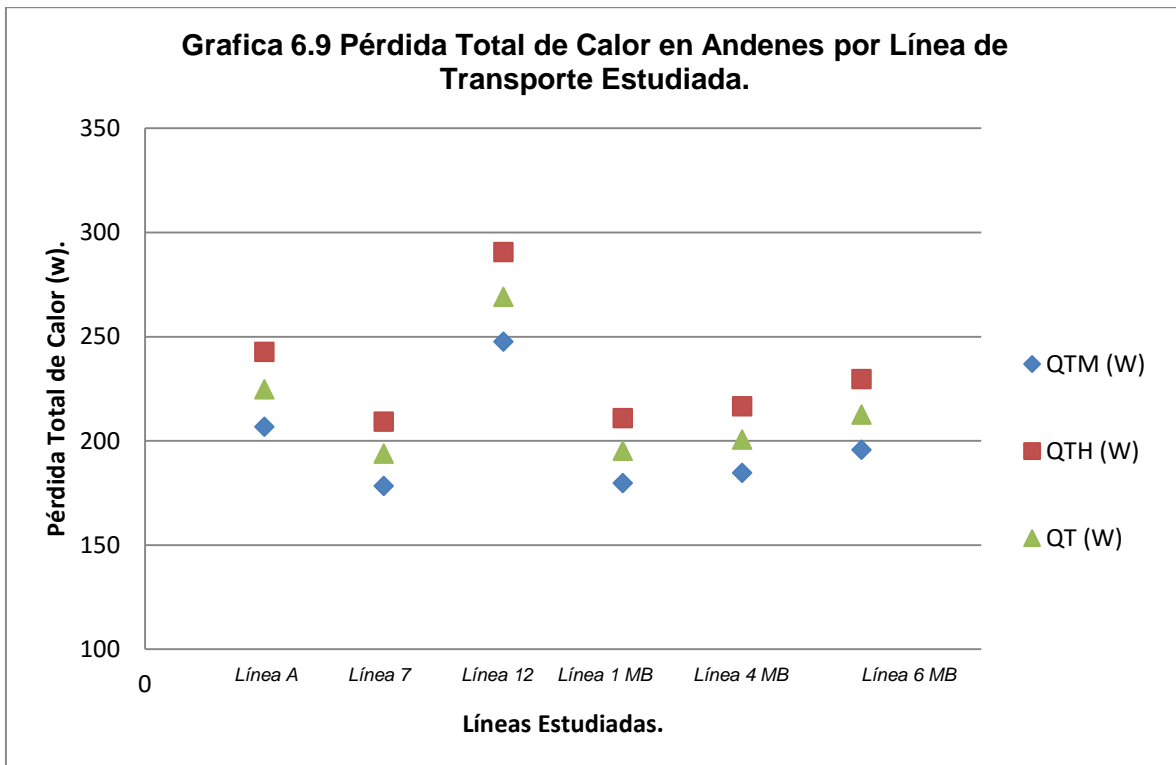
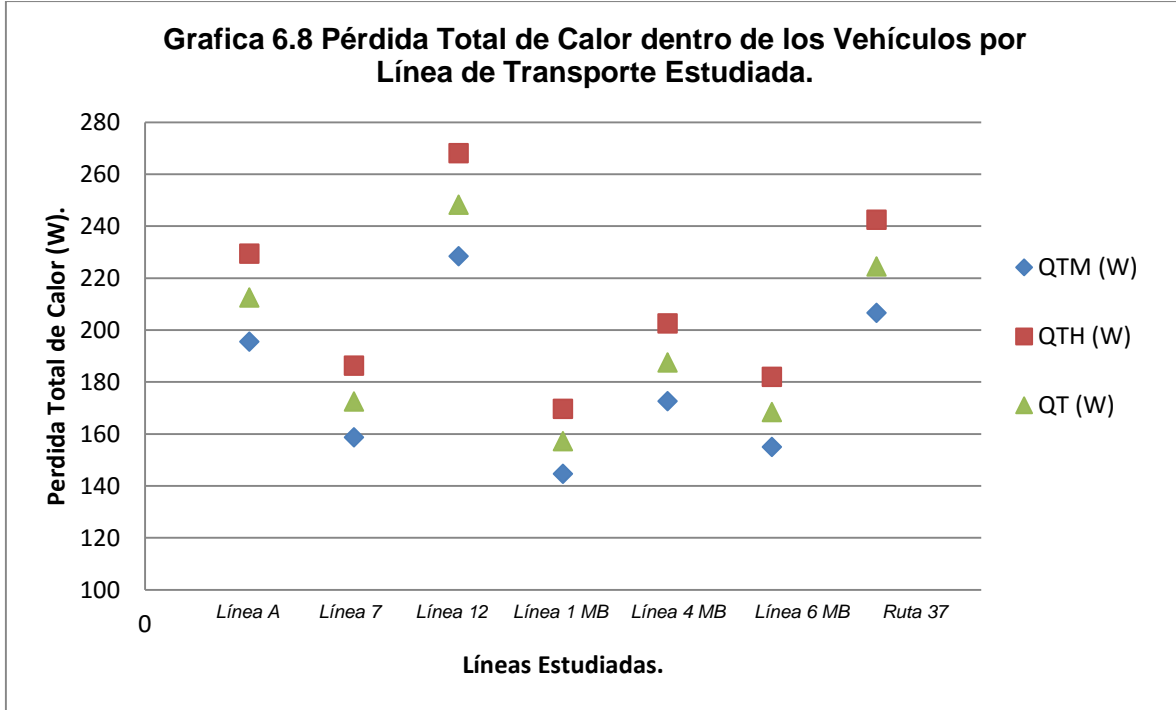
En los andenes la pérdida total de calor (QT) corresponde con la actividad realizada, que resulta de un régimen de trabajo “Ligero” para Metrobús y “Moderado” para STC Metro, equivalente a estar de pie y caminar un poco, que es lo que se hace en los andenes a la espera para abordar el vehículo de transporte público.

