UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR

ESTUDIO DEL IMPACTO GENERADO POR EL TRANSPORTE, EN LA HIPOACUSIA PARA TRABAJADORES DE LA REGIÓN METROPOLITANA.

Trabajo de titulación para optar al título de

Ingeniero en Prevención de Riesgos Laborales

y Ambientales.

Estudiante:

Carolina Alejandra Castro Macaya

Profesor Guía:

Sebastián Amaro Belmar

2019

RESUMEN EJECUTIVO

Keywords: Ruido, Hipoacusia, Decibel, Metro.

El presente estudio tiene como objetivo el estudio del impacto generado por el transporte, en la hipoacusia para trabajadores de la región metropolitana. Para llevar a cabo el estudio, primero se realizó una descripción de la historia y condición actual de Metro de Santiago, luego se exploró y analizó cada línea que posee el Metro de Santiago. A su vez se realizó un análisis bibliográfico relacionado al concepto de ruido y sonido desde un punto de vista físico. Luego de visitar el metro de Santiago se determinó bajo el criterio de flujo de gente, las líneas que fueron el enfoque donde se desarrolló el estudio.

Posteriormente se realizó un análisis del marco normativo legal, donde dos cuerpos legales fueron los que estuvieron ligados directamente con los resultados y conclusiones del estudio, estos fueron "Decreto Supremo N° 594 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo", año 2003, Ministerio de salud y el "Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo, "Protocolo de exposición ocupacional a ruido (PREXOR)".

A continuación se llevaron a cabo las mediciones el día 11 de Abril del año 2019, estas se efectuaron en las líneas N°1 y N°5 del Metro de Santiago. Las mediciones fueron realizadas con los instrumentos dosímetro y sonómetro integrador, estos fueron proporcionados por la Universidad Técnica Federico Santa María – JMC. La medición efectuada en la Línea N°1 tuvo un tiempo de 45 minutos, abarcando desde la estación de San Pablo hasta los Domínicos; A su vez la medición efectuada en la Línea N°5 tuvo un tiempo de 53 minutos, abarcando desde la estación de Plaza de Maipú hasta Vicente Valdez.

Con los resultados obtenidos a través de las mediciones con ambos instrumentos, se calculó la dosis diaria que estaría recibiendo un usuario en un viaje promedio, realizando la comparación con el D.S N°594; En consecuencia una persona que utiliza el Metro de Santiago de la región Metropolitana podría recibir una dosis diaria entre 1,28% y 13,28% de la dosis diaria total en un viaje promedio de 49 minutos.

A su vez se calculó la dosis de acción, comparando los valores con lo establecido en el PREXOR. Los resultados obtenidos en la Línea N° 1 fueron 0,47938 y 0,48286, y los obtenidos en la Línea N°5 fueron 0,34962 y 0,45876. Se recomienda realizar cambio de los trenes en la Línea N°5, los cuales no poseen aire acondicionado, por los trenes CAF NS2012, de esta manera se estima que la dosis de ruido recibida por los usuarios disminuirá; El costo del tren es de US$ 16.142.857, esta cifra equivale a $11.509.857.041 en pesos Chilenos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO 1
ÍNDICE DE FIGURAS 4
ÍNDICE DE TABLAS 4
ÍNDICE DE ECUACIONES 5
SIGLAS 6
INTRODUCCIÓN 1
OBJETIVOS 2
OBJETIVO GENERAL 2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2
FUNDAMENTACIÓN 3
ALCANCE 4
METODOLOGÍA 5
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES. 6
1. Antecedentes Generales. 7
1.1 Metro de Santiago 7
1.1.1 Descripción del Metro de Santiago 7
1.1.2 Reseña histórica del Metro de Santiago 9
1.1.3 Misión 9
1.1.4 Visión 9
1.1.5 Valores 9
1.2 Descripción Líneas Metro de Santiago. 11
1.2.1 Línea 1 Metro de Santiago 11
1.2.2 Línea 2 Metro de Santiago 13
1.2.3 Línea 3 Metro de Santiago 14
1.2.4 La Línea 4 Metro de Santiago 15
1.2.5 Línea 4A Metro de Santiago 15
1.2.6 Línea 5 Metro de Santiago 16
1.2.7 Línea 6 Metro de Santiago 17
1.3 Flujo de usuarios en las líneas del Metro de Santiago 18
1.4 Marco Teórico. 20
1.4.1 Ruido 20
1.4.2 Sonido 20
1.4.3 Onda 20
1.5 Relación entre el ruido y el Metro de Santiago 22
CAPÍTULO 2: MARCO LEGAL 23
2. Marco legal. 24
2.1 Constitución Política de la República de Chile, año 1980, Ministerio del Interior. 25

2.2 Código del Trabajo, año 2003, Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría del Trabajo. 25

2.3 Ley N°16.744 "Establece Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales", año 2015, Ministerio del Trabajo y Previsión Social. 26

2.4 Decreto Supremo N° 594 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo", año 2003, Ministerio de salud. 27

2.5 Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo, "Protocolo de exposición ocupacional a ruido (PREXOR)", año 2011, División de políticas públicas saludables y promoción departamento de salud ocupacional. 32

2.6"Instructivo para la aplicación del D.S N°594/99 del MINSAL, título IV, párrafo 2° Agentes Físicos- Ruido." 33

2.7 Constitución de Metro, año 1990. 35

2.7.1 Ley N° 20.950. Autoriza emisión y operación de medios de pago con provisión de fondo por entidades no bancarias, año 2016. 35

2.7.2 Decreto con Fuerza de Ley N°1. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley Orgánica de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, año 1993. 35

2.7.3 Ley N° 18.772. Establece normas para transformar la Dirección General de Metro en S.A, año 1974. 36

2.7.4 Decreto Ley N°257. Crea la Dirección General del Metro, año 1974. 36

2.7.5 N° 910. Aprueba reglamento para el transporte y tránsito de personas en Red de Metro, año 1975. 37

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DEL RUIDO EN METRO DE SANTIAGO. 38

3.1 Materiales y Métodos 39

3.1.1 Materiales 40

3.2 Método 42

3.3 Resultados 42

3.3.1 Línea N°1 (vagón nuevo) 42

3.3.2 Línea N°5 (vagón antiguo) 43

3.4 Evaluación 45

3.5 **Medidas de Control** 49

3.6 **Costos Asociados** 50

CONCLUSIÓN 53

BIBLIOGRAFÍA 55

ANEXOS 56

[Anexo 1] Mapa de Ruido, Región Metropolitana. 56

[Anexo 1.1] Mapa de Ruido, Región Metropolitana. 57

[Anexo 2] Mapa de las Líneas que constituyen Metro de Santiago, Región Metropolitana. 58

[Anexo 3] Línea N° 1 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS93 59

[Anexo 3.1] Línea N° 1 Metro de Santiago – Modelo de tren CAF NS2007 59

[Anexo 3.2] Línea N° 1 Metro de Santiago – Modelo de tren CAF NS2012 60

[Anexo 4] Línea N° 2 Metro de Santiago – Modelo de tren ALSTOM NS74 60

[Anexo 4.1] Línea N° 2 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS2004..... 61
[Anexo 4.2] Línea N° 2 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS16..... 61
[Anexo 5] Línea N° 3..... 62
[Anexo 6] Línea N° 4 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom AS2002..... 62
[Anexo 7] Línea N° 4A Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom AS2002..... 63
[Anexo 8] Línea N° 5 Metro de Santiago – Modelo de tren Alsthom NS74..... 63
[Anexo 8.1] Línea N° 5 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS93..... 64
[Anexo 8.2] Línea N° 5 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS93 con aire acondicionado..... 64
[Anexo 9] Línea N° 6 Metro de Santiago 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1-1: Equipo Gerencial…….....11
Figura: N°1-2: Estaciones línea 1, Metro de Santiago……....12
Figura: N°1-3: Estaciones línea 2, Metro de Santiago. …….....13
Figura: N°1-4: Estaciones línea 3, Metro de Santiago. …….....14
Figura: N°1-5: Estaciones línea 4, Metro de Santiago.…….....15
Figura: N°1-6: Estaciones Línea 4A, Metro de Santiago. …….....16
Figura: N°1-7: Estaciones línea 5, Metro de Santiago…….....16
Figura: N°1-8: Estaciones línea 6, Metro de Santiago...…….....17
Figura: N°1-9 Variables de una onda…….....21
Figura: N°3-1: Sonómetro…….....40
Figura: N°3-2: Dosímetro…….....40
Figura: N°3-3: Cargador Dosímetro…….....41
Figura: N°3-4: Calibrador…….....41
Figura: N°3-5: Tren Alsthom NS74…….....50
Figura: N°3-6: Modelo Alstom NS74…….....51
Figura: N°3-7: Modelo CAF NS2012…….....51
Figura: N°3-8: Modelo CAF NS2014…….....52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1-1: Horarios Metro de Santiago…….....8
Tabla N° 1-2: Modelos de Trenes, Línea N°1. …….....12

Tabla N° 1-3: Modelos de Trenes, Línea N°2. …….....13
Tabla N° 1-4: Modelos de Trenes, Línea N°3.…….....14
Tabla N° 1-5: Modelos de Trenes, Línea N°4 y Línea N4A. ……...15
Tabla N° 1-6: Modelos de Trenes, Línea N°5…….. 16
Tabla N° 1-7: Modelos de Trenes, Línea N°6…….. 17
Tabla N°1-8: Estadística mensual de pasajeros transportados en Metro de Santiago, Año2018. ……...18
Tabla N°1-9: Estadística anual de pasajeros transportados en Metro de Santiago, Año2018. ……...19
Tabla Nº1-10: Cantidad total de pasajeros que utilizaron la Línea Nº1, Año 2018……19
Tabla Nº1-11: Cantidad total de pasajeros que utilizaron la Línea Nº5, Año 2018……19
Tabla N°2-1: Niveles de presión sonora continúa equivalentes, diferentes a 85 dB (A) lento. ……...28
Tabla N°2-2: Niveles de presión sonora peak diferentes a 95 dB (C) Peak……..30
Tabla N°3-1: Datos técnicos Sonómetro y Dosímetro……39
Tabla N°3-2: Valores obtenidos a través del instrumento Dosímetro en Línea N°1……43
Tabla N° 3-3: Valores obtenidos a través del instrumento Sonómetro en Línea N°1……...43
Tabla N°3-4: Valores obtenidos a través del instrumento Dosímetro en Línea N°5……44
Tabla N°3-5: Tabla N°3-3: Valores obtenidos a través del instrumento Sonómetro en Línea N°5……44
Tabla N°3-6: Comparación con el Decreto Supremo 594……48
Tabla N°3-7: Dosis de acción, Comparación PREXOR…….....48
Tabla N°3-8: Criterios técnicos de selección……50

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N°1-1: Intensidad relativa…….21
Ecuación 3-1: Dosis diaria recibida, en Línea N°1 (Sonómetro)…….....45
Ecuación 3-2: Dosis de acción, para valor obtenido a través del Dosímetro……45
Ecuación 3-3: Dosis de acción, para valor obtenido a través de la Ecuación N° 3-1……...46
Ecuación 3-4: Dosis diaria recibida, en Línea N°5 (Sonómetro)……..46
Ecuación 3-5: Dosis de acción, para valor obtenido a través del Dosímetro……47
Ecuación 3-6: Dosis de acción, para valor obtenido a través de la Ecuación N° 3-4….....47

SIGLAS

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

LASMX: Nivel máximo de sonido.

LAVG: Nivel de sonido promedio entregado por el Dosímetro, es referido como Leq (Nivel de sonido equivalente)

DOSE: Dosis.

LTWA: Promedio ponderado en el tiempo.

LASEQ: Nivel de sonido equivalente entregado por el Sonómetro.

DS: Decreto Supremo.

INTRODUCCIÓN

La mitad de la población mundial vive en ciudades, y se proyecta que más de dos tercios de la población vivirán en ciudades para el año 2030. (Richard Neitzel, 2009).La exposición a diversos tipos y niveles de ruido ambiental es inevitable para las personas que viven en ciudad y puede afectar negativamente su salud y calidad de vida. Entre los ruidos ambientales, el ruido de los sistemas de transporte público, en particular los subterráneos, han sido recientemente subcategorizados como ruido urbano. (Donguk Lee, 2017).

El ruido se define como un sonido no deseado o una combinación de sonidos que tienen efectos adversos en la salud (Standring, 2010 Oct 19), este genera un impacto negativo en el bienestar físico, social y psicológico del hombre (T. Ibekwe, 2016).El ruido es generalizado en la vida cotidiana y puede causar efectos en la salud tanto auditivos como no auditivos. La pérdida de audición inducida por el ruido sigue siendo muy frecuente en los entornos ocupacionales, y está causada cada vez más por la exposición al ruido social. (Mathias Basner, 2013 Oct 30).La pérdida de audición, es uno de los terceros problemas de salud más prevalentes en el mundo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de 360 millones de personas viven con pérdida de audición incapacitantes y más de 1 billón de personas jóvenes (de 12 a 35 años) en riesgo de pérdida de audición debido a la exposición variada a sonidos fuertes. (Lin, 2017)

Hoy en día los factores externos al ambiente laboral están generando un alto nivel de ruido, y como consecuencia se pueden producir cambios permanentes en el umbral, lo que se denomina hipoacusia. Esta es una pérdida auditiva que es esta en función de la exposición y duración del ruido continuo o intermitente, y que generalmente se desarrolla lentamente durante varios años. (D. Bruce Kirchner, 2012).

