

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ACUSTICA**

**PROFESOR PATROCINANTE
PROFESOR SERGIO ALFIO YORI
INSTITUTO DE ACUSTICA
UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

**Base de Datos de Niveles de Ruido de Equipos que
se usan en la Construcción, para
Estudios de Impacto Ambiental**

**TESIS DE GRADO PRESENTADA
COMO PARTE DE LOS REQUISITOS
PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN ACUSTICA AL
TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ACÚSTICO**

**GONZALO JULIAN MOSQUERA VEGA
VALDIVIA - CHILE
2003**

RESUMEN.

La normativa chilena indica que, para realizar un buen Estudio de Impacto Ambiental Acústico, las empresas deben de predecir los niveles de emisión sonora que generaran todas las fuentes de ruido que intervendrán en el futuro proyecto, tanto en la etapa de construcción como en las etapas de operación y retiro. Esto hace necesario conocer las especificaciones técnicas de todos los equipos utilizados en los diversos procesos antes mencionados.

Para esto se creó una Base de Datos en una planilla Excel, de fácil manejo, que puede ser mantenida en el transcurso del tiempo. En ella se recogieron especificaciones técnicas de un variado número de fuentes, con sus respectivos niveles de presión sonora continuo equivalente, medidos para diferentes situaciones de carga y distancia de referencia, con las cuales se permita alimentar las fórmulas de predicción, en una forma más precisa.

Para la elaboración de ésta base de datos se debió recurrir a una recopilación de información en cuanto a Normas y procedimientos para predecir niveles de ruido en las faenas de construcción, además, la medición en terreno de equipos y maquinarias que se usan en ésta.

Por lo tanto, ésta base de datos sirve como herramienta para las empresas constructoras que necesitan hacer Estudios de Impacto Ambiental para poder predecir sus emisiones de ruido.

ABSTRACT.

The normative Chilean indicates that, to carry out a good study of acoustic environmental impact, the companies must predict the levels of sound emission that will be generated by all sources of noise that will play a part in the future project, equally in the construction stage as in the stages of operation and retirement. This makes necessary to know the technical specifications of all the teams used before in the diverse processes mentioned.

For this reason a database was created in an Excel format, for easy handling that can be maintained throughout the course of the time. In it, technical specifications of a varied number of sources were picked up, with their respective equivalent continuous A-weighted sound pressure levels, measured for different load situations and distances of references, with which allows the prediction formulas to be fed in a more precise form.

For the elaboration of this database it should be appealed to a summary of information as for Norms and procedures to predict levels of noise in the construction tasks, also, the mensuration in land of teams and machineries that are used in this.

Therefore, this database is good as tool for the companies manufacturers that need to make Studies of Environmental Impact to be able to predict its emissions of noise.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
1. INDICE	3
2. INTRODUCCION	5
2.1. Normativa Vigente para Estudios y Declaración de Impacto Ambiental.....	7
2.2. Decreto Supremo N° 146/97 del MINSEGPRES.....	11
2.3. Características de las Obras en Construcción.	15
2.4. Predicción del Ruido en los Sitios de Construcción.	17
2.5. Formas de Control del Ruido de los Sitios en Construcción.....	20
2.6. Modelos de Predicción.	23
2.6.1. Norma Británica BS 5228.	23
2.6.1.1. Método de LeqA de la actividad. (plantas estacionarias).....	24
2.6.1.2. Procedimiento a seguir por el Método de LeqA de la actividad.	24
2.6.2. Oficina de Planeación de la Administración Federal del Tránsito Washington, D.C.	27
2.7. Objetivos.....	30
2.7.1. Objetivos Específicos.....	30
3. MATERIAL Y METODOS	31
3.1. Materiales.....	31
3.2. Métodos.....	32
3.2.1. Método usado para mediciones de maquinaria estacionaria.....	33
3.2.2. Método usado para mediciones de maquinaria móvil.	34
3.2.3. Calibración del instrumento.....	35
3.2.4. Construcción de la Base de Datos en Excel.....	36
3.2.4.1. Hoja de recolección de datos para maquinaria fija.	36
3.2.4.2. Hoja de recolección de datos para maquinaria móvil.	39
3.2.4.3. Procedimiento para agregar una nueva Hoja de datos.	44
3.2.5. Comparación de mediciones realizadas en terreno con norma BS-5228.	45
3.2.6. Ejemplo práctico de cálculo utilizando el procedimiento a seguir por el Método de LeqA de la actividad. Norma BS-5228.	47
4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
5. AGRADECIMIENTOS	53
6. LITERATURA CITADA	54

7. ANEXOS.....	55
7.1. TITULO I del REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Ministerio Secretaría General de la Presidencia	56
7.2. TITULO II de la LEY Nº19300, LEY DE BASES DEL MEDIO AMBIENTE, Publicada en El Diario Oficial el 9 De Marzo de 1994.....	63
7.3. Reseña al Apéndice C, Norma Británica BS-5228, Parte 1.	67

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos en dB(A) Lento.....	11
Tabla 2 Correcciones por Ruido de Fondo.....	13
Tabla 3 Datos de Leq de equipos para la construcción. Manual “Transit Noise and Vibration Impact Assessment”, Sr. Harris Miller & Hanson Inc Chapter 10: Noise and Vibration During Construction, Table 10-1.	28
Tabla 4 Comparación de algunas mediciones realizadas en terreno con Norma BS-5228.....	45
Tabla 5 Maquinaria seleccionada de la Base de Datos para el ejemplo.	48

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Síntesis de las preguntas que deben hacerse los titulares para saber si deben ingresar al SEIA	8
Figura 2 Forma para determinar de la constante G por la topología y efectos de tierra. Manual “Transit Noise and Vibration Impact Assessment”, Sr. Harris Miller & Hanson Inc, Cap5.....	29
Figura 3 Croquis ocupado para mediciones de plantas móviles.....	35
Figura 4 Hoja de recolección de datos para maquinaria fija.....	37
Figura 5 Hoja de cálculo para ruido fluctuante.....	38
Figura 6 Hoja de cálculo para ruido estable.....	39
Figura 7 Hoja de recolección de datos para maquinaria móvil.....	40
Figura 8 Hoja de cálculo para ruido fluctuante maquinaria móvil.....	41
Figura 9 Planilla de Datos con las características de las máquinas medidas.....	43
Figura 10 Croquis que muestra la localización de los equipos con relación al punto de predicción.....	48

2. INTRODUCCION.

Toda actividad realizada por el hombre supone en general una alteración del medio ambiente, que en muchos casos es una agresión a él mismo. Esto entraña la obligación que deben adquirir los gobiernos para regular estos elementos que alteran e intervienen en el normal desarrollo de la naturaleza, no obstante, la legislación actual de los diferentes países desarrollados, logran implementar estrategias efectivas para el control de niveles de ruido que perturban las relaciones entre medio y hombre. Esto lo logran a través de normativas que regularizan todo los tipos de actividades, las cuales son supervisadas en forma rigurosa.

El ruido producido en la Construcción, es un factor influyente en el medio ya que puede llegar a alterar la normal convivencia social, lo que origina la necesidad imperiosa de establecer parámetros reguladores.

En Chile, las empresas que realizan Estudios de Impacto Acústico Ambiental, se deben regir por el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y en lo establecido en el Decreto Supremo N° 146/97 *“Norma de Emisión de Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas”*.

Para estimar el nivel de ruido que podría provocar el proyecto en la fase de vida de operación, la mayoría de las empresas se basan en mediciones hechas a proyectos parecidos que han sido realizados, y las comparan con los niveles de ruido de fondo de las áreas susceptibles de ser afectadas. En cuanto a las fases de construcción y retiro, no dan una mayor importancia. Esto puede deberse a la confusión que ellas poseen en cuanto a la definición de fuente fija y móvil, considerando la fase de operación como fuente fija, y la de construcción y retiro como móvil, mal interpretando un concepto temporal con otro relativo a la posición, y no existiendo una buena normativa que pueda regular al respecto.

Los efectos y los principales indicadores del impacto que produce el ruido de la construcción en las cercanías de un vecindario son variados y complicados. Ellos incluyen interferencia de la comunicación, la perturbación del sueño, trabajo u ocio, molestias, pérdida de concentración y posibles efectos en la salud mental y física del individuo.

Para poder lograr un buen Estudio de Impacto Acústico, estos ruidos pueden llegar a plantearse a través de modelos de predicción, teniendo en cuenta los datos del fabricante y las mediciones de nivel sonoro que emite la maquinaria para las diferentes faenas en la construcción y mantención durante la ejecución del proyecto. A través de estos datos, se permitiría controlar y decidir cuantas máquinas, tiempo de ejecución y tipo de labor, pueden realizar simultáneamente en cada etapa de la obra, para evitar incrementos de niveles indebidos de ruido en zonas de interés.

2.1. Normativa Vigente para Estudios y Declaración de Impacto Ambiental.

A objeto de evaluar la contaminación acústica producida por algún proyecto, el Ministerio, Secretaría General de la Presidencia, en su Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, considera la diferencia entre los niveles estimados de ruido emitido por el proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde exista población humana permanente (Ref. [1])

Es importante mencionar que en nuestro país no existe alguna normativa de emisión de niveles máximos permisibles de ruidos molestos generados por fuentes móviles (relacionado al ruido de tráfico de vehículos, trenes, aviones), por lo cual tampoco existe una metodología reglamentada para la obtención de niveles de ruido generado por este tipo de fuentes.