De manera similar a los resultados obtenidos en los vehículos de pérdida de calor total para mujeres (Q_{TM}) y para hombres (Q_{TH}), en los andenes también existe mayor pérdida de calor total para los hombres.

En cuanto a la Temperatura Operativa ($T_{operativa}$) en los andenes de STC Metro Línea 7 es donde fue mayor con un valor aproximado de 23 °C en los diferentes rangos de horario, como se puede observar en la tabla 5.4. En la Línea 12 fue donde el valor de $T_{operativa}$ resultó ser menor, alrededor de los 19 °C a lo largo del día.

Para el caso de Metrobús en las tres líneas estudiadas se puede observar que el valor resultante de $T_{operativa}$ es de aproximadamente 21 °C a lo largo del día.

En las gráficas 6.8 y 6.9 se muestra una comparación entre la pérdida de calor total (QT) para cada una de las líneas de transporte estudiadas dentro de los vehículos y en los andenes.



Conclusiones.

En la investigación realizada de condiciones ergonómicas ambientales en el transporte público de la Ciudad de México se observó que los pisos, asientos y pared, de los diferentes tipos de vehículos donde se hicieron las mediciones de iluminación en STC Metro, Metrobús y Midibús no cumplen con el factor de reflexión (Kf) indicado por la NOM-025-STPS-2008.

Para STC Metro el tipo de material con el que están hechos los pisos de los andenes emiten un Kf superior al que indica dicha norma.

Para Metrobús los pisos de las estaciones cumplen en su mayoría con la norma, debido al material con el que está compuesto el piso (Adoquín gris), el cual es opaco y poroso. La línea 4 no cumplió la norma por el tipo de estaciones que cuenta (parabús y estela) que exponen a los usuarios a las inclemencias del clima.

Los modos de transporte estudiados no cumplen con el kf permitido pero en cuanto a la cantidad de luxes, de acuerdo a la tabla 2.8 de “Niveles de iluminación” de la NOM-025-STPS-2008, los andenes de transporte público de pasajeros se encontrarían entre los 20 y 100 luxes, de luz incidente, que corresponde con la actividad que se realiza como desplazarse caminando y distinguir área de tránsito, es la iluminación requerida en salas de espera, las estaciones de STC Metro se hallan en ese rango de iluminación.

En Metrobús en el horario nocturno algunas estaciones se encuentran por debajo de los 20 luxes ya que hay pocas lámparas o solo se cuenta con el alumbrado público por lo que no cumpliría con el nivel mínimo de luxes requeridos por la norma.