Existen diferentes medios de transportes, los cuales se clasifican en acuáticos, tracción animal, aéreos y terrestres, siendo este último el más utilizado; Dentro de esta categoría se encuentran el automóvil, bicicleta, motocicleta, autobús y tren (metro). Si bien los sistemas de tránsito masivos son convenientes y eficientes para las personas, se ha prestado poca atención al potencial riesgo auditivo que genera su ruido. (Donguk Lee, 2017)

En este contexto, Chile es un país con una alta demanda del uso del transporte público, principalmente en la región metropolitana, debido a las grandes distancias que se deben recorrer para poder trasladarse de un sitio a otro, y la gran cantidad de población que alberga, por ello el metro de Santiago es uno de los medios más utilizados, esto lo hace bastante relevante para el desarrollo de este estudio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar la influencia del transporte público en la hipoacusia para los trabajadores de la región metropolitana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la forma y uso que los trabajadores de la región metropolitana le dan al metro.
- Determinar los niveles de exposición a ruido que recibe una persona en un viaje promedio en el metro.
- Evaluar el impacto acústico que genera el uso del metro en los trabajadores de la región metropolitana.

FUNDAMENTACIÓN

La correlación directa entre la exposición frecuente y excesiva al ruido y la posible pérdida de audición inducida por ruido, se menciona como un problema grave en la salud pública. (Donguk Lee, 2017). A pesar de esto no existen programas integrales de vigilancia nacional o internacional para la pérdida auditiva. (Richard Neitzel, 2009).

En todo el mundo, se estima que más de 250 millones de personas sufren pérdida de audición, de las cuales al menos 30 millones de casos representan la pérdida de audición inducida por el ruido. (Richard Neitzel, 2009).

La pérdida auditiva inducida por ruido afecta principalmente la capacidad del individuo para interactuar tanto en el trabajo como socialmente, impactando directamente en su calidad de vida, ya que, induce dificultades permanentes en la comunicación, en las relaciones interpersonales, provocando aislamiento social. (MINSAL, 2011).

La región Metropolitana cuenta hoy con un mapa del ruido diurno y nocturno, desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Se trata de una representación gráfica de la contaminación acústica, de una zona determinada (comuna, barrio) que permite reconocer la distribución espacial y temporal de este contaminante invisible en la capital. Este mapa muestra que más de 1.219.837 de santiaguinos (19%), están expuestos a altos niveles de ruido diurno y alrededor de 1.870.000 (29%) de contaminación acústica nocturna. (MMA, 2017), como se aprecia en los Anexo 1 y Anexo 1.1.

Si bien existe información global de la contaminación acústica en la región Metropolitana, no hay ningún estudio, estadística, o informe, en el cual se dé a conocer la prevalencia de contaminación acústica en el Metro de Santiago, y tampoco si es que el ruido provocado en este lugar puede influir en el desarrollo de hipoacusia.

ALCANCE

El presente trabajo se llevará a cabo dentro del Metro de Santiago, ubicado en la región Metropolitana. Las líneas en que se basara el presente estudio serán la línea Nº 1 y la Nº 5, siendo estas las que mayor demanda de gente poseen al día.

Este estudio va dirigido a los usuarios del metro que usan frecuentemente el metro de Santiago, siendo los más perjudicados por la exposición constante al ruido al interior de este medio de transporte.

El tiempo estimado para la realización de este estudio comenzará en el mes de Agosto del 2018, terminado en el año 2019.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este estudio y con el fin de cumplir tanto con el objetivo general y con los objetivos específicos se plantean las siguientes etapas:

Etapa 0: Recopilación de la información estadística.

En esta etapa se buscarán diferentes fuentes de información para compilar cuantos usuarios frecuentan diariamente el metro de Santiago, y a su vez, para distinguir cuales son las líneas que más demanda tienen; Para así determinar cuáles serán las líneas de estudio.

Etapa 1: Medición del ruido generado en el metro de la región Metropolitana.

Lo primero que se realizará es tener acceso a los instrumentos Sonómetro y Dosímetro para realizar la medición de ruido, estos serán otorgados por el Laboratorio de Higiene Industrial de la Universidad Técnico Federico Santa María. A continuación las mediciones se realizarán en el metro ubicado en la Región Metropolitana, estas mediciones se llevaran a cabo en las líneas N° 1 y N° 5.

El primer lugar donde se llevará a cabo la medición corresponde a la Línea N°1. Antes de comenzar se calibraran ambos equipos Sonómetro y Dosímetro, una vez realizada la calibración se ingresará al tren dando inicio a la medición en la estación de San pablo y culminando la medición en la estación de Los Domínicos. La ubicación para realizar la medición será sentada.

Luego se realizará la medición en la Línea N°5, antes de ingresar al tren se volverán a calibrar ambos equipos de medición, una vez lista la calibración, se ingresará al tren, comenzado la medición en la estación Vicente Valdez y terminando está en Plaza de Maipú. La ubicación para realizar la medición será sentada.

Con el Sonómetro se medirá el ruido ambiental presente al interior del tren, y con el Dosímetro se obtendrá la dosis a la cual está expuesto un usuario en un viaje promedio en el Metro de Santiago.

Etapa 2: Realizar comparación con estándares nacionales asociados al ámbito laboral, validados para la actividad del trabajo.

Se realizará una comparación con el Decreto Supremo N° 594 “Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo”, año 2003, Ministerio de salud y con el PREXOR año 2011, División de políticas públicas saludables y promoción departamento de salud ocupacional, para evaluar si la dosis que reciben los trabajadores cumple con los parámetros definidos en la normativa indicada.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1. Antecedentes Generales.

El presente capítulo posee como principal enfoque exponer y describir la forma y uso que los trabajadores de la región metropolitana le dan al metro. A su vez se ahondara en la problemática del estudio, centrándose en las dos variables esenciales de este que son las líneas del metro de Santiago (en específico los vagones que posee cada línea) y el ruido que se genera dentro de los vagones. Se comenzará describiendo el metro de Santiago, y dando a conocer todas las líneas que este posee, a su vez se detallara las estaciones que recorre cada línea como se aprecia en el Anexo 2, también se mostrarán los vagones que posee cada línea. Luego se detallaran todas las variables que se deben conocer del ruido como tal, y para finalizar el capítulo se dará una breve correlación entre el metro de Santiago y el ruido que se provoca dentro de este, en específico al interior de sus vagones, y como este ruido puede ser a largo plazo una variable para la generación de hipoacusia.

1.1 Metro de Santiago

1.1.1 Descripción del Metro de Santiago

La Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A. tiene por objeto la realización de todas las actividades propias del servicio de transporte de pasajeros en ferrocarriles metropolitanos u otros medios eléctricos complementarios, y servicios de transporte de superficie mediante buses o vehículos de cualquier tecnología, así como las anexas a dicho giro, pudiendo con tal fin constituir o participar en sociedades y efectuar cualquier acto u operación relacionados con el objeto social. No obstante, la sociedad, en conformidad a lo dispuesto por el artículo 2° de la Ley N°18.772 año 2016, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, no podrá dar o ceder a ningún título el giro principal de transporte que se realice en las actuales vías del Metro de Santiago o en las que se construyan exclusivamente por esta sociedad. (Coorporativo, 2018)

En el caso del transporte de superficie, la sociedad podrá prestar los servicios de transporte público de pasajeros bajo un régimen de concesión de uso de vías de conformidad a la ley Nº 18.696 u otra modalidad, directamente o a través de una empresa filial o coligada, en los términos indicados en el inciso precedente. (Coorporativo, 2018)

Con la publicación de la Ley N° 20.950 año 2016, Ministerio de Hacienda, se autorizó al Estado para emitir y operar medios de pago con provisión de fondos, en los términos establecidos en la ley que autoriza la emisión de dichos medios de pago por entidades no bancarias, y la normativa dictada conforme a ella. Para el desarrollo de estas actividades, Metro S.A. deberá constituir una o más sociedades filiales o coligadas, las que se regirán por

la ley que autoriza la emisión de medios de pago con provisión de fondos por entidades no bancarias, y la normativa dictada conforme a ella. (Coorporativo, 2018).

La empresa de transporte de pasajeros Metro S.A es una sociedad anónima desde enero de 1990, cuyos accionistas al 24 de septiembre de 2017 son las corporación de Fomento de la Producción, CORFO, con 65,79% y el Fisco de Chile con 34,21%. Es la continuadora legal de la ex Dirección General de Metro del Ministerio de Obras Públicas creada en 1974 por Decreto Ley N° 257.

Debido a la gran magnitud de gente que posee la región Metropolitana, existen varios medios para movilizarse, siendo el Metro de Santiago un medio de transporte protagonista y uno de los más utilizados dentro de la Región Metropolitana. Este medio de transporte entrega una experiencia de viaje seguro y confiable, con eficiencia y sostenibilidad, contribuyendo a una mejor ciudad. (Santiago, 2018). Hoy en día el uso que se le da al metro, es principalmente para transportarse rápidamente en grandes distancias de un sitio a otro, ya sea para dirigirse al trabajo, colegio, universidad, médico o cualquier otro sitio.

Debido a la gran cantidad de usuarios que transita y utiliza diariamente el Metro de Santiago, se creó un sistema de horarios, en donde se pueden apreciar tres bloques, los cuales indican cuando existe mayor y menor cantidad de flujo de usuarios, los que se encuentran correlacionados con la tarifa. (TablaN°1-1).

Tabla N°1-1: Horarios Metro de Santiago

Bloque horarios de lunes a viernes.	**PUNTA**	**VALLE**	**BAJO**
	07:00 – 08:59 18:00 – 19:59	06:30 – 06:59 09:00 – 17:59 20:00 – 20:44	06:00 – 06:29 20:45 – 23:00

Fuente: https://www.metro.cl/tu-viaje/tarifas

Se le denomina horario punta, al horario de mayor demanda. En este bloque de horario la mayoría de las líneas que componen el metro de Santiago se ven saturadas de población y presenten bastante congestión entre los usuarios. Debido a que desde 07:00 hasta las 08:59, es donde la gente se dirige a sus trabajos, universidades, institutos, colegios, liceos entre otros sectores. Luego en el tramo de las 18:00 hasta las 19:59 la gente regresa a sus hogares, por lo cual en este horario también se genera bastante congestión. El horario valle posee tres

bloques de horarios los cuales son de 06:30 a 06:59, de 09:00 a 15:59 y de 20:00 a 20:44, si bien transita un gran flujo de población, no existe congestión, y flujo de personas disminuye en comparación al horario punta. Finalmente el horario bajo el cual posee dos bloques de horarios los cuales son de 06:00 a 06:29 y de 20:45 a 23:00, tal cual su nombre lo expresa, es en este horario donde las líneas se ven expeditas, sin congestión ni saturación de estas; Transita gente, pero es la minoría.

1.1.2 Reseña histórica del Metro de Santiago

Este medio de transporte fue inaugurado en el año 1975, el primer tren salió a la línea 1 el 15 de Mayo del año mencionado, recorriendo las estaciones entre San Pablo y Estación Central.

El primer tramo de la Línea 2 fue inaugurado el 31 de marzo del año 1978. Abarcando las estaciones de Los Héroes y Franklin, a las que el 21 de diciembre se sumaron seis más hasta Lo Ovalle.

En el año 1997 Se inaugura la Línea 5 del Paradero 14 de Vicuña Mackenna hasta Baquedano. En febrero de 1998 comenzaron los trabajos de extensión hasta Santa Ana. A su vez el primer tramo de Línea 4 se inauguró el 30 de noviembre del año 2005. En Agosto del año 2006 la Línea 4ª, se conecta a las líneas 2 y 4.

1.1.3 Misión

“Garantizar, como empresa protagonista del transporte público integrado, una experiencia de viaje segura y confiable, con eficiencia y sostenibilidad, contribuyendo a una mejor ciudad.”

1.1.4 Visión

“Ser una empresa de la que todos los ciudadanos se sientan orgullosos.”