El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (1997), establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y la participación de la comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente de 1994.

El procedimiento para determinar si un proyecto o actividad ingresa al SEIA y si requiere una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), se resume en la Figura 1, la que sintetiza las interrogantes que debe plantearse el titular del proyecto.

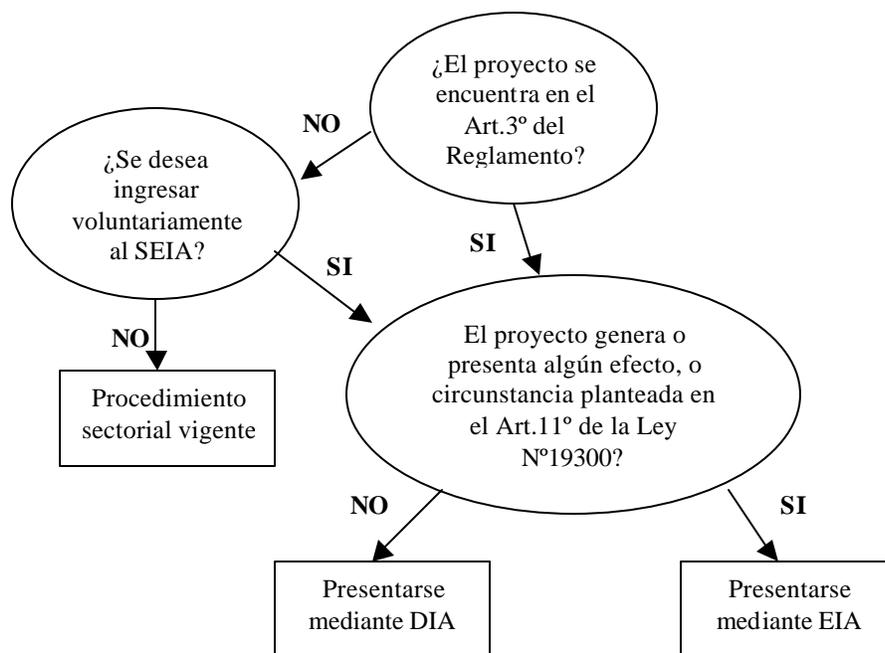


Figura 1 Síntesis de las preguntas que deben hacerse los titulares para saber si deben ingresar al SEIA y, de tener que hacerlo, como se debe presentar.(Ref. [4])

El artículo 3º del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, detalla los tipos de proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases. En cuanto al artículo 11º de la Ley N° 19.300, plantea los efectos, características o circunstancias que generan o presentan los proyectos que requerirán la elaboración de un EIA.¹

Una vez que el titular ingresa al SEIA, este deberá presentar un Estudio de Impacto Acústico Ambiental, si su actividad genera o presenta riesgo para la salud de la población, basándose en la normativa vigente de acuerdo al Decreto Supremo N° 146/97 “Norma de Emisión de Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas”.

¹ Ver en Anexos 7.1 y 7.2 Artículos citados según Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y extracto Ley N° 19300.

Un EIA debe cumplir con la legislación ambiental a través de un plan el cual describa el proyecto o actividad. Debe contener la identificación, *predicción* y una evaluación de los impactos ambientales que causará el proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo; un Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación, y las medidas de prevención de riesgos y control de accidentes, si correspondieren; además de un plan de seguimiento de las variables ambientales más relevantes.

De la lista de proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, un gran porcentaje de éstas pueden ser consideradas como potencialmente ruidosas, como agroindustrias, vías férreas, autopistas, aeropuertos, instalaciones recreativas, actividades mineras, etc. Esto hace necesario un Estudio de Impacto Acústico a los proyectos que incluyan este tipo de actividades, el cual debe considerar las tres fases de vida del proyecto, las cuales son:

Etapas de Construcción. En este proceso, el impacto acústico lo generan principalmente fuentes móviles como los camiones que transportan los materiales de construcción, la maquinaria de movimiento de tierra, grúas, etc. No es menos importante el proceso intrínseco de la construcción de la infraestructura (limpieza de terrenos, construcción de caminos, levantamiento de edificios, etc.)

Etapas de Funcionamiento. En esta etapa el ruido es producido por el proceso productivo propiamente tal. Será necesario aplicar el análisis acústico a todas las fuentes particulares, en especial para realizar una predicción en la generación de niveles de ruido.

Etapas de Retiro. Nuevamente por su naturaleza ruidosa, se puede considerar similar a la primera etapa.

Por otra parte, una DIA debe presentarse bajo la forma de una declaración jurada, en la cual se exprese que se cumple con la legislación ambiental vigente,

acompañando todos los antecedentes que permitan a la autoridad evaluar si su impacto ambiental que generará o presentará el proyecto o actividad se ajusta a las normas ambientales vigentes. Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán contener, a lo menos, la indicación del tipo de proyecto o actividad de que se trata; la descripción del proyecto o actividad que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán y si éste no requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y en el Reglamento. Además, la DIA contendrá la descripción del contenido de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular del proyecto o actividad contemple a realizar.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (Ref. [4]) cita: “para la elaboración de una DIA, tanto en las etapas de Construcción como de Operación, se debe indicar cuál será el límite máximo de nivel de presión sonora a emitir en los límites del proyecto y en el receptor más cercano a la actividad, y se debe establecer cuál será el nivel de ruido estimado, horario, tipo y características. Además, se debe identificar las fuentes (generadores, motobombas, compresores, movimiento de camiones u otros), todo esto de acuerdo con la normativa de ruido (*D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES*)”.

Tanto el EIA como la DIA deberá acompañarse de la documentación y los antecedentes necesarios para acreditar el cumplimiento de la normativa de carácter ambiental, y de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en el Reglamento.

2.2. Decreto Supremo N° 146/97 del MINSEGPRES. (Ref. [2])

***“Norma de Emisión de Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos
Generados por Fuentes Fijas”.***

Esta es una normativa Ley de emisión sonora, que protege a la comunidad que se ve afectada por problemas de contaminación acústica, desde el punto de vista de la salud pública, y que son originados por las molestias generadas por el ruido producido por fuentes fijas.

Toda actividad, proceso, operación o dispositivo, que se realice dentro de una propiedad, sea pública o privada, y que genere o pueda generar ruidos molestos hacia la comunidad, está sujeta a cumplir con esta norma, esto es independiente de las fuentes que involucre, sean estacionarias, móviles, esporádicas o permanentes.

El Decreto Supremo establece niveles máximos permisibles dependiendo de las características zonales, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor y no pudiendo exceder los valores que se fijan en la siguiente Tabla 1.

Niveles Máximos permisibles de presión Sonora Corregidos en dB(A) Lento.		
	De 7 a 21 hrs.	De 21 a 7 hrs.
Zona I	55	45
Zona II	60	50
Zona III	65	55
Zona IV	70	70

Tabla 1 Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos en dB(A) Lento.

Donde se define:

- **Zona I:** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a: habitacional y equipamiento a escala vecinal.
- **Zona II:** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona I, y además, se permite equipamiento a escala comunal y/o regional.
- **Zona III:** Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona II, y además, se permite industria inofensiva.
- **Zona IV:** Aquella zona cuyo uso de suelo permitido de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponde a industrial, con industria inofensiva y/o molesta.

En cuanto a los procedimientos de medición, estas se efectuarán con un sonómetro integrador que cumpla con las exigencias señaladas para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional. Este instrumento debe estar debidamente calibrado, utilizando el filtro de ponderación A y en respuesta Lenta. Para mediciones externas los puntos se ubicarán entre 1,2 y 1,5 metros sobre el suelo, y en caso de ser posible, a unos 3,5 metros o más de las paredes, construcciones u otras estructuras reflectantes. Se efectuarán como mínimo tres mediciones en puntos separados entre si en aproximadamente 0,5 metros, y de ellas se obtendrá el promedio aritmético, descartándose aquellas mediciones que incluyan ruidos ocasionales.

La técnica de evaluación dependerá del tipo de ruido del cual se trate.

- **Ruido estable:** es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- **Ruido fluctuante:** es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel e presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Las correcciones de niveles de presión sonora por ruido de fondo se realizarán en el evento que este afecte significativamente las mediciones realizadas. Se deberá medir el ruido de fondo registrando el Leq cada 5 minutos en forma continua, hasta que se establezca la lectura y no exista una diferencia aritmética de 2 dB(A) entre dos registros consecutivos, todo esto bajo las mismas condiciones de las mediciones obtenidas.

El valor obtenido de la emisión de la fuente medida se corregirá según lo descrito en la Tabla 2:

Diferencia aritmética entre el nivel de presión sonora obtenido de la emisión de la fuente fija y el nivel de presión sonora del ruido de fondo.	Corrección
10 o más dB(A)	0 dB(A)
De 6 a 9 dB(A)	-1 dB(A)
De 4 a 5 dB(A)	-2 dB(A)
3 dB(A)	- 3 dB(A)
Menos de 3 dB(A)	Medición nula

Tabla 2 Correcciones por Ruido de Fondo.