Molinero, A. (2002) recomienda que en el horario nocturno, dentro de los vehículos de transporte de pasajeros se debe tener de 80 a 100 luxes por lo que los autobuses de Metrobús no cumplirían porque la iluminación medida se encuentra debajo de los 40 luxes; Midibús tampoco cumple con la recomendación ya que por

la noche el luxómetro registró entre 0 y 1 lux: en STC Metro Línea 7, que durante todo el día cuenta con iluminación artificial, no cumple con los luxes recomendados los valores registrados son menores a los 40 luxes, mientras que los vehículos de la Línea 12 registraron entre 70 y 100 luxes, cumpliendo el requerimiento.

Las mediciones de ruido que se tomaron en vehículos para la investigación de las diferentes líneas de STC Metro, Metrobús y Midibús se encuentran por debajo de lo que establece la NOM-011-STPS-2001, registrando promedios ponderados de tiempo de exposición al ruido (PPT) entre 55 dB a 69 dB, tomando en cuenta que muchos de los usuarios no permanecen más de 60 minutos a bordo del vehículo y su estancia en estaciones o andenes es de menos de 10 minutos.

En Línea 7 de STC Metro se registró mayor nivel de ruido en vehículos (88dB máximo) por ser de rodadura neumática y el tipo de infraestructura de la línea no permite que el ruido se disipe. La Línea 4 de Metrobús tiene vehículos con ventanas selladas lo cual no permitía fácilmente la entrada del ruido exterior, solo se generaba un aumento en los decibeles por los usuarios que iban a bordo (73dB máximo).

En cuanto a Midibús (Ruta 37) dentro del vehículo no se superaron los niveles de ruido establecidos en la Norma, el ruido que se percibe durante su recorrido es cuando pasa por la vialidad que está dañada se escucha el “golpeteo” de las ventanas, cuando disminuye la velocidad se escucha el “rechinar” de los frenos, por los vendedores que abordan, corrigiendo estas circunstancias se tendría un nivel de ruido menor al registrado (81dB máximo).

En los Andenes y Estaciones de las líneas estudiadas de STC Metro y Metrobús la problemática observada fue que el nivel de ruido aumenta por la presencia de comerciantes y “vagoneros”, que son los que se exponen más tiempo a esas condiciones de ruido al estar cerca de su equipo y entorno de trabajo (bocinas, gritos, “silbidos”). En andenes el PPT registrado se encontró en el rango de 30 dB a 50 dB.

Para el estudio de ruido sin tomar en cuenta el PPT calculado y solamente considerando los decibeles registrados, aun así cumplirían con la norma que permite a una persona permanecer una hora a la exposición de 99 dB, las líneas estudiadas se encuentran debajo de este valor y de acuerdo con INEGI (2007), en la ZMVM un viaje en promedio dura 59 minutos.

Para el caso de las condiciones de temperatura en general los resultados de las diferentes líneas estudiadas muestran que la pérdida total de calor (QT) corresponde con el régimen de actividad conforme la clasificación de la NOM-015-STPS-2001, el QT para el transporte público de pasajeros se encuentra entre 157 W a 248 W en vehículos, para andenes el QT está entre 193 W a 269 W, clasificado como régimen de trabajo “Ligero” a “Moderado” que implica una actividades como estar sentado o de pie, a veces caminando un poco con movimientos ligeros en brazos y torso. La temperatura de globo registrada en Línea 7 de STC Metro así como en las tres líneas de Metrobús, fue arriba de los 30°C en el horario vespertino, en vehículos de Metrobús se recomienda poner atención en el sistema de ventilación ya que las altas temperaturas encontradas pueden ser debidas al mal manejo de este por parte de los operadores que quizá no regulan la temperatura dentro del vehículo por falta de conocimiento del funcionamiento del sistema.

Se obtendrían mejores resultados si la investigación se hubiera realizado con mayor número de personas a lo hora de recabar los datos en campo para realizar mediciones de manera simultánea en las líneas estudiadas y en los diferentes puntos a bordo del vehículo, ya que en ocasiones no era posible desplazarse dentro de la unidad por la alta ocupación.