1.1.5 Valores

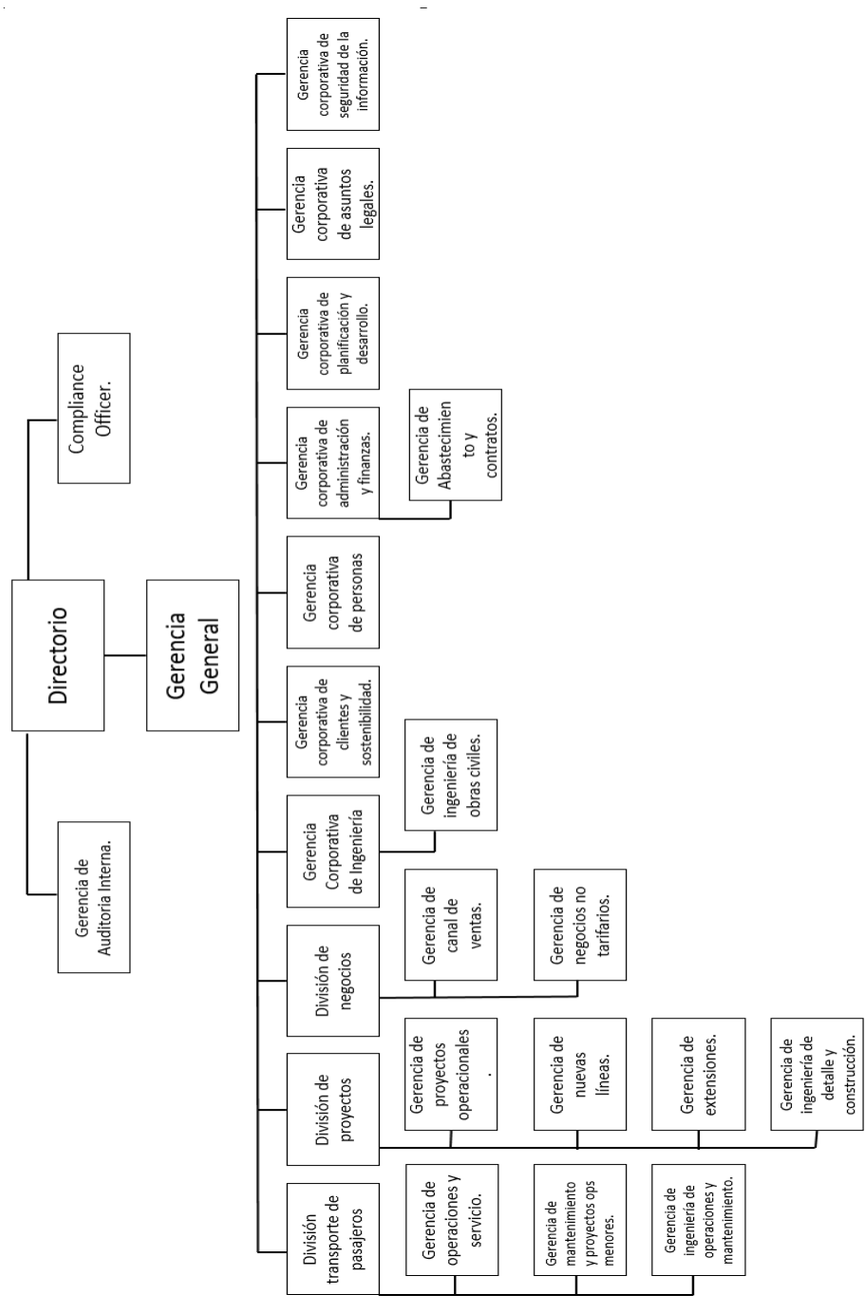
“Los valores se centran en cinco principios fundamentales y servirán para marcar las decisiones y acciones de todos quienes laboran en la empresa, son complementarios entre sí y conjugan lo que el personal de metro es y lo que aspira a ser.”

Estos valores se resumen en:

1. Orientación al cliente: Trabajamos para ser una de las mejores empresas de servicio del país.
2. Seguridad: Tu seguridad está primero.
3. Excelencia Operacional: Procesos predecibles, seguros y eficientes.
4. Colaboración: Trabajando juntos, aprendemos y avanzamos más rápido.
5. Transparencia: Orientada a todos nuestros actos.

Equipo Gerencial:

A través de un organigrama se muestran las jerarquías organizacionales desde el directorio hasta las diferentes gerencias existentes en la empresa.



Fuente: https://www.metro.cl/corporativo/estructura-organizacional

Figura N°1-1: Equipo Gerencial

1.2 Descripción Líneas Metro de Santiago.

1.2.1 Línea 1 Metro de Santiago

La línea N°1 es la primera línea construida del Metro de Santiago, se caracteriza porque está designada con color rojo. Abarca un total de 27 estaciones empezando en San Pablo y

terminando en la estación Los Domínicos, como se puede apreciar en la Figura 1-3. Recorre 20,4 kilómetros, pasando por un total de 5 comunas. Su recorrido empieza en la estación de San Pablo y termina en la estación Los Domínicos. A diferencia de otras líneas que se dedican a traer usuarios de la periferia al centro, la Línea 1 traslada a las personas dentro del mismo centro y recibe las masas de usuarios desde otras líneas para trasladarlas. La Tabla N°1-2 muestra los modelos de trenes presentes en la Línea N°1.

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/22/todo-de-la-linea-1-metro-de-santiago/#Descripci%C3%B3n

Figura: N°1-2: Estaciones línea 1, Metro de Santiago.

Tabla N° 1-2: Modelos de Trenes, Línea N°1.

Modelo de Tren.	**Cantidad de trenes.**	**Cantidad de vagones.**	**Antigüedad del Tren.**	**Cuenta con aire acondicionado de fábrica.**
Alstom NS93	12	8	23 años	NO
CAF NS2007	20	9	9 años	NO
CAF NS2012	14	9	7 años	SI

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/22/todo-de-la-linea-1-metro-de-santiago/#Descripci%C3%B3n

La Línea N°1 cuenta con tres modelos de trenes, estos son: Alstom NS93 (ver Anexo 3), CAF NS2007 (ver Anexo 3.1), y CAF NS2012 (ver Anexo 3.2); En total la Línea N°1 posee 46 trenes.

1.2.2 Línea 2 Metro de Santiago

Es la segunda línea construida de Metro de Santiago, se caracteriza porque está designada con color amarillo. Recorre desde Vespucio Norte hasta La Cisternas pasando por el centro de la ciudad, uniendo la ciudad en sentido norte-sur. Posee 22 estaciones como se puede apreciar en la Figura N°1-4. Esta Línea recorre 20,7 kilómetros. La Tabla N°1-3 muestra los modelos de trenes presentes en la Línea N°2.

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/11/todo-de-linea-2-metro-de-santiago/

Figura: N°1-3: Estaciones línea 2, Metro de Santiago.

Tabla N° 1-3: Modelos de Trenes, Línea N°2.

Modelo de Tren.	**Cantidad de trenes.**	**Cantidad de vagones.**	**Antigüedad del Tren.**	**Cuenta con aire acondicionado de fábrica.**
Alstom NS74	13	5,6 o 7.	37 a 40 años.	NO
NS2004	11	7 u 8.	13 años	NO
Alstom NS2016	1	7	7 años	SI

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/11/todo-de-linea-2-metro-de-santiago/

La Línea N°2 cuenta con tres modelos de trenes, estos son: Alstom NS74 (ver Anexo 4), NS2004 (ver Anexo 4.1), y Alstom NS2016 (ver Anexo 4.2); En total la Línea N°2 posee 25 trenes.

1.2.3 Línea 3 Metro de Santiago

Es la línea más moderna y reciente de toda la ciudad, se caracteriza porque está designada con color marrón, empezó a operar en Enero del presente año (2019). Es la segunda línea totalmente automática (ver Anexo 5). Posee 18 estaciones como se puede apreciar en la Figura N° 1-4. Esta Línea recorre 22 kilómetros, su recorrido empieza en Plaza de Quilicura y termina en Fernando. Castillo Velasco. El modelo de tren que posee es CAF NS2014. La Tabla N°1-4 muestra el modelo presente en la Línea N°3.

Fuente: https://www.metro.cl/tu-viaje/estado-red

Figura: N°1-4: Estaciones línea 3, Metro de Santiago.

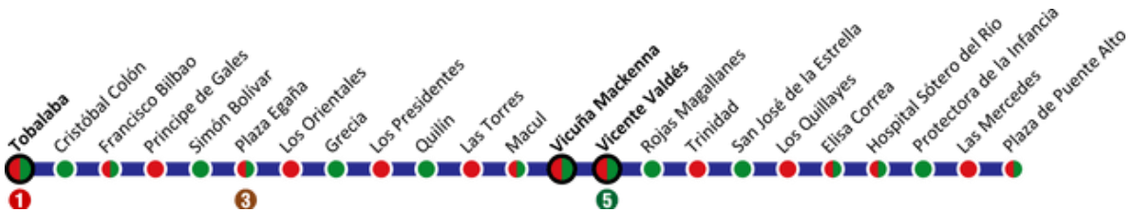
Tabla N° 1-4: Modelos de Trenes, Línea N°3.

Modelo de Tren	**Cantidad de trenes.**	**Cantidad de vagones.**	**Antigüedad del Tren.**	**Cuenta con aire acondicionado de fábrica.**
Modelo CAF NS2014	37	5	2 a 4 años	SI

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/05/todo-de-nueva-linea-6-metro-de-santiago-chile/

1.2.4 La Línea 4 Metro de Santiago

Es la cuarta línea construida del Metro de Santiago, se caracteriza porque está designada con el color azul. Recorre desde Tobalaba hasta la Plaza de Puente Alto en sentido sur-oriente a la ciudad de Santiago. Posee 23 estaciones como se puede apreciar en la Figura N°1-5. Esta línea recorre 24,7 kilómetros. La Tabla N°1-5 muestra los modelos de trenes presentes en la Línea N°4 y la Línea N°4A.



Fuente: http://administracionytransportes.cl/2018/03/16/guia-de-linea-4-metro-de-santiago/

Figura: N°1-5: Estaciones línea 4, Metro de Santiago.

Tabla N° 1-5: Modelos de Trenes, Línea N°4 y Línea N4A.

Modelo de Tren.	**Cantidad de trenes.**	**Cantidad de vagones.**	**Antigüedad del Tren.**	**Cuenta con aire acondicionado de fábrica.**
Alstom AS2002	72	3	9 a 15 años.	NO

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2018/03/16/guia-de-linea-4-metro-de-santiago/

La Línea N°4 y N°4A utilizan un solo modelo de tren el cual es Alstom AS2002 (ver Anexos 6 y 7), de este modelo existen un total de 72 trenes.

1.2.5 Línea 4A Metro de Santiago

Posee seis estaciones, en un tramo de 7,7 kilómetros. El color de la línea es el celeste.

Las estaciones que recorre son: Vicuña, Mackena, Santa Julia, La Granja, Santa Rosa, San Ramón y La cisterna. Como se menciona anteriormente la línea 4ª y 4 utilizan un solo modelo de tren el cual es Alstom AS2002, con un total de 72 trenes, los cuales se distribuyen para ser utilizados entre las dos líneas mencionadas.

Fuente: https://www.metro.cl/tu-viaje/estado-red

Figura: N°1-6: Estaciones Línea 4A, Metro de Santiago.

1.2.6 Línea 5 Metro de Santiago

Es la tercera línea construida del Metro de Santiago, se caracteriza porque está designada con color verde y fue la primera línea construida en viaducto elevado. Posee un total de 30 estaciones como se puede apreciar en la Figura N°1-6. Recorre 30 kilómetros, pasando por diez comunas. Su recorrido empieza en la Plaza de Maipú y termina en Vicente Valdés. La Tabla N°1-6 muestra los modelos de trenes presentes en la Línea N°5.

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/02/linea-5-metro-santiago/

Figura: N°1-7: Estaciones línea 5, Metro de Santiago.

Tabla N° 1-6: Modelos de Trenes, Línea N°5.

Modelo de Tren.	**Cantidad de trenes.**	**Cantidad de vagones.**	**Antigüedad del Tren.**	**Cuenta con aire acondicionado de fábrica.**

Alsthom NS74	22	7	44 años	NO
Alstom NS93	22	6 o 7.	20 años	NO

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/02/linea-5-metro-santiago/

La Línea N°5 cuenta con dos modelos de trenes, en total son 44 trenes, estos son: Alsthom NS74 (ver Anexo 8), Alstom NS93 (ver Anexo 8.1); Al modelo Alstom NS93 se le incorporó aire acondicionado y paso a tener el nombre de Alstom NS93 2071.

1.2.7 Línea 6 Metro de Santiago

Es la primera línea moderna, empezó a operar en Noviembre del año 2017.Se caracteriza porque está designada con color morado y es la primera línea 100% automática de Metro de Santiago (ver Anexo 9). Recorre desde Cerrillos hasta Providencia como se puede apreciar en la Figura N°1-7. Esta línea avanza de forma paralela a Línea 1, generando una alternativa de viaje expedita y cómoda que la descongestiona. El modelo de tren que posee es CAF NS2014. La Tabla N°1-7 muestra los modelos de trenes presentes en la Línea N°6.

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/05/todo-de-nueva-linea-6-metro-de-santiago-chile/

Figura: N°1-8: Estaciones línea 6, Metro de Santiago.

Tabla N° 1-7: Modelos de Trenes, Línea N°6.

Modelo de Tren	**Cantidad de trenes.**	**Cantidad de vagones.**	**Antigüedad del Tren.**	**Cuenta con aire acondicionado de fábrica.**

Modelo CAF NS2014	37	5	2 a 4 años	SI

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/05/todo-de-nueva-linea-6-metro-de-santiago-chile/

1.3 Flujo de usuarios en las líneas del Metro de Santiago

En la tabla Nº1-8 se presenta el total de usuarios que utilizan mensualmente cada línea; Dentro de este total están considerados los pasajeros comunes y escolares. Se entiende por pasajero común todo usuario que no es escolar ni persona de la tercera edad. En la categoría escolar, se tienen los escolares pagados, donde también son considerados los adultos mayores y escolares básicos, que son los que no deben cancelar su pasaje.