Para ruido estable, se realizará una medición de Leq de 1 minuto, para cada uno de los puntos de medición durante el momento en que el nivel de ruido de la fuente alcance su mayor valor, luego estos valores se promediarán y se le agregará la corrección de ruido de fondo.

En el caso de que el ruido sea fluctuante, para cada uno de los puntos de medición, se realizarán cinco mediciones de Leq de 1 minuto, y se calculará el promedio de los cinco valores de Leq obtenidos. Luego se calculará la diferencia aritmética entre el mayor y menor de los cinco valores de Leq obtenidos, y esa diferencia se dividirá por 5, a este resultado se le agregará el promedio obtenido anteriormente más la corrección de ruido de fondo.

2.3. Características de las Obras en Construcción. (Ref. [6])

Las emisiones de ruido en las obras de construcción poseen un carácter temporal, variando estas en el transcurso de meses, semanas, días y hasta horas, debido a la evolución de las etapas o faenas y la ubicación de las fuentes.

La Cámara Chilena de la Construcción contempla cuatro tipos de construcción las cuales son:

- Vivienda (considerando edificios en altura y casas de uso habitacional).
- Plantas Industriales.
- Locales Comerciales.
- Obras públicas.

Debido a como evolucionan las faenas de construcción, estas se pueden dividir en cinco etapas referidas a los procesos a seguir en el levantamiento de la obra. Estas son:

- **Despeje.** Esta etapa considera maquinaria de demolición, movimiento de tierras (uso de maquinaria pesada), Tronaduras (uso de explosivos), limpieza del sitio y la construcción de acceso al recinto, utilizando por ejemplo, motosierras, tractores, demolidores, retroexcavadoras, cargadores frontales, etc.
- **Excavación.** Esta etapa se refiere al proceso de nivelación y la preparación del terreno a usar. Como ejemplo de maquinaria se puede nombrar: retroexcavadoras, niveladoras, rodillos, compactadores, etc.

- **Fundación.** Esta etapa considera la cimentación de las bases de la obra en construcción; ejemplos, barrenadores, hincaduras de pilotes (uso de martinete), grúas, montacargas, betoneras etc.
- **Obra gruesa.** Esta etapa se refiere al levantamiento de la obra en general, aquí comienza a funcionar en una forma más estable los talleres temporales usando equipos como por ejemplo sierras circulares, cepilladoras, soldadoras, esmeriles, trompos y betoneras, etc.
- **Terminaciones.** Esta etapa se refiere al acabado de la obra en cuanto a sus terminaciones estructurales. Por ejemplo trabajos de pintura, cerámicos, pulidos superficiales, cincelado de concreto, etc.

También se debe considerar, el proceso que implica la Mantenimiento del proyecto, que esta intrínsecamente ligada con la fase de operación de éste, utilizando maquinaria como pistolas arenadoras, equipos de hidrolimpieza, cortadoras de césped, orilladoras, barredoras, etc.

2.4. Predicción del Ruido en los Sitios de Construcción.

De acuerdo con lo planteado por el SEIA en sus “*Criterios de Revisión de Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental en Relación con la Contaminación Acústica*” (Ref. [5]), en cuanto a la descripción de niveles de ruido, se detalla que: " La predicción de niveles de ruido debe hacerse a partir de modelación, cálculo o bien a partir de mediciones reales. En el primer caso debe indicar las referencias utilizadas e indicar las restricciones que considera dicho modelo. En el segundo caso, debe adjuntarse la memoria técnica de dichos cálculos y las consideraciones tomadas para su desarrollo. En el tercer caso, debe indicar las condiciones en que se midió (croquis de medición, procedimiento de medición, criterios de selección de puntos de medición, distancia desde la fuente y hacia el punto de inmisión, instrumentos utilizados, calibración, etc.) Debe indicar el parámetro utilizado en la predicción y evaluación de niveles de ruido (L_{eq} , L_p , L_{pmax} u otro)".

La medida que se usa en general, y se recomienda internacionalmente para la descripción del ruido medioambiental es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (**LeqA**) (Ref. [3]). Se define como aquel 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 medido²(Ref.[2]). Esta unidad es apropiada por las siguientes razones:

- Puede ser utilizada para describir el nivel de ruidos de la operación de cada pedazo de equipo por separado y se combina fácilmente para representar el nivel de ruidos de todo el equipo que funciona durante un período.

² Ecuación del Nivel sonoro continuo equivalente ponderado A, $LeqA_T = 10 \log[1/T \int p_A(t)/p_0)^2 dt]$; Donde **LeqA_T** es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (en dB), para un intervalo de tiempo de medición **T**; **p_A(t)** es la presión sonora instantánea ponderada A (en Pa) y **p₀** es la presión sonora de referencia (20 μ Pa)

- Puede usarse para describir el nivel del ruido durante una fase entera.
- Puede ser utilizada para describir el ruido medio sobre todas las fases de la construcción.

El ruido de un sitio en construcción se puede determinar, por lo tanto, en función del nivel de presión sonora continua equivalente y/o en términos de niveles máximos.

El nivel sonoro que presenta un sitio en construcción en las cercanías de una vecindad dependerá de un gran número de factores y variantes tales como: (Ref. [3])

- El tipo de equipo.
- El modelo específico.
- La operación que es realizada que va a depender del tipo de carga que emplea la máquina.
- La condición del equipo.
- Tipo de suelo.
- Apantallamientos existentes.
- Reflexiones del sector.

El nivel de sonido equivalente (L_{eq}) de la actividad de la construcción también dependerá de la fracción del tiempo y la localización del equipo que funciona en un determinado período de la construcción. Los métodos de predicción requerirán de un modelo de emisión para determinar el ruido generado por el equipo a una distancia de referencia, uno de propagación que demuestre cómo el nivel del ruido varía a través del camino de transmisión, y una manera de sumar el ruido de cada uno de los equipos en los puntos más vulnerables al ruido.

La Norma Británica *BS-5228 "Noise control on construction and open sites"* establece criterios para la estimación de ruidos de asentamientos para la construcción,

demolición, preparación de sitios, dragados, etc. basando su formato principalmente en tablas que entregan la información requerida para cada caso en particular, lo que resulta muy conveniente para la tipificación de niveles de ruidos.³ No obstante, estas tablas están referidas a maquinaria pesada de gran alcance, no considerando los equipos pequeños que operan en el proceso intrínseco de la construcción de la infraestructura.

Además, poseen datos que se basan en distintas condiciones y uso de maquinarias, así como, mediciones de potencia sonora (L_w), L_{eqA} y L_{pAmax} , para ruidos generados por fuentes móviles y fijas, clasificando los equipos en tamaño y capacidad de carga e indicando sus valores de potencia o energía, pero de difícil estandarización.

La mayoría de estos equipos son maquinaria con tecnología de punta, lo que, en un país como el nuestro no corresponde a la realidad. En Chile la mayoría de las máquinas empleadas en construcción, al tiempo de uso son alteradas y no reciben una adecuada mantención, proveniente del distribuidor, variando sus niveles de emisión sonora.

³ Ver en Anexo 7.3 reseña de los tipos de operaciones de trabajo a que se refieren las tablas del Apéndice C, Norma Británica BS-5228, Parte 1.

2.5. Formas de Control del Ruido de los Sitios en Construcción.

La intención en cada fase de un proyecto debe ser minimizar los niveles de ruido en el sitio donde se efectuará la construcción.

Se puede catalogar el ruido emitido de acuerdo a la naturaleza de las actividades o de las fases referentes a la construcción, la alteración y la reparación. Este trabajo puede implicar maquinaria pesada, que intrínsecamente tendrá un grado substancial del ruido y la vibración.(Ref. [3])

Ya que no es posible tener un sitio en construcción totalmente silencioso, se puede esperar un grado de tolerancia para ciertas actividades que, aunque son ruidosas, son de carácter transitorios. No obstante, existe una gran variedad de medidas prácticas a tomar que pueden reducir el ruido. Al solicitar el permiso de planeamiento para la obra de construcción, se debe animar a las constructoras a que se reúnan con su división, con el propósito de tratar de reducir al mínimo el impacto del ruido en cada fase de desarrollo durante la construcción.

Proyectistas, diseñadores, arquitectos e ingenieros necesitarán saber si los procesos que ellos piensan probablemente usar, serán permitidos. Por consiguiente, una consultación temprana debe hacerse con autoridades locales para determinar los límites o restricciones evitando así niveles de ruido potencialmente excesivos. Esto puede ser logrado, aplicando de forma cuidadosa al plan del proyecto propuesto, los procesos y equipo implicados y las fases de funcionamiento.

La maquinaria a veces inmóvil, tal como compresores o mezcladores de concreto, se pueden colocar lo más alejado posible del límite de una vecindad característica, o detrás de una barrera (hecha posiblemente de la tierra excavada) puede ser bastante útil para minimizar los niveles de ruido. Además, es importante que los artículos de la planta están en buenas condiciones. Muchas de estas

consideraciones se pueden también aplicar a las fuentes de ruido móviles tales como cavadores, descargadores, etc.