Sería conveniente realizar una encuesta a los usuarios de transporte público para saber la opinión que tienen a cerca de las condiciones ergonómicas ambientales a las que están expuestos, debido a que la percepción de cada persona es diferente, ya que aunque resultó que no existe daño a la salud de los usuarios estas condiciones pueden causar otros malestares como son irritabilidad, estrés, frustración y agresividad.

Recomendaciones.

- Es recomendable realizar el estudio de Ergonomía Ambiental en el transporte para todas las líneas de STC Metro y Metrobús, así como algunas líneas de Trolebús, Tren Ligero y Taxi para conocer más a fondo las condiciones que se brindan a los usuarios de transporte público en la Ciudad de México debido a que en esta investigación solo se muestra una pequeña parte y faltaron estudiar las líneas de mayor afluencia de STC Metro, además se debe realizar un estudio enfocado a las condiciones a las que se exponen los operadores de transporte público de pasajeros.
- Capacitar a los operadores de los vehículos que brindan el servicio de transporte en cuanto al manejo del sistema de ventilación para que tengan mayor conocimiento y manejo adecuado, de manera que los usuarios tengan una mejor experiencia de viaje.
- Dar mantenimiento a las luminarias de los vehículos que brindan el servicio de transporte público de pasajeros, se observó que en general de 1 a 8 lámparas no funcionaban.

Bibliografía.

Acuña, E. y Espinoza, J. (2016). *Guía 2: Termorregulación*. Marzo 2016, de Colegio Hispano Americano. Recuperado de:
http://www.hispanoamericano.cl/descargas/central_apuntes/ciencias/Homeostasi_temperatura_4medio.pdf

Álvarez, J. (2009). *Ergonomía y Psicología Aplicada*. España: Lex Nova.

Álvarez, T. (2008). *Aspectos Ergonómicos del Ruido*. Marzo 2016, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado de:
<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

Armendáriz, P. (2008). *Calor y Trabajo: Prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico*. Marzo 2016, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España. Recuperado de:
<https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/AF2BD786-0A6D-4564-9076-BE42220B4843/225685/calorytrabajoprofesional.pdf>

Boillat, M. (2012). *El Oído*. En enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo (PP. 11.2-11.20). España: Sumario.

Cengel, Y. (2004). *Transferencia de calor*. México: Mc Graw Hill, pp. 649 - 653.

CONAPO (2010). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010*, Marzo 2016, de Consejo Nacional de Población. Recuperado de:
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010

Cruz, A. y Garnica, A. (2001). *Principios de Ergonomía*. Bogotá: Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano".

Enrique, M. y García, C. (2011). *Redes de ponderación acústica*. Marzo 2016, de Escuela de ingeniería Campus de Vegazana. Recuperado de:
<http://mecg.es/archivos/Redes%20de%20ponderaci%C3%B3n%20ac%C3%BAstica.pdf>

Facultad de Ingeniería Industrial (s.f.). *Ergonomía: Diseño de puestos de trabajo*. Marzo 2016, de Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado de:
http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7863_ruido.pdf

Facultad de Medicina UNAM. (2010). *Biología Celular Y Tisular, Unidad Temática II, Notas De Oído*. Marzo 2016, de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Recuperado de:
http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/Doc/Repaso_II/Teorico/NOTAS_DE-OIDO_2010.pdf

Falagán, M. (2000). *Manual de Prevención de Riesgos Laborales, Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía*. Mieres-Asturias: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.

Farras, J. (2012). *Iluminación*. En Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (PP. 2, 20) España: Sumario.

Garavito, J. (2007). *Niveles de Ruido*. Marzo 2016, de Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado de:
<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>

Garavito, J. (2008). *Iluminación*, Laboratorio de condiciones de trabajo. Marzo 2016, de Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado de:
<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20ILUMINACION%202008-1.pdf>

García, G. (2002). *La Ergonomía desde la Visión Sistémica*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Geraldo, A. y Paniza, G. (2014). *ERGONOMÍA AMBIENTAL: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos*. 2016, de Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias De La Información. Recuperado de: <http://urepublicana.edu.co/ingenieria/wp-content/uploads/2014/09/4-ERGONOM%C3%8DA-ok.pdf>

Grupo Meyer. (2016). Monitor de temperatura ambiental TGBH. Abril 2016. Recuperado de: http://www.grupomeyer.com.mx/quest_36.php