Tabla N°1-8: Estadística mensual de pasajeros transportados en Metro de Santiago, Año2018.

Año 2018/ Mes	**Total Red**	**Línea 1**	**Línea 2**	**Línea 4**	**Línea 4ª**	**Línea 5**	**Línea 6**
Enero	53.259.808	20.717.399	8.920.389	8.947.832	1.494.346	10.617.879	2.561.963
Febrero	44.018.980	16.975.863	7.491.453	7.337.445	1.247.602	8.788.621	2.177.996
Marzo	61.856.577	23.944.556	10.432.808	10.254.113	1.691.859	12.371.615	3.161.626
Abril	63.938.728	24.881.228	10.719.865	10.473.506	1.755.530	12.745.680	3.362.919
Mayo	64.357.176	24.935.394	10.749.918	10.604.450	1.773.289	12.879.749	3.414.376
Junio	62.334.844	24.137.508	10.370.264	10.284.321	1.724.082	12.458.452	3.360.217
Julio	57.652.027	22.259.341	9.617.318	9.519.664	1.606.433	11.479.136	3.170.135
Agosto	66.671.235	25.866.148	11.089.680	10.911.636	1.825.472	13.268.270	3.710.029
Septiembre	55.538.676	20.964.907	9.581.557	9.151.404	1.559.304	11.097.417	3.184.087
Octubre	68.241.964	26.361.528	11.462.584	11.149.991	1.875.000	13.511.022	3.881.839
Noviembre	62.652.538	24.036.332	10.608.934	10.280.427	1.723.543	12.376.776	3.626.526
Diciembre	60.484.759	22.992.216	10.205.390	10.020.485	1.692.915	12.073.582	3.500.171

Fuente: https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/transporte-y-comunicaciones

Tabla N°1-9: Estadística anual de pasajeros transportados en Metro de Santiago, Año2018.

Línea 1	Línea 2	Línea 4	Línea 4A	Línea 5	Línea 6
278.072.420	121.250.160	118.935.274	19.969.375	143.668.199	39.111.884

Fuente: https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/transporte-y-comunicaciones

En relación a las tablas Nº1-8 y Nº1-9, se desprende que las dos líneas con mayor flujo de gente mensual y anualmente serían la línea N° 1 y la línea N°5, por lo cual estas serán las líneas en donde se efectuarán las mediciones, por ser las que transportan mayor cantidad de personas.

Se puede apreciar en la primera columna de la Tabla Nº 1-10, la cantidad total de pasajeros que utilizaron la Línea Nº1 en el año 2018, este total equivale a 278.072.420 pasajeros, donde 203.653.535 eran pasajeros comunes y 74.418.885 corresponde a los escolares (Pagados y gratuitos).

Tabla Nº1-10: Cantidad total de pasajeros que utilizaron la Línea Nº1, Año 2018.

Total Línea 1	Pasajeros comunes	Escolares Total	Escolares Pagados	Escolares Básicos (Gratuitos)
278.072.420	203.653.535	74.418.885	68.821.033	5.597.852

Fuente: https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/transporte-y-comunicaciones

Se puede apreciar en la primera columna de la Tabla Nº 1-11, la cantidad total de pasajeros que utilizaron la Línea Nº5 en el año 2018, este total equivale a 143.668.199 pasajeros, donde 101.078.283 eran pasajeros comunes y 42.589.916 corresponde a los escolares (Pagados y gratuitos).

Tabla Nº1-11: Cantidad total de pasajeros que utilizaron la Línea Nº5, Año 2018.

Total Línea 5	Pasajeros comunes	Escolares Total	Escolares Pagados	Escolares Básicos (Gratuitos)
143.668.199	101.078.283	42.589.916	38.630.853	3.959.063

Fuente: https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/transporte-y-comunicaciones

1.4 Marco Teórico.

1.4.1 Ruido

El ruido es un sonido molesto, que produce daño o que interfiere en la transmisión, percepción o interpretación de un sonido útil. (Minsal, 2012).

1.4.2 Sonido

Perturbación y/o vibración física de las partículas que se propagan en un medio elástico (aire, sólido, líquido) produciendo variaciones de presión que pueden ser percibidas por el oído humano o detectadas mediante instrumentos. (Minsal, 2012).

A su vez se define el sonido como una sensación en el órgano del oído, producida por el movimiento ondulatorio en un medio elástico, debido a cambios rápidos de presión, generado por el movimiento vibratorio de un cuerpo sonoro, este se propaga como una onda.

Por ello, deben existir dos factores para que exista el sonido:

- Una fuente de vibración mecánica.
- Un medio elástico a través del cual se propague la perturbación.

Desde un punto de vista físico, el sonido es una onda, por lo que comparte todas las propiedades características del movimiento ondulatorio, y puede ser descrito utilizando la terminología propia de la mecánica ondulatoria.

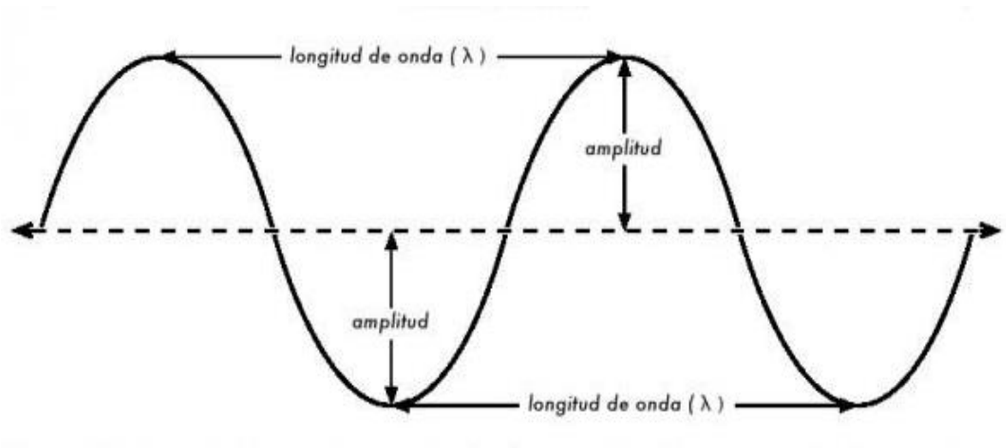
1.4.3 Onda

Propagación de una perturbación, a través de algún medio; Las ondas producen movimientos periódicos y continuos, a raíz de esto genera la vibraciones de las partículas en el cuerpo. Las ondas propagan energía no materia. La principal característica de la onda es que transmite energía.

Variables de una onda: Amplitud, frecuencia y longitud de onda

1. Amplitud: Es la máxima distancia o elongación de la onda calculada verticalmente. También puede definirse como el desplazamiento de la onda desde el punto de equilibrio hasta el valle. El valle de una onda se define como la parte más baja de una onda en relación a la posición de equilibrio de la misma.

2. Frecuencia: Cantidad de ondas que se sobrevienen en una unidad de tiempo específica, donde dichas ondas avanzan una distancia igual a l (Hz=ciclos/s). Es decir, es la repetición de ondas en un tiempo determinado.
3. Longitud de Onda: Distancia que existe entre dos valles. La longitud de una onda también se define como la distancia mínima existente entre dos partículas vibrantes que tengan el mismo tamaño y la misma distancia en todo momento.



Fuente: Física para ciencias e ingenería, Voalumen I, John W. Jewett Jr; Raymond A. Serway (2004)

Figura: N°1-9 Variables de una onda.

- Potencia Sonora: La potencia sonora denominada como P (W) es la cantidad de energía por unidad de tiempo que radia una fuente sonora, y es independiente del entorno.
- Presión Sonora: La presión sonora es definida como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido (que es fluctuante) y la presión atmosférica estándar (presión del aire ambiental en ausencia de sonido, cuyo valor es de 101325 Pa). La presión sonora es un escalar, siendo una consecuencia de la potencia sonora y del entorno de la fuente.
- Intensidad Sonora: La intensidad sonora, se define con la letra "I" (W/m2), es el flujo de energía promediado en el tiempo por unidad de área, por lo que puede definirse como la potencia sonora por unidad de superficie. (Merwe, 1992)
- Intensidad relativa: Es la percepción que el oído le da a algún determinado sonido, acústicamente hablando la intensidad relativa es la relación entra la intensidad sonora absoluta al momento de la medición y el umbral de audición, que sería la intensidad mínima audible por un ser humano (Io). Ecuación N°1-1.

Ecuación N°1-1: Intensidad relativa.

$$Intensidad\ relativa = 10\ \times log\left[\frac{I}{Io}\right]$$

$$Io = 10^{-12}\left[\frac{W}{m^2}\right]$$

Fuente: Física para ciencias e ingenería, Voalumen I, John W. Jewett Jr; Raymond A. Serway (2004).

1.5 Relación entre el ruido y el Metro de Santiago

La pérdida de audición inducida por el ruido no es solo el resultado de la exposición ocupacional al ruido, sino también de la exposición diaria total al ruido, en efecto es importante tomar en cuenta la exposición no ocupacional de las personas al momento de determinar los factores que influyen en la pérdida de audición. El tránsito masivo es uno de los principales contribuyentes a la exposición al ruido no ocupacional. (Tabacchi M, 2011). Viajar en transporte público puede significar un mayor riesgo de pérdida de audición inducida por ruido. (ASHA, 2018).

CAPÍTULO 2: MARCO LEGAL

2. Marco legal.

El presente capítulo dará a conocer, el marco legal que le atañe al trabajo de título, este estará compuesto por los siguientes puntos:

- Constitución Política de la República de Chile, año 1980, Ministerio del Interior.
- Código del trabajo, año 2003, Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría del Trabajo.
- Ley N°16.744 "Establece Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales", año 2015, Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- Decreto Supremo N° 594 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo", año 2003, Ministerio de salud.
- Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo, "Protocolo de exposición ocupacional a ruido (PREXOR)", año 2011, División de políticas públicas saludables y promoción departamento de salud ocupacional.
- Instructivo para la aplicación del D.S N°594/99 del MINSAL, título IV, párrafo 2° Agentes Físicos- Ruido.

A su vez se describirá de manera efímera el marco legal que le atañe directamente al Metro de Santiago, el lugar en donde se llevó a cabo la medición del estudio; Este estará compuesto por los siguientes puntos:

- Constitución de Metro, año 1990.
- Ley N° 20.950. Autoriza emisión y operación de medios de pago con provisión de fondo por entidades no bancarias, año 2016.
- Decreto con Fuerza de Ley N°1. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley Orgánica de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, año 1993.
- Ley N° 18.772. Establece normas para transformar la Dirección General de Metro en S.A, año 1989.
- Decreto Ley N°257. Crea la Dirección General del Metro, año 1974.
- Decreto N° 910. Aprueba reglamento para el transporte y tránsito de personas en Red de Metro, año 1975.

2.1 Constitución Política de la República de Chile, año 1980, Ministerio del Interior.

Art. N°1. "El Estado está al servicio de la persona humana y su finalidad es promover el bien común, para lo cual debe contribuir a crear las condiciones sociales que permitan a todos y a cada uno de los integrantes de la comunidad nacional su mayor realización espiritual y material posible, con pleno respeto a los derechos y garantías que esta Constitución establece. Es deber del Estado resguardar la seguridad nacional, dar protección a la población y a la familia, propender al fortalecimiento de ésta, promover la integración armónica de todos los sectores de la Nación y asegurar el derecho de las personas a participar con igualdad de oportunidades en la vida nacional."

2.2 Código del Trabajo, año 2003, Ministerio del Trabajo y Previsión Social; Subsecretaría del Trabajo.

El código del trabajo posee como principal enfoque regular la relación laboral existente entre los empleadores y trabajadores, en donde no deben existir actos de discriminación. El presente código a través de su contenido estipulará los derechos y obligaciones que los empleadores deberán cumplir para otorgarle un espacio de trabajo óptimo a sus trabajadores, libre de riesgos, y de esta forma a estos en su vida cotidiana.

Título I, Normas generales.

Art. 184. "El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.

Deberá asimismo prestar o garantizar los elementos necesarios para que los trabajadores en caso de accidentes o emergencia puedan acceder a una oportuna y adecuada atención médica, hospitalaria y farmacéutica."

- Informar sobre los respectivos riesgos asociados tanto al lugar de trabajo en donde se desempeña el trabajador, como también sobre la propia actividad que realiza este.
- Mantener las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas.
- Efectuar todas las medidas y acciones que sean necesarias para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.

- Otorgar todos los medios o elementos que sean necesarios para que los trabajadores en caso de ocurrir un accidente o alguna emergencia puedan acceder de la manera más rápida y eficaz a una adecuada atención médica, hospitalaria y farmacéutica.

2.3 Ley N°16.744 "Establece Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales", año 2015, Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

La Ley N° 16.744 establece Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Laborales y declara obligatorio en Seguro Social contra Riesgos del Trabajo y Enfermedades Profesionales.