Existe una diversa información para el control de ruido en la construcción, como por ejemplo *ISTAS* que es una fundación autónoma de carácter técnico-sindical promovida por la Confederación Sindical de Comisiones Obreras en España, la cual posee ejemplos prácticos de control de ruido en la construcción.(Ref. [7]) También, la Cámara Chilena de la Construcción posee un manual el cual contiene medidas de control de ruido aplicadas a las faenas de construcción.(Ref. [6])

Además, el personal empleado en la obra en construcción debe instruirse e informarse sobre la necesidad de minimizar los ruidos excesivos y sobre los riesgos de salud de exposición a este. Los programas de educación deben enfocar su atención a los efectos dañinos que produce el ruido y se debe aclarar las variadas formas en que los operadores pueden ayudarse a proteger sus oídos y el de los demás. Como ejemplos de control se puede citar:

- Un mantenimiento y uso apropiado de herramientas y equipos.
- Posicionamiento de maquinaria en el sitio para reducir la emisión de ruido al vecindario y al personal encargado del sitio.
- La anulación de ruido innecesario al llevar a cabo los funcionamientos manuales, o al operar plantas y equipos.
- Mantener las medidas que se adoptaron para el control del ruido en cuanto a horarios de trabajo.
- No dañando o empleando mal los protectores auditivos que se les proporcionó e informando inmediatamente cualquier daño o pérdida de tales artículos a sus superiores.

Además, como un tipo especial de medida de control, se debe considerar las buenas relaciones públicas. En este contexto, los residentes locales podrían aceptar

niveles de ruidos altos, si saben que tales ruidos durarán sólo por un corto período de tiempo. Un temprano establecimiento y mantenimiento de estas relaciones a lo largo del período de construcción irán haciendo que, de alguna manera, se aminore los temores que pueden causar molestia a las personas. Es entonces de suma importancia que los funcionamientos ruidosos de las operaciones en los sitios de construcción se lleven a cabo según un horario declarado y establecido.

Las buenas relaciones puedan ser desarrolladas informando a las personas del progreso de la obra y las emisiones de ruido molestos que no se pueden controlar en un determinado horario, tratando de subsanar las quejas en forma justa y eficaz.

Las compañías u organizaciones que lleven a cabo algún trabajo en un sitio de construcción, debe fijar a una persona responsable que se relacione con el público. También, la formación de comités de enlaces con miembros del público puede ser considerada para proyectos más largos, cuando exista un número relativamente grande de personas que estén envueltas.

2.6. Modelos de Predicción.

Los modelos para predecir niveles de ruido en los sitios de construcción basan su formato en tablas de maquinaria y/o procesos que están intrínsecamente relacionadas con operaciones en las distintas etapas de la construcción. Estos modelos deben considerar a lo sumo los siguientes procedimientos más significativos de evaluación, los que son:

- (a) Los niveles de ruido que emanan de procesos y de equipos;
- (b) Los períodos de operación de procesos y de equipos;
- (c) Las distancias de las fuentes al receptor;
- (d) La presencia de apantallamiento por barreras;
- (e) La reflexión del sonido.

Entre los métodos de predicción de niveles de ruido, ocupados para la construcción en sitios abiertos, se puede citar la norma británica BS 5228.

2.6.1. Norma Británica BS 5228. (Ref. [3])

"Noise control on construction and open sites" Parte 1. 1984.

Esta norma se basa en cuatro modelos de predicción, dos para plantas estacionarias y los otros dos para planta móvil, los cuales son:

- Método de LeqA de la actividad. (plantas estacionarias)
- Método de potencia sonora de la planta. (plantas estacionarias)

- Método de predicción del LeqA de una planta móvil que funciona sobre un área pequeña de un sitio.
- Método de predicción de LeqA de la planta móvil que usa una ruta regular.

De estos cuatro métodos, solamente el primero trabaja a través de mediciones de LeqA hechas a los equipos a una cierta distancia de referencia, los otros tres operan mediante mediciones de niveles de potencia sonora efectuadas a los equipos.

2.6.1.1. Método de LeqA de la actividad. (plantas estacionarias)

Este puede ser utilizado para las actividades inmóviles y casi estacionarias y cuando éstas se definen claramente en cuanto a su localización. El método se basa en el uso de valores medidos de LeqA dados en tablas, aplicando las asignaciones para las diferencias en distancia entre fuente y receptor, apantallamiento y reflexiones. Las ventajas que posee este método, son que las variaciones en el tiempo de los ciclos del equipo, las interacciones entre los variados artículos de ella durante la actividad, y la consiguiente variación total del nivel de ruido con el tiempo son automáticamente considerados.

2.6.1.2. Procedimiento a seguir por el Método de LeqA de la actividad.

Para predecir un LeqA total en un punto determinado se selecciona una actividad equivalente a la situación, que es determinada a partir de las tablas que entrega esta norma, cerciorándose de que los números, los tipos y los tamaños de la maquinaria sean similares.

De estas tablas se extraen los valores de LeqA a 10 m (para la norma es una medida constante efectuadas a las máquinas). Cuando hay más de una entrada de la misma actividad o similar, se enumeran todos los valores de LeqA y se toma la media aritmética. Cuando el tamaño de la planta requerida no se encuentra en la lista de la tabla, se toma el valor medio de LeqA de los tamaños sobre y debajo de los requeridos.

Si la distancia, R (en metros), desde el punto de interés al centro geométrico del equipo o de la actividad es otra que 10 m, se agrega (algebraicamente) al LeqA obtenido anteriormente, un ajuste de la distancia, que se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$Kd = - 20 \log R/10 \text{ dB(A)} \quad (1)$$

Esta ecuación demuestra el hecho de que al duplicar la distancia, el ruido decae alrededor de 6 dB.

La forma general de ésta ecuación de decaimiento por distancia es:

$$\text{LeqA(D)} = \text{LeqA(d)} - 20\log(D/d) \text{ dB(A)} \quad (2)$$

Donde:

LeqA(D) es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, calculado a una distancia **D** del equipo.

LeqA(d) es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido a una distancia **d** del equipo.

Al tener en cuenta el apantallamiento y/o reflexiones, la norma asume una atenuación aproximada en **5 dB(A)**, cuando la cima de la planta es apenas visible debido a alguna barrera u otra característica topográfica entre la fuente y la posición de recepción, y **10 dB(A)** cuando la pantalla de ruido oculta totalmente la fuente del receptor.

Si el punto de interés está a menos de 1 m de la fachada de alguna construcción existente, debido a la reflexión se agrega una bonificación de **3 dB(A)** a los niveles calculados.

El procedimiento planteado anteriormente se debe repetir para cada equipo a estimar, para luego calcular el porcentaje de tiempo de funcionamiento, en el periodo de evaluación.

Para realizar el cálculo de la adición de los valores de las actividades que afectan el nivel de ruido en el punto de interés, se debe usar la siguiente ecuación que se basa en la dosis de ruido para el período de tiempo de evaluación:

$$Leq_{Total} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum t_i 10^{0,1 * Leq_i} \right) \text{ dB(A)} \quad (3)$$

Donde:

Leq_{Total} es el nivel de presión sonora continuo equivalente combinado de ponderación A en un período de trabajo dado T.

Leq_i es el nivel de presión sonora continuo equivalente individual de ponderación A, para un equipo o actividad, durante un período de ejecución t_i

2.6.2. Oficina de Planeación de la Administración Federal del Tránsito

Washington, D.C. (Ref. [8])

Otro modelo de predicción, se puede encontrar en el manual “Transit Noise and Vibration Impact Assessment”, preparado por el Sr. Harris Miller & Hanson Inc, y la Oficina de Planeación de la Administración Federal del Tránsito en Washington, D.C., Estados Unidos, en el año 1995. Este manual posee una pequeña Base de Datos (Tabla 3) entregando medidas de LeqA, de cada maquinaria para la construcción, medidos a una distancia de 50 pies (15.24 metros) de la fuente.

Los modelos de emisión y propagación están basados en la siguiente formula de predicción para un solo equipo:

$$Leq(equip) = E.L + 10 \log (U.F) - 20 \log (D/50) - 10 G \log (D/50) \text{ dB(A)} \quad (4)$$

Donde:

Leq(equip) Es el LeqA a un receptor que es el resultado del funcionamiento de un solo equipo sobre un período de tiempo específico.

E.L. Es el nivel de emisión de ruido del equipo en particular, a la distancia de referencia de 50 pies (tomado de la Tabla 3)

G Es una constante que considera la topografía y efectos de tierra. (Figura 2)

D Es la distancia del receptor al equipo.