Guzmán, A. (2007). *Oftalmología*. Marzo 2017, de Comisión de Oftalmología. Recuperado de: <http://www.eduval.es/Medicina/oftalmologia/OFTALMOLOGIA%20COMPLETA.pdf>

INEGI (2007). Encuesta Origen-Destino 2007, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

INEGI (2014). *Banco de información INEGI*, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Marzo 2016. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/biinegi/>

ITDP. (2013). *Perspectivas de crecimiento de la Red de Metrobús y transporte integrado del Distrito Federal a 2018*. Marzo 2016, de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP México). Recuperado de: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Crecimiento-MB-2013-2018.pdf>

Jiménez, B. y Puente, C. (2011). *Ergonomía y Psicología*. Técnico en Prevención de Riesgos Laborales, Modulo 10, p. 57.

Juárez, V. (2016). *Hola autobuses, adiós microbuses*. Reforma, 140.

Konz, S. (2001). *Diseño de Sistemas de Trabajo*. México: Limusa.

León, R. (2013). *Informe de la comparecencia ante la comisión de movilidad*. Abril 2016, de Secretaria de Movilidad. Recuperado de: <http://www.transparencia.df.gob.mx/work/sites/vut/resources/ExcelContent/10538/26/InformePresenSETRAVI2013.pdf>

Ley de Movilidad del Distrito Federal. (2014). Gaceta Oficial del Distrito Federal publicada el 14 de Julio de 2014, de Asamblea Legislativa del Distrito Federal. Recuperada de: <http://www.aldf.gob.mx/archivo-ba20960fb6570ec7d4ee34c30ee2d733.pdf>

Licea, K. (2013). *Metrobús Línea 5, Calle completa*. Marzo 2016, de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP México). Recuperado de: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Linea-5-F.pdf>

López, M. (2006). *El transporte de pasajeros y el sistema vial en la Ciudad de México*. Marzo 2016, de Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2735/12.pdf>

Medina, S. (2012). *La importancia de la reducción del uso del automóvil en México*. Marzo 2016, de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP México). Recuperado de: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Importancia-de-reduccion-de-uso-del-auto.pdf>

Melo, J. (2002). *Historia de la Ergonomía*. 2016, de estrucplan Sitio web: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=55>

Metro. (2014). Sistema de Transporte colectivo Metro. Marzo 2016, de Metro CDMX Sitio web: <http://www.metro.df.gob.mx/>

Metrobús (2013). *Metrobús: Movilidad Sustentable*. Marzo 2016, de Metrobús Sitio web: http://www.metrobus.cdmx.gob.mx/docs/General_MB-ok.pdf

Metrobús (2016), Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros del Distrito Federal. Marzo 2016. Recuperado de: <http://www.metrobus.cdmx.gob.mx>

Metrobús. (2016). *Metrobús, 11 años*. Julio 2016, de Gobierno de la Ciudad de México. Recuperado de: http://www.metrobus.cdmx.gob.mx/docs/MB11_numeros_ch_PW.pdf

Molinero, A. y Sánchez, I. (2002), *Transporte Público: Diseño, Operación y Administración*, México, DF: Fundación ICA, A.C.

- Mondelo, P., Gregorio, E. y Barrau, P. (1994). *Ergonomía 1: Fundamentos*. Catalunya: Mutua Universal.
- Montero, J. (2015). *Mala iluminación afecta la salud en el lugar de trabajo*. Abril 2016, de El Financiero. Recuperado de:
http://www.elfinancierocr.com/gerencia/Mala-iluminacion-afecta-salud-trabajo_0_728327164.html
- Niebel, B. (1993). *Ingeniería Industrial*. México: Alfaomega.
- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Capítulo 6, Diseño del ambiente de trabajo*. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (pp. 183-212). México, D. F.: McGRAW-HILL.
- Osborne, J. (1990). *Ergonomía en Acción*. México: Trillas.
- OCDE (2015). *Estudios territoriales de la OCDE, Valle de México, Síntesis del estudio*, México. Marzo 2016. Recuperado de
<http://www.oecd.org/regional/regional-policy/valle-de-mexico-highlights-spanish.pdf>
- ONU-Hábitat. (2015). *Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015*. Marzo 2016, de Grupo Mexicano de parlamentarios para el hábitat, Senado de la República y ONU-Hábitat. Recuperado de:
<http://www.onuhabitat.org/Reporte%20Nacional%20de%20Movilidad%20Urbana%20en%20Mexico%202014-2015%20-%20Final.pdf>
- Parra, H. (2011). *Ergonomía: Evolución Histórica*. Marzo 2016, de Programa Técnico de Prevención de Riesgos Laborales Sitio web:
<http://www.enfoqueocupacional.com/2011/01/ergonomia-evolucion-historica.html>
- PIM (2013-2018). *Gaceta Oficial del Distrito Federal, Publicada el 15 de Octubre de 2014*. Programa Integral de Movilidad 2013-2018. Marzo 2016, Ciudad de México.
- POZMVM (2012). *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana de Valle de México*. Marzo 2016, de Gobierno Federal. Recuperado de:
http://conduse.mx/documentos/generales/9_pozmvm_digital_2012.pdf