Art. N°1. "Declárese obligatorio el seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, en la forma y condiciones establecidas en la presente ley."

La ley tiene como finalidad prevenir y evitar la generación tanta de accidentes del trabajo como enfermedades profesionales. Este seguro protege a los trabajadores por cuenta ajena, funcionarios públicos, municipales, estudiantes, trabajadores independientes, entre otros.

Art. N°7. "Es enfermedad profesional la causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte. El reglamento enumerará las enfermedades que deberán considerarse como profesionales. Esta enumeración deberá revisarse, por lo menos, cada tres años.

Con todo, los afiliados podrán acreditar ante el respectivo organismo administrador el carácter profesional de alguna enfermedad que no estuviere enumerada en la lista a que se refiere el inciso anterior y que hubiesen contraído como consecuencia directa de la profesión o del trabajo realizado. La resolución que al respecto dicte el organismo administrador será consultada ante la Superintendencia de Seguridad Social, la que deberá decidir dentro del plazo de tres meses con informe del Servicio Nacional de Salud."

Con respecto a la generación de hipoacusia, esta es una enfermedad profesional la cual se puede presentar en diferentes rubros, y diversas áreas de trabajo. Si bien la definición de enfermedad profesional nos dice que esta debe ser causada de manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona, no se observa ni se tiene presente el ruido que pueden recibir los trabajadores en el trayecto directo de la casa al lugar de trabajo y viceversa. El ruido que se recibe en el trayecto influye en la dosis que podrá recibir en la jornada laboral.

Art.29 El seguro otorga Prestaciones médicas, económicas y preventivas. En cuanto a las prestaciones médicas estas son totalmente gratuitas, se le otorgarán al trabajador mientras

este padezca de secuelas ocasionadas por el accidente o enfermedad profesional. Dentro de las prestaciones médicas se tiene:

a) Atención médica, quirúrgica y dental en establecimientos externos o domicilio;
b) Hospitalización si fuere necesario, a juicio del facultativo tratante;
c) Medicamentos y productos farmacéuticos;
d) Prótesis y aparatos ortopédicos y su reparación;
e) Rehabilitación física y reeducación profesional, y
f) Los gastos de traslado y cualquier otro que sea necesario para el otorgamiento de estas prestaciones.

2.4 Decreto Supremo N° 594 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo", año 2003, Ministerio de salud.

El presente reglamento establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberán cumplir todo lugar de trabajo, así mismo establece los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y agentes físicos, y aquellos límites de tolerancia biológica para trabajadores expuestos a riesgo ocupacional.

En el párrafo III, "De los agentes físicos", se encuentran los artículos asociados a ruido. Dentro de la exposición laboral a ruido se pueden distinguir 3 tipos, los cuales son:

Ruido estable: Este tipo de ruido se caracteriza por presentar oscilaciones del nivel de presión sonora instantáneo inferiores o iguales a 5 dB(A), durante un período de 1 minuto.

Ruido fluctuante: Este tipo de ruido se caracteriza por presentar oscilaciones del nivel de presión sonora instantáneo superiores a 5 dB(A) lento, durante un período de 1 minuto.

Ruido impulsivo: Este tipo de ruido se caracteriza por presentar impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo.

Para efectuar la medición de estos tipos de ruidos se podrán utilizar el sonómetro integrador o el dosímetro.

Art. 73. "En la exposición a ruido estable o fluctuante se deberá medir el nivel de presión sonora continuo equivalente (NPSeq o Leq), el que se expresará en decibeles ponderados "A", con respuesta lenta, es decir, dB (A) lento."

Al realizar las mediciones de los ruidos estables o fluctuantes, se deberá medir el nivel de presión sonora continuo equivalente, el cual se expresará en decibeles ponderados "A", con respuesta lenta.

Un trabajador no podrá estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente superior a 85 dB(A) lento, en una jornada de 8 horas diarias, esto en relación al ruido estable o fluctuante.

Art. 75: “Niveles de presión sonora continua equivalentes, diferentes a 85 dB (A) lento, se permitirán siempre que el tiempo de exposición a ruido del trabajador no exceda los valores indicados en la siguiente tabla N°2-1”:

Tabla N°2-1: Niveles de presión sonora continúa equivalentes, diferentes a 85 dB (A) lento.

NPSeq [dB (A) lento]	**Tiempo de exposición por día**		
	Horas	Minutos	Segundos
80	24,00		
81	20,16		
82	16,00		
83	12,70		
84	10,08		
85	8,00		
86	6,35		
87	5,04		
88	4,00		
89	3,17		
90	2,52		
91	2,00		
92	1,59		
93	1,26		
94	1,00		
95		47,40	
96		37,80	
97		30,00	
98		23,80	
99		18,90	
100		15,00	
101		11,90	
102		9,40	
103		7,50	
104		5,90	

105		4,70	
106		3,75	
107		2,97	
108		2,36	
		1,88	
109		1,49	
110		1,18	
111			56,40
112			44,64
113			35,43
114			29,12
115			

Fuente: https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=167766

Estos valores se entenderán para trabajadores expuestos sin protección auditiva personal.

Art 76. “Cuando la exposición diaria a ruido está compuesta de dos o más períodos de exposición a diferentes niveles de presión sonora continuos equivalentes, deberá considerarse el efecto combinado de aquellos períodos cuyos nivel de presión sonora continuos equivalentes sean iguales o superiores a 80 dB(A) lento.” Por ningún motivo un trabajador que no esté ocupando su protección auditiva personal, podrá estar expuesto a más de 115 dB(A) lento.

Hay dos factores fundamentales para realizar el cálculo de dosis de ruido diaria el primero es el tiempo de exposición y el segundo es el nivel de presión sonora al que está expuesto el trabajador. El valor de una dosis que recibe el trabajador se establece para una exposición a 8 horas a 85 dB(A).

Al aumentar los decibeles, disminuye el tiempo de exposición, por lo cual la dosis que recibe el trabajador en una jornada laboral de 8 horas, la podría estar recibiendo en 4 horas, por lo cual manteniendo su jornada laboral, estaría recibiendo 2 dosis al día.

Es fundamental que el empleador tenga presente la dosis de ruido a la cual está expuesto su trabajador a lo largo de la jornada laboral, de igual forma debe estar al tanto si el ruido que recibe el trabajador es estable, fluctuante o impulsivo.

Art. 79. “La exposición ocupacional a ruido impulsivo deberá ser controlada de modo que para una jornada de 8 horas diarias ningún trabajador podrá estar expuesto a un nivel de presión sonora peak superior a 95 dB © Peak, medidos en la posición del oído del trabajador.”

En cuanto al ruido impulsivo se mide la presión sonora peak, expresado en decibeles ponderados “C”, es decir, dB© Peak. Ningún trabajador podrá estar expuesto a un nivel de presión sonora peak superior a 95 dB © peak, en una jornada laboral de 8 horas.

Art 80. “Niveles de presión sonora peak diferentes a 95 dB © peak, se permitirán siempre que el tiempo de exposición a ruido del trabajador no exceda los valores indicados en la siguiente tabla N°2-2”:

Tabla N°2-2: Niveles de presión sonora peak diferentes a 95 dB (C) Peak.

NPSpeak [dB ©]	**Tiempo de exposición por día**		
	Horas	Minutos	Segundos
90	24,00		
91	20,16		
92	16,00		
93	12,70		
94	10,08		
95	8,00		
96	6,35		
97	5,04		
98	4,00		
99	3,17		
100	2,52		
101	2,00		
102	1,59		
103	1,26		
104	1,00		
105		47,40	
106		37,80	
107		30,00	
108		23,80	
109		18,90	
110			

111		15,00	
112		11,90	
113		9,40	
114		7,50	
115		5,90	
116		4,70	
117		3,75	
118		2,97	
119		2,36	
120		1,88	
121		1,49	
122		1,18	
123			56,25
124			44,65
125			35,44
126			28,13
127			22,32
128			17,72
129			14,06
130			11,16
131			8,86
132			7,03
133			5,58
134			4,43
135			3,52
136			2,79
137			1,76
138			1,40
139			1,11
140			1,00

Fuente: https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=167766

Estos valores se entenderán para trabajadores expuestos sin protección auditiva personal.

Art 82. “El nivel de presión sonora efectiva es la diferencia entre el nivel de presión sonora continua equivalente o el nivel de presión sonora peak, según se trate de ruido estable,

fluctuante, o impulsivo respectivamente, y la reducción de ruido que otorgará el protector auditivo.”

2.5 Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo, “Protocolo de exposición ocupacional a ruido (PREXOR)”, año 2011, División de políticas públicas saludables y promoción departamento de salud ocupacional.

La seguridad y salud de los trabajadores hoy en día toma un papel protagónico, es por esto que ha incrementado la preocupación por prevenir y vigilar las enfermedades que son derivadas o se pudieran agravar por efectos de los agentes de riesgo del trabajo.

Dentro de las enfermedades profesionales la hipoacusia causada por exposición a ruido laboral, presenta una alta prevalencia, con un gran incremento de trabajadores que la padecen en el último tiempo.

El protocolo entrega información para elaborar, aplicar y controlar los programas de vigilancia de la salud de los trabajadores que se encuentren expuestos ocupacionalmente a ruido y que debido a esto puedan desarrollar una Hipoacusia Sensorioneural Laboral, sin discriminar ningún rubro y/o actividad laboral.

El principal motivo para la aplicación de este protocolo es lograr que cada vez más trabajadores estén bajo control, y así evitar el deterioro de la salud de estos. A su vez detectar tempranamente a los trabajadores que presenten problemas de audición debido a la exposición ocupacional y poder tomar a tiempo las medidas preventivas que sean necesarias para que el deterioro de la audición no siga incrementando, ya que esta pérdida auditiva no solo afecta al trabajador en su entorno laboral, sino que lo afecta directamente la calidad de vida, ya que la pérdida de audición es totalmente irreversible.

Al detectar que el trabajador presenta pérdida auditiva se debe intervenir el puesto de trabajo, realizar rehabilitación y reeducación profesional.

PREXOR contempla el Artículo N°67 del Código Sanitario. Título Tercero “De la higiene y seguridad del ambiente y lugares de trabajo”

Art. 67. “Corresponde al servicio nacional de salud velar por que se eliminen o controlen todos los factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes en conformidad a las disposiciones del presente código y sus reglamentos.”

Etapas del programa

- Identificación de los riesgos.
- Evaluación inicial.

Al obtener los resultados de la evaluación inicial, se deben comparar con los siguientes criterios de acción:

- Dosis de Acción 0,5 ó 50%: Este valor corresponde a la mitad de la dosis de ruido máxima permitida por la normativa legal vigente.
- Nivel de Acción 82 dB (A): Este valor es equivalente a una Dosis de Ruido de 0,5 ó 50%, para un tiempo efectivo de exposición diario de 8 horas.
- En el caso de que los resultados de la exposición ocupacional a ruido se encuentran por debajo del Criterio de Acción señalado, la persona que evaluó deberá verificar que las condiciones ambientales evaluadas se mantengan a través de chequeos periódicos que no excedan los 3 años.

2.6"Instructivo para la aplicación del D.S N°594/99 del MINSAL, título IV, párrafo 2° Agentes Físicos- Ruido."

El instructivo establece la metodología para determinar la exposición a ruido de los trabajadores en los lugares de trabajo y evaluar el cumplimiento del Decreto Supremo 594/99 del MINSAL.

Para realizar la medición, y determinar a cuanto ruido está expuesto un trabajador, se debe considerar variados factores, estos se irán modificando de acuerdo al puesto de trabajo que se quiera medir, es por esto mismo que nace la necesidad de estandarizar los procedimientos de muestreo, a raíz de lo anterior nace el presente procedimiento, para que pueda ser aplicado en cualquier rubro y actividad productiva.

Para la aplicación del instructivo se debe tener en claro los siguientes conceptos:

Decibel: Unidad de tipo adimensional, que se obtiene calculando el logaritmo (de baso 10) de una relación entre dos magnitudes similares, en este caso, dos presiones sonoras.

Dosis: Energía sonora total que una persona recibe durante su jornada de trabajo diaria.

Jornada Efectiva: Tiempo diario, durante el cual el trabajador esta efectivamente expuesto a condiciones de ruido cuyos niveles de presión sonora continuo equivalente sean superiores a 80 dB(A).

Nivel de Presión Sonora (NPS o SPL): Se expresa en decibeles (dB) y se define por la siguiente relación matemática:

$$\mathrm{NPS} = 20\ \mathrm{Log}\left(\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Po}}\right)$$

Donde:

- P: Valor eficaz de la presión sonora medida.
- Po: Valor eficaz de la presión sonora de referencia.

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente Ponderado A (NPSeq): Nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPS min): Es el mínimo nivel de presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

Nivel de presión sonora Peak (NPS peak): Nivel de presión sonora instantánea máxima durante un intervalo de tiempo establecido. No debe confundirse con NPS máx, ya que éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un período dado.

Instrumentación

Las mediciones de niveles de ruido continuo equivalente, se efectuarán con un sonómetro integrador promediador, que cumpla como mínimo con las exigencias señaladas para un instrumento Tipo 2, establecidas en las normas IEC 651–1979, IEC 804–1985, IEC 60651, IEC 60804, IEC 61672 o la que la reemplace.