U.F. Factor del uso (en horas) que considera el fragmento de tiempo que el equipo ha estado en uso para un periodo de tiempo especificado. Ya que la mayoría de los equipos para la construcción trabajan continuamente por un período de una hora o más de funcionamiento se asume como base $U.F. = 1$ y $10 \log (U.F) = 0$

Equipment	Typical Noise Level (dBA) 50 ft from Source	Equipment	Typical Noise Level (dBA) 50 ft from Source
Air Compressor	81	Pile Driver (Impact)	101
Backhoe	80	Pile Driver (Sonic)	96
Ballast Equalizer	82	Pneumatic Tool	85
Ballast Tamper	83	Pump	76
Compactor	82	Rail Saw	90
Concrete Mixer	85	Rock Drill	98
Concrete Pump	82	Roller	74
Concrete Vibrator	76	Saw	76
Crane, Derrick	88	Scarifier	83
Crane, Mobile	83	Scraper	89
Dozer	85	Shovel	82
Generator	81	Spike Driver	77
Grader	85	Tie Cutter	84
Impact Wrench	85	Tie Handler	80
Jack Hammer	88	Tie Inserter	85
Loader	85	Truck	88
Paver	89		

Tabla 3 Datos de Leq de equipos para la construcción. Manual “Transit Noise and Vibration Impact Assessment”, Sr. Harris Miller & Hanson Inc Chapter 10: Noise and Vibration During Construction, Table 10-1.

<p>IN GENERAL: $H_{\text{eff}} = \text{sum of average path heights on either side of barrier}$</p>	
	$H_{\text{eff}} = \frac{H_s + 2H_b + H_r}{2} \quad (1)$
<p>Example 1: Source in shallow cut</p>	<p>For $B < \frac{A}{2}$,</p> $H_{\text{eff}} = \frac{H_s + 2H_b + H_c + H_r}{2}$ <p>* Otherwise use Equation (1)</p>
<p>Example 2: Receiver elevated</p>	<p>For $H_b > H_c$,</p> $H_{\text{eff}} = \frac{H_s + 2H_b - H_c + H_r}{2}$ <p>For $H_b < H_c$,</p> $H_{\text{eff}} = \frac{H_s + H_c + H_r}{2}$
<p>Example 3: Source in sloped cut</p>	<p>For $A < \frac{B}{2}$, use Equation (1)</p> <p>For $A > \frac{B}{2}$,</p> $H_{\text{eff}} = \frac{H_s + 2H_b + H_c + H_r}{2}$
<p>Example 4: Source and receiver separated by trench</p>	<p>For $A > \frac{B}{2}$,</p> $H_{\text{eff}} = \frac{H_s + 2H_c + H_r}{2}$ <p>For $A < \frac{B}{2}$,</p> $H_{\text{eff}} = \frac{H_s + H_r}{2}$
<p>Ground Factor</p> <p>For soft ground:</p> $G = \begin{cases} 0.66 & H_{\text{eff}} < 5 \\ 0.75 \left(1 - \frac{H_{\text{eff}}}{42}\right) & 5 < H_{\text{eff}} < 42 \\ 0 & H_{\text{eff}} > 42 \end{cases}$ <p>For hard ground:</p> $G = 0$	<p>Notes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Values for Sub-Source Heights (H_s) are given in Table 5-2. • Equations for H_{eff} remain valid even when $H_b = 0$.

Figura 2 Forma para determinar de la constante G por la topología y efectos de tierra. Manual “Transit Noise and Vibration Impact Assessment”, Sr. Harris Miller & Hanson Inc, cap 5.

2.7. Objetivos.

Desarrollar para el Instituto de Acústica, una Base de Datos de ruidos generados por diferente maquinaria que se usa en la construcción, efectuada en sitios abiertos. En esta se debe recoger especificaciones técnicas y niveles de presión sonora continuo equivalente ponderado A, a una cierta distancia de referencia, de un variado número de fuentes y equipos que operan en las distintas etapas de funcionamiento.

Por medio de esto, se podrá alimentar las fórmulas de predicción utilizadas en Estudios de Impacto Ambiental, de una forma más precisa.

2.7.1. Objetivos Específicos.

- Recolección de información de Normas y procedimientos para predecir niveles de ruido en las faenas de construcción.
- Medición en terreno de equipos y maquinarias que se usan en la Construcción.
- Confección de una planilla en formato Excel de fácil acceso la cual recoja y procese la información de las mediciones efectuadas.
- Comparación de mediciones realizadas en terreno con norma BS-5228.

3. MATERIAL Y METODOS.

3.1. Materiales.

- Computador de escritorio, Microsoft Office y acceso a Internet.
- Sonómetro integrador Marca QUEST modelo 2900, tipo 2, que cumple a las prescripciones establecidas en el Título IV del Decreto Supremo N° 146/97 del MINSEGPRES.
- Pistófono Calibrador Marca QUEST, QC-10.
- Trípode, cinta métrica.

Tanto el sonómetro como el Pistófono calibrador pertenecen al Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile.

3.2. Métodos.

De acuerdo con los objetivos planteados anteriormente, la metodología ocupada para la creación de la Base de Datos se basó en la recopilación de información de la maquinaria, la cual se efectuó por una selección de muestra intencionada ya que se rigió por las condiciones de la existencia de los equipos disponibles en el entorno.

La recopilación de la información se realizó sólo para las fases de emplazamientos de obras en construcción, mantenimiento y retiro; no considerando la operación en si ya que el ruido emitido en esta fase es producto del proceso productivo que depende directamente del tipo de construcción (vivienda, planta industrial, locales comerciales u obra pública), haciendo que esto sea algo más complejo para su predicción.⁴

Se debió a recurrir a empresas de la zona que trabajan en el rubro de la construcción, las cuales accedieron a que se efectuaran mediciones de nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq) en sus maquinarias y procesos de estas; especificando las características en cuanto a nombre, marca, modelo, sistema de activación, potencia y la descripción referente al uso de la máquina y carga empleada. Además, una descripción breve del terreno y tipo de suelo.

Las condiciones necesarias para la medición efectuada a cada maquinaria se basó en mediciones externas a campo abierto, respetando las exigencias técnicas y de procedimiento del Decreto Supremo N° 146/97 del MINSEGPRES.⁵

⁴ Para predecir niveles de ruido en la fase de operación se debe de tener un registro de niveles de todos los procesos productivos. La mayoría de las empresas hacen comparaciones con procesos ya existentes para predecir el ruido generado en esta etapa.

⁵ Planteadas en el punto 2.2. de este trabajo.

Se consideró mediciones individuales de los equipos, en ausencia de otras fuentes de ruido las cuales podrían provocar errores posteriores. Estos errores pueden verse reflejado en mediciones sobre valoradas y no representativas, por la intrusión de ruidos ajenos a la fuente.

De acuerdo con el lugar físico donde se situaba el equipo, también se realizó otra medición de nivel de ruido de fondo, evaluando la condición del sector, tomando lecturas de Leq recomendada por el decreto supremo N° 146/97 del MINSEGPRES.

Debido a que las fuentes a medir poseen un carácter estacionario o móvil, dependiendo de la máquina, se hizo necesario recurrir a dos tipos de metodologías de medición de Leq.

3.2.1. Método usado para mediciones de maquinaria estacionaria.

El método de medición de Leq utilizado para equipos fijos, consistió primero en ubicar un punto de medición. Para esto se necesitó realizar un barrido, en forma pausada, en el área alrededor de la fuente (ya activada), detectando a través del sonómetro la dirección del mayor nivel de presión sonora. Con esto se logró un único punto de medición, el que se situó a 1.3 metros de altura a nivel del suelo y a una cierta distancia de la fuente la cual fue registrada mediante la cinta métrica.

Luego de establecido el punto se efectuaron 5 mediciones de un minuto, registrando Leq dB(A), $L_{p_{max}}$ dB(A) y $L_{p_{min}}$ dB(A) y deteniendo el equipo entre cada medición.

Posteriormente se midió el nivel de ruido de fondo, en el mismo punto, registrando el LeqA de la manera recomendada por el decreto supremo N° 146/97 del MINSEGPRES.

Para cada caso se consideró dos formas de uso y medición:

- Con carga
- Sin carga (en el caso que se aplique)

La primera se refiere a la medición del equipo que se emplea, ya trabajando en la actividad en sí.

Sin carga se refiere a la medición de la maquinaria, sin que necesariamente se encuentre en la etapa productiva.

Como ejemplo para ambos casos se puede mencionar las herramientas de uso manual. Estos tipos de equipos pueden emitir ruido solo con la actividad de su motor sin que necesariamente este trabajando en alguna actividad.

3.2.2. Método usado para mediciones de maquinaria móvil.

Para el caso de maquinaria móvil, se consideró un trayecto de camino de 50 metros de longitud, y se situó el punto de medición perpendicularmente a la mitad de este trayecto y a una distancia de referencia registrada a través de la cinta métrica, a una altura del suelo de 1.3 metros. Se procedió hacer 5 mediciones de L_{eq} dB(A) con sus respectivos $L_{p_{max}}$ dB(A) y $L_{p_{min}}$ dB(A), desde el momento que el equipo comienza a recorrer el trayecto de 50 metros, hasta que sale de él, registrando el tiempo de la medición, para luego poder obtener una velocidad media de la máquina.(Figura 3)

Al igual que la metodología ocupada para fuentes fijas, también se procedió a realizar una medida de ruido de fondo de unos 10 minutos para poder hacer las correcciones descritas en el D.S. Nº 146/97 del MINSEGPRES.