PUEC-UNAM (2013). *Diagnóstico y Proyecciones de la Movilidad del Distrito Federal 2013-2018*, Marzo 2016, de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Rosendo, L. (2007). *Metrobús Ciudad de México, Implantación y relación ambiental*. Marzo 2016, de Subsecretaría de Finanzas del GDF. Recuperado de: <http://www.uia.mx/web/files/pma/LuisRosendoGutierrez.pdf>

Sagués, F. (2007). *Conceptos básicos del ruido ambiental*. Marzo 2016, de Magrama. Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/contaminacion_acustica_tcm7-1705.pdf

Steren. (2016). *Luxómetro*. Marzo 2016, de Steren. Recuperado de: <http://www.steren.com.mx/medidor-digital-de-luminosidad-luxometro.html>

Suter, A. (2010). *Naturaleza y Efectos del Ruido*. Marzo 2016, de enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/47.pdf>

Villanueva, M. (2015). *Bernardino Ramazzini (1633-1714): Médico, filósofo, humanista y padre de la medicina ocupacional*. De Galenus Revista, 24, Puerto Rico. Recuperado de: <http://www.galenusrevista.com/Bernardino-Ramazzini-1633-1714.html>

Wordpress (2014). *Psicología fisiológica. Anatomía, funciones y curiosidades de la visión del ser humano*. Marzo 2017, de Wordpress. Com. Recuperado de: <https://rasutolu.wordpress.com/2014/04/11/58/>

ANEXO I. PERMISOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS POR SISTEMA.



Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

Oficio: UACM/CCYT/AISTU/T-024

Ciudad de México, a 22 de abril de 2016

JSE
CON GNE 2
16 ABR 22 13:36
ING. GUILLERMO CALDERON AGUILERA
DIRECTOR GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE METROBUS

Asunto: Permiso para estudios en Metrobus.

PRESENTE.

Sirva este medio para solicitar su permiso para la realización de estudios de *Ergonomía Ambiental* en el Sistema de transporte de pasajeros Metrobus, que llevarán a cabo los estudiantes:

1. **Glaviola Cruz García**, matrícula: 08-003-0385.
2. **José Antonio Montiel García**, matrícula: 08-003-0012

Quienes actualmente son egresados de la carrera de "*Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano*" y que la realización de dichos estudios les permitirá elaborar su Tesis para la obtención del Título de Ingeniero.

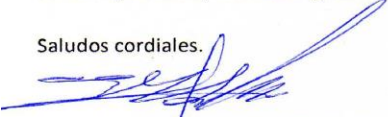
Los estudios consisten en tomar mediciones de Iluminación, Ruido y Temperatura al interior de los vehículos y andenes, en al menos una línea. Mediante el uso de equipo portátil y de operación segura, de manera que tanto los vehículos y pasajeros no se expongan a algún daño o incomodidad respectivamente. Así mismo, también se requiere el conteo y toma de fotografía de la cantidad de luminarias, medios de ventilación y superficies al interior de los vehículos y andenes.

Cabe mencionar que la información obtenida en el estudio, es para fines académicos. No se pretende divulgar en algún medio de comunicación que no sea de carácter científico y tecnológico.

La Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) busca contribuir al beneficio de la Ciudad y a su movilidad, a través de la ejecución de estudios en campo para su entendimiento y propuesta de mejora.