Los dosímetros que se utilicen para determinar la Dosis de Ruido deberán cumplir con la norma IEC 61252, o la que la reemplace.

Procedimiento de medición:

- Verificación de las Baterías. Se deberán verificar las baterías o pilas de los instrumentos, previamente antes de cada calibración.
- Calibración en Terreno del Instrumento. El instrumento de medición siempre deberá ser calibrado en terreno antes de iniciar la medición, de acuerdo a las instrucciones entregadas por el fabricante. Cuando los resultados de la calibración inicial en terreno y de la verificación final difieran entre sí en más de 1 dB, se deberá descartar la medición realizada, debiéndose registrar los resultados obtenidos. Si esta situación se observa en más de una oportunidad se recomienda el envío del instrumento al servicio técnico correspondiente.

El instrumento de medición utilizado, ya sea sonómetro o dosímetro, deberá contar con su respectivo calibrador acústico, específico para cada marca y modelo, el cual cumpla con la exigencias señaladas en las normas IEC 942, IEC 60942, para clase 2 o superior, o la que la reemplace.

2.7 Constitución de Metro, año 1990.

La constitución del Metro, se basa en los siguientes 4 puntos:

- Escritura pública de constitución Metro S.A.
- Inscripción social en Registro de Comercio.
- Publicación en Diario Oficial.
- Estatutos actualizados de Metro S.A.

2.7.1 Ley N° 20.950. Autoriza emisión y operación de medios de pago con provisión de fondo por entidades no bancarias, año 2016.

Art. 1 “La presente ley tiene por objeto autorizar la emisión y operación de medios de pago con provisión de fondos o cualquier otro sistema similar por parte de empresas no bancarias, en la medida que dichos sistemas importen que el emisor u operador contraiga habitualmente obligaciones de dinero para con el público en general o ciertos sectores o grupos específicos de él. Para efectos de esta ley, se entenderá por empresa no bancaria a los emisores u operadores distintos de las empresas bancarias, sus filiales o empresas de apoyo al giro.”

2.7.2 Decreto con Fuerza de Ley N°1. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley Orgánica de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, año 1993.

Art 1. “La Empresa de los Ferrocarriles del Estado es una persona jurídica de derecho público, constituye una empresa autónoma del Estado, dotada de patrimonio propio, con domicilio en la ciudad de Santiago y se relacionará con el Gobierno a través del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.”

Art 2. “La Empresa de los Ferrocarriles del Estado tendrá por objeto establecer, desarrollar, impulsar, mantener y explotar servicios de transporte de pasajeros y carga a realizarse por medio de vías férreas o sistemas similares y servicios de transporte complementarios. Asimismo, podrá explotar comercialmente los bienes de que es dueña. La participación de terceros, en las sociedades que forme la Empresa para el cumplimiento de sus fines y el otorgamiento de concesiones, deberán realizarse mediante licitación pública, en cuyas bases se establecerán clara y precisamente los elementos de la esencia del pacto Biblioteca del Congreso Nacional de Chile – www.leychile.cl – documento generado el 14-Ene-2015 social o del contrato de concesión.”

Art 3.“La Empresa suministrará al Gobierno todos los datos e informes estadísticos relativos a la explotación y administración que puedan requerirse para el constante estudio de la política ferroviaria y de transporte.”

2.7.3 Ley N° 18.772. Establece normas para transformar la Dirección General de Metro en S.A, año 1974.

Establece normas para transformar la dirección general de metro en sociedad anónima. La junta de gobierno de la república de chile ha dado aprobación al siguiente proyecto de ley

Art 1.”Autorizase al Estado para desarrollar actividades empresariales de servicio público de transporte de pasajeros, mediante ferrocarriles metropolitanos urbanos y suburbanos u otros medios eléctricos complementarios, mediante buses o taxibuses, de cualquier tecnología, que presten servicios de transporte público de pasajeros en superficie, y servicios anexos.

Autorizase también al Estado para emitir y operar medios de pago con provisión de fondos, en los términos establecidos en la ley que autoriza la emisión de dichos medios de pago por entidades no bancarias, y la normativa dictada conforme a ella.”

2.7.4 Decreto Ley N°257. Crea la Dirección General del Metro, año 1974.

1.- La realización de una obra pública como el Metro, sus estudios de aprovechamiento óptimo y sus obras complementarias son de primordial importancia para el Gobierno, por el beneficio, seguridad y capacidad que representa para la colectividad la puesta en funcionamiento de una solución de transporte rápido y masivo de personas.

2.- Se requiere de dar la celeridad necesaria a la ejecución de los proyectos que permita poner en funcionamiento dicho medio de transporte masivo y su red complementaria de

alimentación de las líneas y distribución de pasajeros en las fechas más próximas, se requiere en forma ineludible que un servicio con atribuciones suficientes tenga a su cargo en forma directa la realización de dichas obras y su puesta en marcha.

En mérito de lo anteriormente expuesto el Gobierno ha resuelto crear una Dirección General, dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, para que tome a su cargo la total realización de esta obra y de las accesorias y complementarias a ella y estudie su más adecuado funcionamiento.

2.7.5 N° 910. Aprueba reglamento para el transporte y tránsito de personas en Red de Metro, año 1975.

Art 4. “Toda persona tiene derecho a usar el servicio de Metro en condiciones cómodas y seguras, pero también tiene la obligación de respetar las normas e instrucciones que regulan su tránsito, tráfico y transporte y no adoptar actitudes que perjudiquen el buen servicio, molesten o pongan en riesgo a terceros.”

Art. 5 “Los inspectores de Líneas, de Terminal y de Estación, los Conductores de Coches, los Boleteros, el Personal Técnico y el de Vigilancia, Agentes de Estación y demás empleados de la Dirección General de Metro, designados con la calidad de Agente de Metro por esa Dirección General, son las personas especialmente encargadas dentro de los recintos del Metro de conservar el orden, velar por la seguridad del tráfico y buen servicio de Metro y de controlar el estricto cumplimiento del presente Reglamento y demás normas legales o reglamentarias que rigen dicho servicio de transporte.

El personal de Carabineros uniformado tendrá libre acceso a los recintos de las estaciones de Metro y al transporte en los coches de éste. Los Agentes de Estación y demás personal encargado otorgarán las facilidades que el caso requiera a fin de que Carabineros ejerza sus funciones de vigilancia y mantenimiento de la seguridad y orden públicos en dichas dependencias, como asimismo respecto del cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento.”

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DEL RUIDO EN METRO DE SANTIAGO.

3.1 Materiales y Métodos

Para llevar a cabo la medición en las líneas seleccionadas del Metro de Santiago se ocuparan dos instrumentos, estos son Sonómetro y Dosímetro. Estos serán facilitados por la Universidad Federico Santa María.

En la Tabla N°1.6 se puede apreciar los datos de los instrumentos que se utilizaran para realizar la medición de ruido al interior de los vagones, tanto de la Línea N°1 y N°5.

Tabla N°3-1: Datos técnicos Sonómetro y Dosímetro.

	Dosímetro	**Sonómetro**
Marca	3M	3M
N° de Serie	ESL060124	BHM030003
Creado en	U.S.A	U.S.A
Modelo	Eg5 DOSIMETER QUEST TECHNOLOGIES	SOUNDPRO SE/DL

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos proporcionados por la etiqueta de ambos instrumentos.

3.1.1 Materiales

Sonómetro

Fuente: Laboratorio de Higiene Industrial UTFSM.

Figura: N°3-1: Sonómetro.

Dosímetro

Fuente: Fuente: Laboratorio de Higiene Industrial UTFSM.

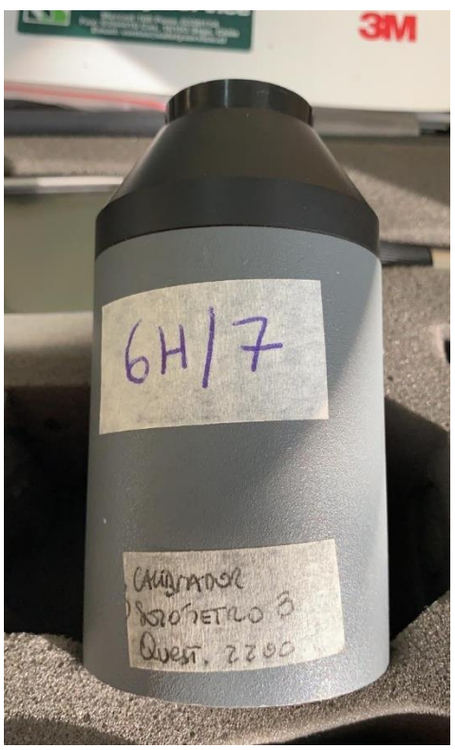
Figura: N°3-2: Dosímetro.

Cargador de Dosímetro.

Fuente: Laboratorio de Higiene Industrial UTFSM.

Figura: N°3-3: Cargador Dosímetro.

Calibrador



Fuente: Laboratorio de Higiene Industrial UTFSM.

Figura: N°3-4: Calibrador.

3.2 Método

Lo primero que se realizó fue tener acceso a los instrumentos Sonómetro y Dosímetro para realizar la medición de ruido, estos fueron otorgados por la Universidad Federico Santa María. A continuación las mediciones se realizaron el día 11 de Abril año 2019 en el metro ubicado en la Región Metropolitana, estas mediciones se llevaron a cabo en las líneas N° 1 y N° 5.

El primer lugar donde se llevó a cabo la medición, fue la Línea N°1. Se calibraron ambos equipos Sonómetro y Dosímetro antes de ingresar al tren, una vez realizada la calibración se ingresó al tren comenzando en la estación de San pablo y culminando la medición en la estación de Los Domínicos. La ubicación para realizar la medición fue sentado, cercano a la puerta de acceso/Salida y cerca del parlante.

Luego se realizó la medición en la Línea N°5, antes de ingresar al tren se volvieron a calibrar ambos equipos de medición, una vez lista la calibración, se ingresó al tren, comenzado la medición en la estación Vicente Valdez y terminando esta en Plaza de Maipú. La ubicación para realizar la medición fue sentada, cercano al parlante y a la ventana, la cual iba abierta, producto de que el tren no poseía aire acondicionado.

Con el Sonómetro se midió el ruido ambiental presente al interior del tren, y con el Dosímetro se obtuvo la dosis a la cual está expuesto un usuario en un viaje promedio en el Metro de Santiago.

3.3 Resultados

3.3.1 Línea N°1 (vagón nuevo)

La primera medición se realizó en la línea N° 1 del metro de Santiago, de la Región Metropolitana, esta línea comienza su recorrido en la estación de San pablo y culmina en los Domínicos; Esta medición fue realizada el día jueves 11 de Abril, iniciando la medición a las 10:30 am y culminando a las 11:15 am, en total la medición tuvo una duración de 45 minutos. La medición fue realizada cerca de la puerta del vagón, sentado, y se ocupó un Dosímetro y un Sonómetro integrador. La medición se realizó en el tren CAF NS2012, siendo este el más nuevo de la línea 1, con una antigüedad que bordea los 7 años.

En las Tablas N°3-1 y N°3-2 se pueden apreciar los valores obtenidos al interior del vagón en un viaje de 45 minutos.

Tabla N°3-2: Valores obtenidos a través del instrumento Dosímetro en Línea N°1.

Lasmx	93,1 dB
Lavg	**76,4 dB**
Dose	0,840%
Ltwa	64, 3 dB

Fuente: Elaboración propia, en base a las mediciones obtenidas a través del instrumento Dosímetro.

Tabla N° 3-3: Valores obtenidos a través del instrumento Sonómetro en Línea N°1.

Laseq	**77,2 dB**
NPSeqmax	90 dB

Fuente: Elaboración propia, en base a las mediciones obtenidas a través del instrumento Sonómetro.

Al interior del vagón, cuando se entregaba información vía parlante, ya sea por algún hecho fortuito, o simplemente mencionar la estación que se aproximaba, el valor máximo que arrojó el Dosímetro fue 93,1 dB, y el valor máximo que arrojó el Sonómetro fue 90 dB.

A continuación se calcularán las dosis diarias recibidas en el recorrido de la Línea N°1, como se puede apreciar en las Ecuaciones 3-1 y 3-2. Los datos a ocupar serán los valores obtenidos con el Dosímetro y Sonómetro. La dosis diaria que se calculará se comparará con lo establecido en el Decreto Supremo N° 594.

3.3.2 Línea N°5 (vagón antiguo)

La segunda medición se realizó en la línea N° 5 del metro de Santiago, de la Región Metropolitana, esta línea comienza su recorrido en la estación Plaza de Maipú y culmina en Vicente Valdez; Esta medición fue realizada el día jueves 11 de Abril, iniciando la medición a las 12:17 pm y culminando a las 13:10 pm, en total la medición tuvo una duración de 53

minutos. La medición fue realizada cerca de la puerta del metro, sentado, y se ocupó un Dosímetro y un Sonómetro integrador. La medición se realizó en el tren Alsthom NS74, este tren posee una antigüedad de 44 años. En las Tablas N°3-3 y N°3-4 se pueden apreciar los valores obtenidos al interior del vagón en un viaje de 53 minutos.