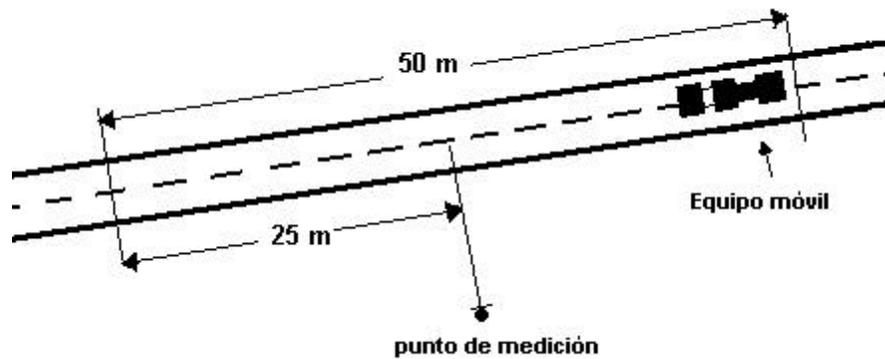


Figura 3 Croquis ocupado para mediciones de plantas móviles

3.2.3. Calibración del instrumento.

Antes de cada salida a terreno, se verificó que la carga de las baterías que ocupa el sonómetro (9 v), se encontrara en optimas condiciones, para luego calibrarlo a través del Pistófono, el cual emite un tono puro de 114 dB lineal a 1 KHz.

La calibración del instrumento se realizó siguiendo los pasos citados en su manual de operación.

Luego, se ajustó el instrumento en ponderación **A** y en la respuesta lenta de éste, para poder realizar las mediciones en terreno.

3.2.4. Construcción de la Base de Datos en Excel.

La Base de Datos se confeccionó mediante la elaboración de una planilla Excel, asignándole a cada equipo una hoja específica la que se alimentó con los datos recogidos.

Se hizo necesario hacer dos tipos de ficha de recolección de los datos, dependiendo del tipo de maquinaria, si es de carácter fijo o móvil.

3.2.4.1. Hoja de recolección de datos para maquinaria fija.

La recolección de los datos medidos para maquinaria fija se agruparon en una ficha como se muestra en la Figura 4:

En esta hoja de datos se registró las características de la fuente en cuestión como: nombre de la máquina, marca, modelo y potencia. También el tipo de accionamiento: neumático, motor eléctrico, motor diesel, motor bencinero o motor de dos tiempos; así también su utilización: trabajos en fierro, madera, concreto, suelo, perforación, succión, etc. Además, se indicó la etapa en que se utiliza según lo descrito anteriormente en las características de obras en construcción, como ser, despeje, excavación, fundación, obra gruesa, terminaciones y mantención.

Existen dos casilleros donde se describe el tipo de carga empleada por la máquina y una descripción del tipo de suelo y terreno donde se realizó la medición.

Microsoft Excel - PLANTILLA

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Nombre de la Maquinaria: **Esmeril angular**

Marca: **DEWALT**

Descripción o modelo: **Disco de 7" diámetro, 12.000 rpm**

Potencia: **2000 W**

Accionamiento: **Motor Eléctrico**

Utilización: **Trabajo en hierro**

Etapa en que se usa: **Fundación, obra gruesa**



Descripción de la carga: **Cortando hierro con disco de corte de 6"**

Descripción del terreno: **Suelo de ripio, al medio de estacionamiento vacío de 14x12 metros de superficie.**

FICHA DE MEDICIÓN CON CARGA

	Lp _{min} dB(A)	Lp _{max} dB(A)	Leq dB(A)	Ruido de Fondo dB(A)	Distancia (m)	Leq dB(A)	Leq _{min} dB(A)	Leq _{max} dB(A)
1	92,2	104,3	101,1	62,5	2,0	101,2	99,4	102,5
2	90,6	102,5	99,4					
3	89,9	103,0	100,2					
4	91,2	102,6	99,7					
5	93,0	103,8	102,5					

Tipo de Ruido: **FLUCTUANTE**

Estable: Fluctuante:

ver hoja de calculo

FICHA DE MEDICIÓN SIN CARGA

	Lp _{min} dB(A)	Lp _{max} dB(A)	Leq dB(A)	Ruido de Fondo dB(A)	Distancia (m)	Leq dB(A)	Leq _{min} dB(A)	Leq _{max} dB(A)
1	89,5	91,3	90,7	62,5	2,0	90,7	90,3	91,2
2	90,3	91,6	91,2					
3	89,9	91,2	90,7					
4	88,6	91,3	90,5					
5	89,1	90,8	90,3					

Tipo de Ruido: **ESTABLE**

Estable: Fluctuante:

ver hoja de calculo

Figura 4 Hoja de recolección de datos para maquinaria fija.

Las 5 mediciones de Leq dB(A), Lp_{max} dB(A), Lp_{min} dB(A), distancia de la fuente al punto de medición y ruido de fondo; se tabularon en la ficha de medición (con o sin carga) y se determinó a que tipo de ruido se refiere, es decir, si es estable o fluctuante, considerando si las diferencias de Lp_{max} dB(A) y Lp_{min} dB(A) de cada medición superaran o no el rango de 5 dB(A) lento.

Los valores de Leq tabulados en las fichas se promediaron dependiendo del tipo de ruido según el D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES.

Para ruido fluctuante, se promediaron las 5 mediciones, se le agregó la desviación obtenida por la diferencia entre los Leq máximo y mínimo de éstas mediciones dividido por 5. Luego se agregó la corrección por ruido de fondo descrita anteriormente en la Tabla 2, apareciendo este resultado final en la hoja de datos de maquinaria fija.

Para el caso del ejemplo del esmeril angular (Figura 4), la medición con carga resultó fluctuante, pudiendo acceder a su ficha de cálculo a través de un botón hecho mediante una macro, como se puede ver en la Figura 5.



Figura 5 Hoja de cálculo para ruido fluctuante.

En el caso de que el ruido sea estable, las 5 mediciones de Leq se promedian y se les agrega su respectiva corrección por ruido de fondo.

Para el ejemplo, las mediciones obtenidas sin carga resultaron estables y su ficha de cálculo queda de la siguiente forma. Figura 6.

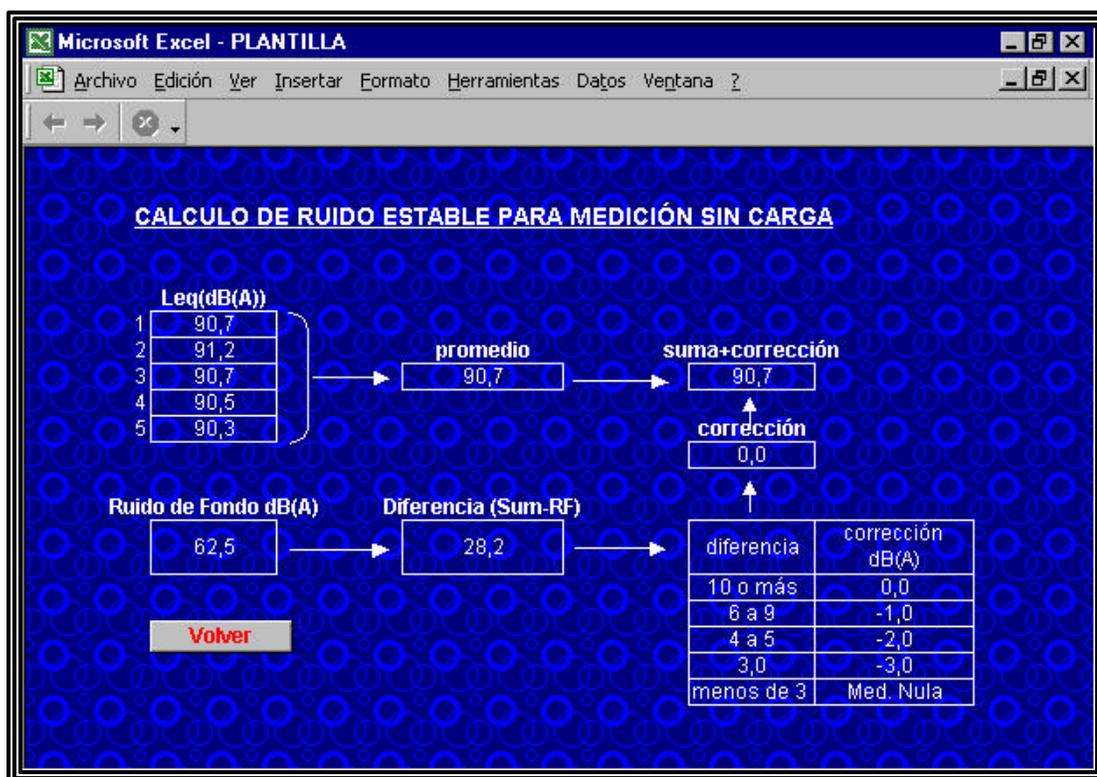


Figura 6 Hoja de cálculo para ruido estable.