Sin otro particular, me resta agradecerle su atención a la presente, quedando de usted para indicaciones posteriores.

Saludos cordiales.



Mtro. Juan Gilberto Salas Márquez
Enlace de Academia
Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano
Ext. 14440
juan.salas@uacm.edu.mx

Cd. de México a 15 de enero de 2016

NOTA INFORMATIVA – 053/16

ING. FRANCISCO PÉREZ VILLAFÑA
COORDINADOR DE TRANSPORTACIÓN DE LÍNEA 5 Y
ENCARGADO DE LÍNEA 7

ING. RENATO HERRERA REYES
COORDINADOR DE TRANSPORTACIÓN DE LÍNEA 12

ING. FRANCISCO ECHÁVARRI HERNÁNDEZ
COORDINADOR DE TRANSPORTACIÓN DE LÍNEA A

P R E S E N T E S

En relación a la solicitud enviada al STC, por la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (anexo copia), para que los estudiantes:

- 1.- Glaviola Cruz García, matrícula: 08-003-0385
- 2.- Montiel García José Antonio, matrícula: 08-003-0012;

realicen mediciones de iluminación, ruido y temperatura, al interior de los vehículos y andenes de las Líneas a su cargo, a partir del Lunes 09 de mayo del presente año, anexo al presente les envío el programa de trabajo respectivo, a efecto de que se les brinden las facilidades necesarias para la realización de sus actividades.

Cabe hacer mención, que los estudios a realizar por los estudiantes son de tipo académico, quienes deberán tomar las precauciones y el cuidado necesario, para no interferir en el curso normal de las actividades de la operación de las Líneas en comento.

Sin más por el momento, les envío un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E


ING. HORACIO PINEDA AGUILAR
GERENTE DE LÍNEAS 7, 8, 9, A
Y ENCARGADO DE LA LÍNEA 12

C.c.c.e.p. Ing. José Luis Moreno Torres.- Director de Operación.
Ing. Martín Felipe García Hidalgo.- Subgerente de Líneas 7, 8, 9 y A.
Archivo.

HPA/MFGH/GMF/*

Arcos de Belén No. 13 2do. Piso Col. Centro C.P. 06070 Delegación Cuauhtémoc
Tel. 5627-4936 y 5627-4938

ANEXO II. REGISTRO DE TRABAJO RECEPCIONAL.

F1.1 REGISTRO DE TRABAJO RECEPCIONAL EQUIPO

México, D.F. a 4 de Marzo de 2016

Lic. Fernando Miranda Velázquez
 Coordinador de Certificación y Registro
Presente

Por este medio solicito el registro del trabajo recepcional, titulado:

Evaluación de las condiciones ergonómicas ambientales en el sistema de transporte urbano de la Ciudad de México

(Título del trabajo recepcional)

Tema de estudio: Ergonomía del Transporte

El cual será dirigido por M. en I. Juan Gilberto Salas Márquez
Academia de Ingeniería. Colegio de CyT, UACM

(Especificar nombre completo, grado académico, academia o institución a la que pertenecen)

Atentamente

Glaviola García Cruz
 Nombre y firma Estudiante

Jose Antonio Montiel Garcia
 Nombre y firma Estudiante

[Firma]
 Firma del Director/a

EQUIPO INTEGRADO POR LOS/LAS ESTUDIANTES :			
Nombre:	<u>Glaviola Garcia Cruz</u>	Nombre:	<u>Jose Antonio Montiel Garcia</u>
Matrícula:	<u>08-003-0385</u>	Matrícula:	<u>08-003-0012</u>
Licenciatura:	<u>Ingeniería en Sistemas de Transporte</u>	Licenciatura:	<u>Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano</u>
Plantel:	<u>San Lorenzo Tezonco</u>	Plantel:	<u>San Lorenzo Tezonco</u>
Teléfono(s):	<u>55 42 44 22 48</u>	Teléfono(s):	<u>55 47 11 46 74</u>
Correo electrónico:	<u>gladiola9103@hotmail.com</u>	Correo electrónico:	<u>joam_g@hotmail.com</u>
C.c.p. Interesado		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Nada humano me es ajeno</p> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">04 MAR 2015</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">RECIBIDO</p> <p>Hora <u>14:00</u> Area Titulación</p> </div>	