Tabla N°3-4: Valores obtenidos a través del instrumento Dosímetro en Línea N°5.

Lasmx	**96,6 dB**
Lavg	80,2 dB
Dose	3,587%
Ltwa	70,6 dB

Fuente: Elaboración propia, en base a las mediciones obtenidas a través del instrumento Dosímetro.

Sonómetro.

Tabla N°3-5: Tabla N°3-3: Valores obtenidos a través del instrumento Sonómetro en Línea N°5.

Laseq	**85,8 dB**
NPSeqmax	93,9 dB

Fuente: Elaboración propia, en base a las mediciones obtenidas a través del instrumento Sonómetro.

Al interior del vagón, cuando se entregaba información vía parlante, ya sea por algún hecho fortuito, o simplemente mencionar la estación que se aproximaba, el valor máximo que arrojó el Dosímetro fue 96,6 dB, y el valor máximo que arrojó el Sonómetro fue 93,9 dB. Desde Vicente Valdez hasta la estación de Ñuble en el vagón fue un joven tocando un saxofón, con el la máxima percibida por el sonómetro llegó al valor de 93,9 dB, y el dosímetro alcanzó el valor de 96,6 dB.

A continuación se calcularán las dosis diarias recibidas en el recorrido de la Línea N°5, como se puede apreciar en las Ecuaciones 3-5 y 3-6. Los datos a ocupar serán los valores obtenidos

con el Dosímetro y Sonómetro. La dosis diaria que se calculará se comparará con lo establecido en el Decreto Supremo N° 594.

3.4 Evaluación

Línea N°1 (vagón nuevo)

Ecuación 3-1: Dosis diaria recibida, en Línea N°1 (Sonómetro).

$$Dosis = \frac{Tiempo\ de\ exposición}{Tiempo\ permitido}\ x\ 2^{\left[\frac{(NPS\ Exposición - NPS\ Permitido)}{3}\right]}$$

$$Dosis = \frac{45\ min}{480\ min}\ x\ 2^{\left[\frac{(77{,}2\ dB\ -85\ dB)}{3}\right]}$$

$$Dosis = 0{,}09375\ x\ 2^{\left[\frac{(77{,}2\ dB\ -85\ dB)}{3}\right]}$$

$$Dosis = \ 0{,}09375 \times 2^{\left[\frac{(-7{,}8\ dB)}{3}\right]}$$

$$Dosis = \ 0{,}09375 \times 2^{[-2{,}6\ dB]}$$

$$Dosis = 0{,}09375 \times 0{,}164$$

$$Dosis = 0{,}015$$

El PREXOR establece que la dosis de acción es de 0,5 o 50%, este valor corresponde a la mitad de la dosis de ruido máxima permitida por la normativa legal vigente. A continuación se calculará la dosis de acción con el valor entregado por el Dosímetro y el valor entregado por la Ecuación N° 3-1.

Ecuación 3-2: Dosis de acción, para valor obtenido a través del Dosímetro.

$$Dosis \times \frac{60\ minutos}{Tiempo\ de\ medición\ en\ minutos} = Dosis\ de\ acción$$

$$0{,}0084 \times \frac{60\ min}{45\ min} =$$

$$0{,}0084 \times 1{,}3333 = 0{,}0112$$

Dosis de acción 0,5:

$0{,}5 - 0{,}0112 = 0{,}48888$ (Tomar acciones)

Ecuación 3-3: Dosis de acción, para valor obtenido a través de la Ecuación N° 3-1.

$$Dosis \times \frac{60\ minutos}{Tiempo\ de\ medición\ en\ minutos} = Dosis\ de\ acción$$

$$0{,}015 \times \frac{60\ min}{45\ min} =$$

$$0{,}015 \times 1{,}333333 = 0{,}021$$

Dosis de acción 0,5:

$0{,}5 - 0{,}021 = 0{,}479$ (Tomar acciones)

Línea N°5 (Vagón antiguo).

Ecuación 3-4: Dosis diaria recibida, en Línea N°5 (Sonómetro).

$$Dosis = \frac{Tiempo\ de\ exposición}{Tiempo\ permitido} \times 2^{\left[\frac{(NPS\ Exposición - NPS\ Permitido)}{3}\right]}$$

$$Dosis = \frac{53\ min}{480\ min} \times 2^{\left[\frac{(85{,}8\ dB\ - 85\ dB)}{3}\right]}$$

$$Dosis = 0{,}11041667 \times 2^{\left[\frac{(85{,}8\ dB\ - 85\ dB)}{3}\right]}$$

$$Dosis = 0{,}11041667 \times 2^{\left[\frac{(0{,}8\ dB)}{3}\right]}$$

$$Dosis = 0{,}11041667 \times 2^{[0{,}26666667 dB]}$$

$Dosis = 0{,}11041667 \times 1{,}203$

$Dosis = 0{,}133$

El PREXOR establece que la dosis de acción es de 0,5 o 50%, este valor corresponde a la mitad de la dosis de ruido máxima permitida por la normativa legal vigente. A continuación se calculará la dosis de acción con el valor entregado por el Dosímetro y el valor entregado por la Ecuación N° 3-4.

Ecuación 3-5: Dosis de acción, para valor obtenido a través del Dosímetro.

$$Dosis \times \frac{60\ minutos}{Tiempo\ de\ medición\ en\ minutos} = Dosis\ de\ acción$$

$$0{,}03587 \times \frac{60\ min}{53\ min} =$$

$0{,}03587 \times 1{,}132075 = 0{,}041$

Dosis de acción 0,5:

$0{,}5 - 0{,}041 = 0{,}459$ (Tomar acciones)

Ecuación 3-6: Dosis de acción, para valor obtenido a través de la Ecuación N° 3-4.

Dosis de acción 0,5 para datos obtenidos del sonómetro:

$$Dosis \times \frac{60\ minutos}{Tiempo\ de\ medición\ en\ minutos} = Dosis\ de\ acción$$

$$0{,}133 \times \frac{60\ min}{53\ min} =$$

$0{,}133 \times 1{,}132 =$0,1506

Dosis de acción 0,5:

$0{,}5 - 0{,}1506 = 0{,}3494$(Tomar acciones)

En la Tabla N°3.5 se aprecia la dosis diaria obtenida en cada línea, con los valores adquiridos por ambos instrumentos, se detalla el porcentaje que se estaría recibiendo en un viaje promedio en cada línea (N°1 y N°5).

Tabla N°3-6: Comparación con el Decreto Supremo 594.

	Dosis sonómetro	**Dosis dosímetro**
Línea 1	1,55 %	0,840%
Línea 5	13,3 %	3,587%

Fuente: Elaboración propia, en base a las mediciones obtenidas a través de los instrumentos Sonómetro y Dosímetro.

En la Línea N°1 se podría llegar a obtener entre 0,840 % y 1,55% de la dosis diaria; En cuanto a la Línea N°5 se podría llegar a obtener entre 3,587% y 13,28% de la dosis diaria.

El D.S 594 exige que un trabajador no puede estar expuesto a más de una dosis diaria de 100%, asumiendo los valores más críticos obtenidos en las mediciones, se podría llegar a obtener un 13,3 % de la dosis diaria en un solo viaje en el metro de Santiago, por lo cual aquel trabajador en su puesto de trabajo ya no podría recibir una dosis de 85 dB, ya que aquel trabajador en su recorrido para poder llegar a su lugar de trabajo recibió una dosis de trayecto de 13,28%.

Por lo cual la dosis que puede recibir un usuario en un viaje en el metro de Santiago varía entre 0,840% y 13,28%, tomando los valores más críticos se podría recibir 13,28% de una dosis en un viaje 49 minutos promedio.

En la Tabla N°3.6 se aprecia la dosis de acción que un empleador debería tener en cuenta al momento de que sus trabajadores utilicen el Metro de Santiago.

Tabla N°3-7: Dosis de acción, Comparación PREXOR.

	Dosis de acción Sonómetro	**Dosis de acción Dosímetro**
Línea 1	0,479	0,483
Línea 5	0,351	0,459

Fuente: Elaboración propia, en base a las mediciones obtenidas a través de los instrumentos Sonómetro y Dosímetro.

En la Línea N°1 la dosis de acción varía entre 0,479 y 0,483, a su vez en la Línea N°5 la dosis de acción varía entre 0,351 y 0,459.

PREXOR indica que el empleador debe tomar acciones cuando la dosis de acción sea un 0,5 de la dosis total que puede estar expuesto en su jornada de trabajo, PREXOR no indica que no se pueda superar este nivel, este dice que en el instante que el trabajador este expuesto a 0,5 de su dosis diaria ya se deben tomar acciones. Los datos obtenidos nos indican que debido a la dosis de trayecto recibida por el trabajador en su medio de transporte para llegar a su lugar de trabajo, esta dosis de acción varía entre 0,35 y 0,48.

Dado que las condiciones de cada vagón eran distintas, y poseían diferentes características, incluyendo la presencia de músicos y comerciantes se obtuvieron valores diferentes. Es por esta razón que dentro del mismo vagón se presentan lugares más ruidosos y otros que poseían menos ruido.

Debido a que la discapacidad auditiva inducida por el ruido, es el resultado no solo de la exposición ocupacional al ruido, sino también de la exposición diaria total al ruido, es importante tomar la exposición no ocupacional de las personas (durante los desplazamientos hacia y desde sus trabajos) en cuenta.

3.5 **Medidas de Control**

La Línea N° 1 presentó una dosis de ruido la cual no muestra mayor inconvenientes, por lo tanto no hay medidas correctivas que conlleven gastos monetarios. Se recomienda realizar mediciones de Dosis de Ruido anuales.

La Línea N°5 el mayor problema que presenta es que el modelo de tren Alsthom NS74, transita con las ventanas abiertas, esto genera que el ruido incremente al circular por el subterráneo. Se recomienda realizar cambio de vagones de los trenes Alsthom NS74, en los cuales el aire acondicionado este incorporado, de esta manera se estima que la dosis de ruido recibida por los usuarios disminuirá. Figura N° 3-4.

La segunda recomendación es instalar un sistema de aire acondicionado, siendo esta alternativa muy difícil de evaluar desde el punto de vista económico.

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2018/03/16/guia-de-linea-4-metro-de-santiago/

Figura: N°3-5: Tren Alsthom NS74.

3.6 **Costos Asociados**

En base a los criterios técnicos de selección propuestos en el presente análisis, que posteriormente se clarifican en la tabla N° 3-7. Se recomienda la elección del modelo CAF NS2012, ya que posee aire acondicionado, una mayor capacidad para transportar pasajeros y debido a su longitud de 135 metros ocupa todo el largo de andén.

Tabla N°3-8: Criterios técnicos de selección.

Modelos Tren.	Cuenta con Aire Acondicionado.	Capacidad de Pasajeros.	Cantidad de Vagones.	Longitud.	Costo en Dólares (Tren).	Costo en Pesos Chilenos. (Tren)
Alstom NS74	**NO**	**1300**	**6**	**99,08 Metros**	**US$ 6.720.000**	**$4.792.838.400**
CAF NS2012	**SI**	**1500**	**9**	**135 Metros**	**US$ 16.142.857**	**$11.513.408.470**
CAF AS2014	**SI**	**1300**	**5**	**120 Metros**	**US$ 12.216.216**	**$8.712.849.576**

Fuente: Elaboración propia en base a páginas obtenidas de la Internet.

En la Figura N° 3-5 se puede apreciar el Modelo de Tren Alstom NS74; En la Figura N° 3-6 se puede apreciar el Modelo de Tren CAF NS2012; En la Figura N° 3-7 se puede apreciar el Modelo de Tren CAF AS2014.

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/11/todo-de-linea-2-metro-de-santiago/

Figura: N°3-6: Modelo Alstom NS74

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2016/06/04/metro-de-santiago-caf-ns2012/

Figura: N°3-7: Modelo CAF NS2012

Fuente: http://administracionytransportes.cl/2017/12/05/todo-de-nueva-linea-6-metro-de-santiago-chile/

Figura: N°3-8: Modelo CAF NS2014

CONCLUSIÓN

Se realizó una descripción del funcionamiento de la Red del Metro, en el cual se evidencia que existen 7 Líneas, las cuales integran el Metro de Santiago, cada una de estas posee un color característico que las identifica y modelos de trenes distintos, con antigüedades y características distintas. Cada Línea está conectada con al menos otra Línea. Existen tres bloques de horarios, estos son Horario Punta, Horario Valle y Horario Bajo.

Se especificó el flujo de usuarios que transita mensualmente por estas, exceptuando la Línea N°3, ya que esta comenzó a operar en Enero del presente año (2019), con la respectiva información se escogieron las dos Líneas que más frecuencia poseían de usuarios, siendo estas las Línea N°1 y N°5.

Con los instrumentos Sonómetro y Dosímetro facilitados por la Universidad Federico Santa María JMC, se midió el ruido presente en los vagones de las Línea N°1 y N°5, esto en el horario Valle. Los valores obtenidos en la Línea N°1 fueron 76,4 dB con el Dosímetro, y 77,2 dB con el Sonómetro. Los valores obtenidos en la Línea N°5 fueron 80,2 dB con el Dosímetro y 85,8dB con el Sonómetro.