3.2.4.2. Hoja de recolección de datos para maquinaria móvil.

Las 5 mediciones de Leq obtenidas a través de la metodología propuesta para maquinaria móvil y sus características fueron tabuladas en la siguiente ficha de medición (Figura 7)

Microsoft Excel - PLANTILLA

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Nombre de la Maquinaria: **MOTONIVELADORA**

Marca: **CATERPILLAR**

Descripción o modelo: **135H**

Potencia: **155 Hp**

Accionamiento: **Motor Diesel** Utilización: **Trabajo en suelos** Etapa en que se usa: **Excavación**

Descripción de la carga: **Nivelación de camino**

Descripción del terreno: **Camino rural, suelo de tierra y ripio, sin ninguna construcción a los alrededores**

FICHA DE MEDICIÓN

	Lp _{min} dB(A)	Lp _{max} dB(A)	Leq dB(A)	tiempo de la medición (s)	velocidad media (km/h)	Leq dB(A)	Leq _{min} dB(A)	Leq _{max} dB(A)
1	74,6	90,3	81,5	32	5,6	80,9	72,3	82,6
2	72,3	89,4	79,4	26	6,9			
3	70,0	84,5	78,6	33	5,5			
4	69,3	82,6	72,3	27	6,7			
5	72,2	87,6	82,6	24	7,5			

Ver hoja de Cálculo Fluctuante

Hoja de Cálculo

Ruido de Fondo dB(A): **54,2**

Distancia (m): **4**



Figura 7 Hoja de recolección de datos para maquinaria móvil

En esta ficha de datos, al igual que para las fuentes fijas, se registró las características de la máquina y una breve descripción del lugar de medición.

Las 5 mediciones de Leq dB(A), Lp_{max} dB(A), Lp_{min} dB(A), se tabularon en una tabla; así como el tiempo de duración de cada medición, para poder determinar la

velocidad de la fuente, considerando un trayecto de recorrido fijo de 50 metros, como se mencionó anteriormente.

Debido a que las fluctuaciones de nivel de presión sonora varían en un rango superior a los 5 dB(A), para estas mediciones solamente se consideró la promediación empleada para ruidos de carácter fluctuante, agregando al promedio de los Leq la desviación calculada a través de la diferencia entre el Leq máximo y mínimo dividido por 5.

En esta hoja también se agregó un botón, que a través de una macro, se puede acceder a su ficha de cálculo para ruido de carácter fluctuante (Figura 8)

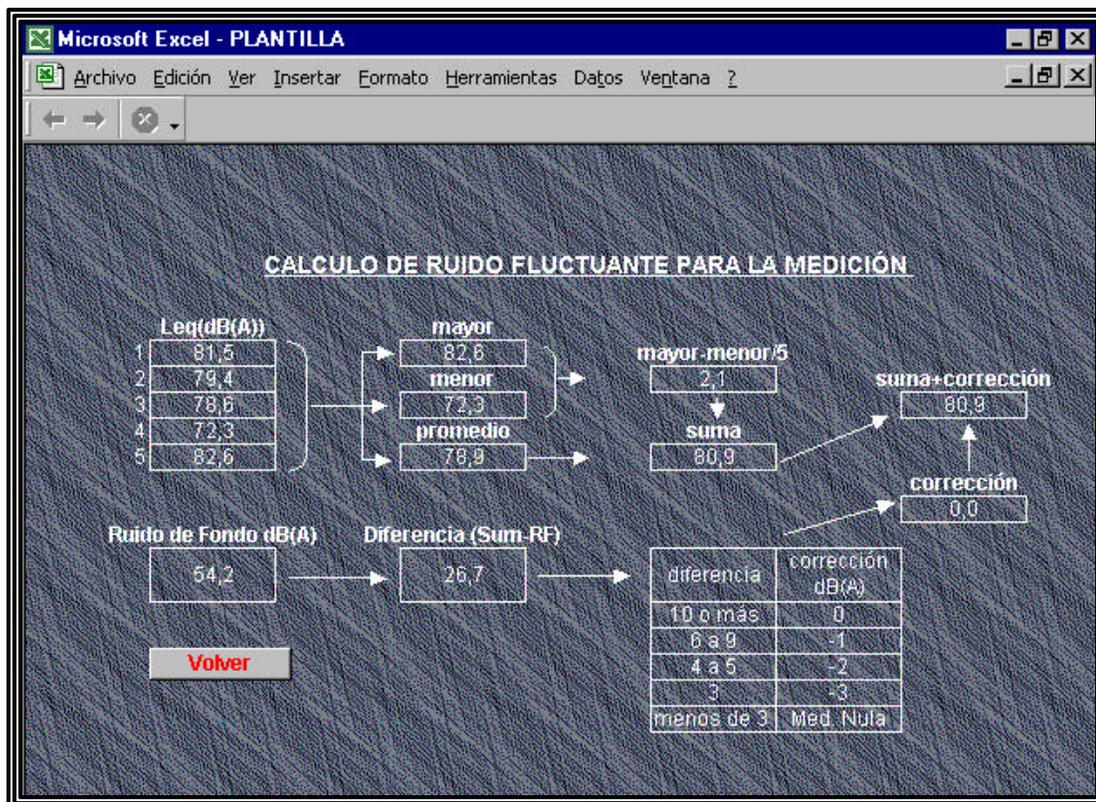


Figura 8 Hoja de cálculo para ruido fluctuante maquinaria móvil.

Los datos de las fichas de todas las máquinas fueron agrupados en una sola tabla interactiva situada en una hoja de la planilla (Figura 9).

Esta tabla posee un sistema de búsqueda basado en el filtro de columnas, para las descripciones de:

- Nombre de la Máquina
- Descripción o Marca
- Potencia
- Accionamiento
- Utilización
- Etapa de la construcción en que se usa.

Además, esta tabla entrega los resultados de los promedios de Leq dB(A) y sus respectivos Leq máximo dB(A) y Leq mínimo dB(A) para las mediciones con y sin carga, describiendo el tipo de carga. También, la distancia de referencia de la medición (en metros) y Ruido de Fondo en dB(A).

BASE DE DATOS DE MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCION																	
Fecha de medición	Nombre de la Maquinaria	Marca	Potencia	Meditación	Resistencia	Etapas de la medición en que se usa	Descripción de la carga	Módulo de Frecuencia	Distancia [m]	Medición con carga			Medición sin carga				
										Tipo de Ruido	Leq dB(A)	Leq máx dB(A)	Leq mín dB(A)	Tipo de Ruido	Leq dB(A)	Leq máx dB(A)	Leq mín dB(A)
1	Saca cilindros	ROBIN	5 Hp	Trabajos Caserola	Moler Brasciera	Fundición, obra gruesa	Estabilizada caserola	585	2,0	FLUCTUANTE	51,8	55,5	52,4	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
2	Saca cilindros	SOGR	2 Hp	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Fundición, obra gruesa	Estabilizada caserola	522	2,0	ESTABLE	54,7	55,5	55,2	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
3	Trampa Muecador	ROBIN	5,5 Hp	Trabajos Caserola	Moler Brasciera	Fundición, obra gruesa	Estabilizada caserola	567	2,0	FLUCTUANTE	53,3	55,5	55,3	FLUCTUANTE	55,3	55,1	55,5
4	Mala soldadora	REDATOR	28 Hp	Trabajos fierro	Moler Brasciera	Fundición, obra gruesa	Estabilizada caserola	523	2,0	FLUCTUANTE	51,5	55,5	52,3	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
5	Placa compactadora	ROBIN	5 Hp	Trabajos caserola	Moler Brasciera	Excavación	Compactado laterales	527	2,0	ESTABLE	55,3	55,8	55,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
6	Palanca	WACKER	5,5 Hp	Trabajos caserola	Moler Brasciera	Excavación	Compactado laterales	523	2,0	ESTABLE	55,3	55,8	55,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
7	Vibradora	WACKER	3 Hp	Trabajos caserola	Moler Brasciera	Excavación	Compactado laterales	527	2,0	ESTABLE	55,3	55,8	55,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
8	Generador trifásico	ROBIN	12 Hp	Generación eléctrica	Moler Diesel	Taloso	Relizada	528	2,0	ESTABLE	55,5	55,5	57,3	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
9	Excavador	DEVALT	2880W	Trabajos caserola	Elfabrics	Fundición, obra gruesa	Cortado fierro en diazo de suelo de B	525	2,0	FLUCTUANTE	151,2	151,4	152,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,2
10	Trampa Muecador	PERIT	2 Hp	Trabajos caserola	Elfabrics	Fundición, obra gruesa	Muecador caserola	525	2,0	FLUCTUANTE	58,3	55,8	55,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,2
11	Placa compactadora	BOHAC	5 Hp	Trabajos caserola	Moler Diesel	Excavación	Compactado laterales	528	2,0	FLUCTUANTE	55,8	55,7	158,1	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
12	Generador de aire comprimido	SPITFIRE	1,5 Hp	Saca de Platera	Moler Elfabrics	Tornasacione	Relizada	525	2,0	ESTABLE	75,5	75,8	77,8	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
13	B. leucocilla	ROBIN	5 Hp	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Dragejo, fundición obra gruesa	Los muros de B. Ladrado blanco de	564	2,0	ESTABLE	57,5	55,8	58,8	ESTABLE	75,5	75,5	77,4
14	Compresor de aire	AR	5 Hp	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Taloso	Relizada cargada laterales de aire	525	2,0	ESTABLE	71,4	71,3	72,3	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
15	Resaca posterior	MAKITA	1780W	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Dragejo	Con polvo de fundición caserola	525	2,0	FLUCTUANTE	111,8	158,8	112,4	ESTABLE	157,5	158,3	158,8
16	B. leucocilla	MAKITA	1850W	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Fundición, obra gruesa	Con polvo de fundición laterales de caserola	565	2,0	FLUCTUANTE	55,8	55,2	55,2	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,3
17	Cortadora de asfalto	DEVALT	1480W	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Dragejo	Cortado caserola	567	2,0	FLUCTUANTE	154,3	158,5	158,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	158,1
18	Cortadora de asfalto	DEVALT	1480W	Trabajos Caserola	Moler Brasciera	Dragejo	Cortado caserola	523	2,0	FLUCTUANTE	153,3	158,5	158,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	57,3
19	Mala	ROBIN	5 Hp	Saca de Platera	Moler Brasciera	Taloso	Relizada cargada laterales de caserola	545	2,0	ESTABLE	58,8	55,7	55,7	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
20	Mala	ROBIN	5 Hp	Saca de Platera	Moler Brasciera	Taloso	Relizada cargada laterales de caserola	545	2,0	ESTABLE	58,2	55,2	55,2	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
21	Serra circular	DEVALT	1480W	Trabajos madera	Moler Elfabrics	Obra	Relizada cargada laterales de caserola	545	2,0	FLUCTUANTE	55,5	58,4	55,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	55,5
22	Esmeril	DEVALT	750W	Trabajos fierro	Moler Elfabrics	Fundición, obra gruesa	Relizada cargada laterales de caserola	545	2,0	FLUCTUANTE	55,4	54,8	55,4	ESTABLE	54,7	54,2	55,1
23	Cepillo	DEVALT	850W	Trabajos madera	Moler Elfabrics	Tornasacione	Cepillado madera	55,3	2,0	FLUCTUANTE	53,2	52,4	55,5	ESTABLE	52,8	51,5	52,5
24	Dragejo	DEVALT	1480W	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Dragejo	Con polvo de fundición posterior	52,8	2,0	FLUCTUANTE	155,5	155,8	155,5	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
25	Mala soldadora	INFRAJUNIOR	2 Hp	Trabajos fierro	Moler Brasciera	Fundición, obra gruesa	Soldado perfil de fierro	52,5	2,0	FLUCTUANTE	57,8	55,5	57,1	Fallas Dulces	5,0	5,0	5,0
26	Palanca	MEGOTTI	2 Hp	Trabajos Caserola	Moler Elfabrics	Fundición, obra gruesa	Muecador caserola	52,2	2,0	FLUCTUANTE	52,3	51,3	52,7	FLUCTUANTE	51,7	52,7	52,5