Se calculó la dosis diaria que un usuario recibe en un viaje promedio de 49 minutos en el Metro de Santiago, los resultados expresados en porcentajes fueron los siguientes: En la Línea N°1 dio 1,3% con el Dosímetro y 1,55% con el Sonómetro; En la Línea N°5 dio 3,6% con el Dosímetro y 13,3 con el Sonómetro

En consecuencia una persona que utiliza el Metro de Santiago de la región Metropolitana podría recibir una dosis diaria entre 1,28% y 13,28% de la dosis diaria total en un viaje promedio de 49 minutos.

Si bien a través de este estudio no se puede determinar de manera exacta la correlación entre el ruido generado en el metro y el desarrollo de hipoacusia en los trabajadores que utilizan este medio de transporte, puesto que se presentan multi variables tales como la línea en la cual se efectuará el viaje, el modelo que se presenta en cada una de estas , el horario sea este punta, valle o bajo, la presencia o ausencia de vendedores ambulantes y músicos, estas variables las cuales influyen en este estudio varían constantemente.

Si se puede evidenciar que el ruido al cual están expuestos los usuarios al momento de transportarse en este, aporta un porcentaje diario a lo establecido por el Decreto Supremo N°594. Si se considerará el trayecto como parte del trabajo de una persona, evidentemente esto sería un factor a considerar, en la generación de una posible enfermedad de trayecto.

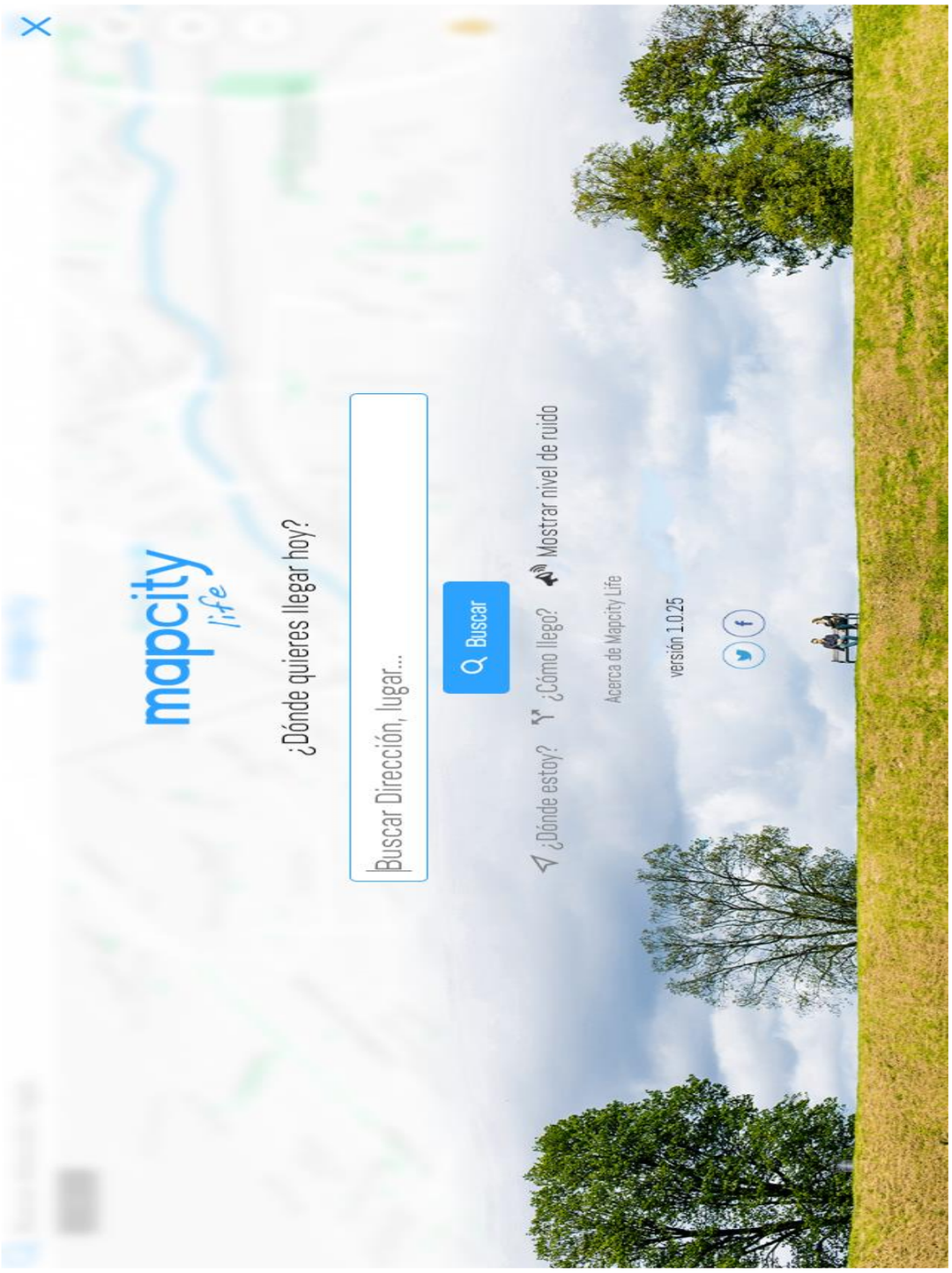
Esto podría presentar un precedente y abrir un debate en cuanto a una posible de enfermedad de trayecto, y además considerar el trayecto directo como parte del trabajo, y así incluir los riesgos a los cuales se exponen los trabajadores en mencionado trayecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Richard Neitzel, MS, Robyn RM Gershon , DrPH, MHS, Marina Zeltser , BS, Allison Canton , BA, and Muhammad Akram. (2009). Noise Levels Associated With New York City's Mass Transit Systems. Journal.
2. Donguk Lee, Gibbeum Kim and Woojae Han. (2017). Analysis of Subway Interior Noise at Peak Commuter Time. Journal.
3. Standring, Michael D. Seidman* and Robert T. (2010). Noise and Quality of Life. Journal list.
4. T. Ibekwe, 1,2,4 D. Folorunso,1,2 A. Ebuta,2 J. Amodu,3,4 M. Nwegbu,1,4 Z. Mairami,3,4 I. Liman,3,4 C. Okebaram,1,4 C. Chimdi,4,5 B. Durogbola,3,4 H. Suleiman,4,6 H. Mamven,1,4 N. Baamlong,1,4 E. Dahilo,1,4 I. Gbujie,1,4 P. Ibekwe,1,4 and O. Nwaorgu1,7. (2016). EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS IN ABUJA MUNICIPALITY USING MOBILE PHONES. Journal.
5. Mathias Basner, MD, Wolfgang Babisch, PhD, Prof. Adrian Davis, PhD, Mark Brink, PhD, Charlotte Clark, PhD, Sabine Janssen, PhD, and Prof. Stephen Stansfeld, PhD. (2013). Auditory and non-auditory effects of noise on health. Journal list.
6. Lin, Christopher MKL YaoAndrew k maSharon l. CushingVincent YW. (2017). Noise exposure while commuting in Toronto - a study of personal and public transportation in Toronto. Springer link.
7. D. Bruce Kirchner, MD, Col. Eric Evenson, MD, Robert A. Dobie, MD, Peter Rabinowitz and MD. (2012). Occupational Noise-Induced Hearing Loss. Acoem.
8. Donguk Lee, Gibbeum Kim and Woojae Han. (2017). Analysis of Subway Interior Noise at Peak Commuter Time. Journal.
9. MINSAL. (2011) Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido.
10. MMA. (2017). Mapa del ruido diurno y nocturno identifica lugares con mayor y menor contaminación acústica en Gran Santiago.
11. Coorporativo, Gobierno. (2018). Metro de Santiago.
12. MINSA. (2012). Guía preventiva para los trabajadores expuestos a ruido.
13. Merwe and Van Der. (1992). Física general.
14. Tabacchi M, Pavón I, Ausejo M, Asensio C and Recuero M. (2011). Assessment of noise exposure during commuting in the Madrid subway. NCBI.
15. ASHA. (2018). Viajeros del transporte público expuestos regularmente al ruido excesivo.

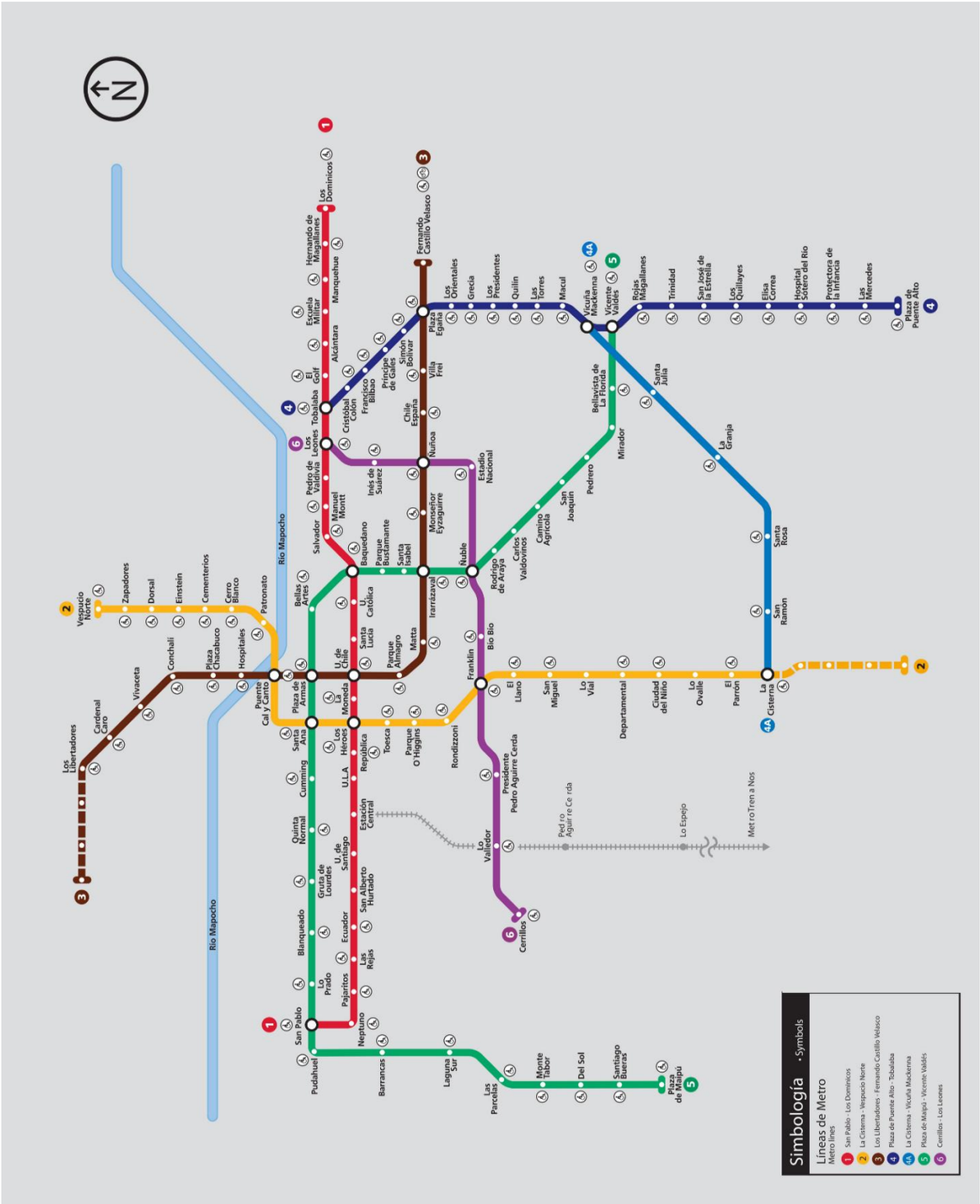
ANEXOS

[Anexo 1] Mapa de Ruido, Región Metropolitana.



[Anexo 1.1] Mapa de Ruido, Región Metropolitana.

[Anexo 2] Mapa de las Líneas que constituyen Metro de Santiago, Región Metropolitana.



[Anexo 3] Línea N° 1 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS93

[Anexo 3.1] Línea N° 1 Metro de Santiago – Modelo de tren CAF NS2007

[Anexo 3.2] Línea N° 1 Metro de Santiago – Modelo de tren CAF NS2012

[Anexo 4] Línea N° 2 Metro de Santiago – Modelo de tren ALSTOM NS74

[Anexo 4.1] Línea N° 2 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS2004

[Anexo 4.2] Línea N° 2 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS16

[Anexo 5] Línea N° 3

[Anexo 6] Línea N° 4 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom AS2002

[Anexo 7] Línea N° 4A Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom AS2002

[Anexo 8] Línea N° 5 Metro de Santiago – Modelo de tren Alsthom NS74

[Anexo 8.1] Línea N° 5 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS93

[Anexo 8.2] Línea N° 5 Metro de Santiago – Modelo de tren Alstom NS93 con aire acondicionado

[Anexo 9] Línea N° 6 Metro de Santiago