Figura 9 Planilla de Datos con las características de las máquinas medidas.

3.2.4.3. Procedimiento para agregar una nueva Hoja de datos.

Para agregar una nueva hoja de recolección de datos el procedimiento es el siguiente:

- Debe seleccionar la hoja “**ficha máq. móvil**” o “**ficha máq. fija**”, dependiendo del tipo de maquinaria. (si es de carácter móvil o fijo)
- En el menú **Edición**, haga clic en **Mover o copiar hoja** .
- Activar la casilla **Crear una copia** y **Aceptar**.
- Para cambiar el nombre de la hoja, haga doble clic en la etiqueta de la hoja creada. (ubicada en la parte inferior de ésta)
- Escriba un nuevo nombre sustituyendo al nombre actual. (se recomienda seguir la numeración ya establecida)
- Llene la hoja con los datos recogidos.
- A final de la hoja se creó un botón **Agregar** el cual copia los datos a la hoja principal.
- Al seleccionar este botón aparecerá un cuadro de mensaje en el cual muestra el procedimiento para vincular el Número de la ficha de Medición con la referencia de la hoja creada.

3.2.5. Comparación de mediciones realizadas en terreno con norma BS-5228.

Para realizar una comparación de la maquinaria registrada en la Base de Datos creada, con las mediciones de Leq a 10 metros citadas en la norma Británica BS-5228 Parte 1, Apéndice C; se buscó en las tablas que posee la norma algunos de los equipos de acuerdo al tipo de operación en la cual fueron medidas y su potencia. Los resultados se pueden observar en la siguiente Tabla 4.

Maquinaria extraída de la Base de Datos						Maquinaria de la norma BS-5228			
ref.	Nombre de la Maquinaria	potencia	Distancia (m)	Leq dB(A)	Leq dB(A) a 10 m	Nombre de la Maquinaria	referencia	Leq dB(A) a 10 m	Leq dB(A) a 10 m
1	Sonda vibradora	5 Hp	2	91,8	77,9	5 poker vibrator	tabla N°9 ref 20	83	uno solo 76
2	Sonda vibradora	2 Hp	2	84,7	70,7	2 poker vibrator	tabla N°9 ref 40	75	uno solo 72
3	Trompo Mezclador	5,5 Hp	2	89,9	75,9	concreter mixer	tabla N°9 ref 3,4,5,6,7	61-63-74-71-76	promedio 69
21	sierra circular	1400 w	2	99,6	85,6	hand-held electric circular saw	tabla N°10 ref 75.76.77	69-73-72	promedio 71,3
29	sierra circular	2100 w	2	98,6	84,6				
5	placa compactadora	5 Hp	2	95,3	81,3	compactor rammer	tabla N°7 ref 119	77	77
11	placa compactadora	5 Hp	2	99,8	85,8				
48	rodillo compactador	8 Hp	3	89,5	79	vibratory roller	tabla N°7 ref 115,116	74-78	promedio 76
19	motobomba	7,5 Hp	2	88	74	water pump	tabla N°10 ref 68,69,70,71	66-76-80-81	promedio 75,8
41	martillo neumático y compresor	8 bar	2	105,5	91,5	compressor	tabla N°11 ref 8	86	suma de niveles 89
						pneumatic breaker	tabla N°11 ref 9	86	
8	generador trifásico	12 Hp	2	86,6	72,6	diesel driven generator	tabla N°10 ref 62-63	72-79	promedio 75,5

Tabla 4 Comparación de algunas mediciones realizadas en terreno con Norma BS-5228.

Los valores destacados en rojo corresponden a los niveles de LeqA calculados a 10 metros de la fuente. Estos se obtuvieron a través de la fórmula general de atenuación por distancia⁶, ocupando la distancia de referencia de cada equipo en particular.

Los valores destacados en azul son todos los niveles de LeqA a 10 metros que entregan las tablas de la Norma BS-5228, como referencia a los equipos que se están comparando. Y los que están en verde corresponden a los valores individuales promediados o calculados dependiendo del caso:

Debido a que en las tablas de la norma BS-5228 a menudo aparece más de un equipo, como es el caso de las sondas vibratoras. Se supuso que cada equipo posee el mismo nivel de presión sonora, por lo cual, se recurrió a la fórmula de adición de niveles para un mismo intervalo de tiempo, y así poder calcular el nivel de presión sonora de un sólo equipo.

$$\text{Leq}_{\text{Total}} = 10\log\left(10^{(0,1*\text{Leq } i)}\right) \text{ dB(A)} \quad (5)$$

Como ejemplo de cálculo, para el caso de las 5 sondas vibratoras (referencia 20 Tabla N°9) el nivel entregado para ésta es de 83 dB(A) a los 10 metros. Si se considera que todas las sondas son similares, con el mismo Leq; de la ecuación se obtiene:

$$\text{Leq}_{\text{Total}} = 83 \text{ dB(A)} = 10\log\left(5 * (10^{(0,1*\text{Leq sonda}))}\right) \text{ dB(A)}$$

$$83 = 10\log 5 + 10\log(10^{(0,1*\text{Leq sonda}))} \text{ dB(A)}$$

$$\text{Leq sonda} = 76 \text{ dB(A)}$$

⁶ Planteada en el punto 2.6.1.2. ecuación 2

Para el caso del martillo neumático y compresor, la norma se refiere por separado para cada equipo por lo cual también se utilizó la fórmula para sumar niveles de Leq.

Cuando existe más de una entrada para la misma actividad o equipo, se optó por enumerar todos los valores de LeqA y promediarlos según el procedimiento descrito en el Método de LeqA de la actividad de la Norma BS-5228.

3.2.6. Ejemplo práctico de cálculo utilizando el procedimiento a seguir por el Método de LeqA de la actividad. Norma BS-5228.

Ejemplo para una faena en etapa de excavación. Figura 10.

Se debe compactar un terreno, en un sitio próximo a un edificio. Para esto se necesita dos placas compactadoras BOMAG que trabajan a una potencia de 5 Hp, accionados por un motor diesel. Además, se necesita drenar una zanja con una motobomba de 4" de sección que trabaja con una potencia de 7,5 Hp, y nivelar un sendero de 50 m de longitud mediante una motoniveladora de 135 Hp de potencia.

Durante el día laborable de 8 hrs. los equipos están en uso por los siguientes períodos:

- Placa compactadora; 4 hrs.
- Motobomba; 6 hrs.
- Motoniveladora; 5 viajes a una velocidad aproximada de 6 km/h.

El ejemplo predice la dosis de ruido en la fachada del edificio que se encuentra más próxima a las actividades del sitio.

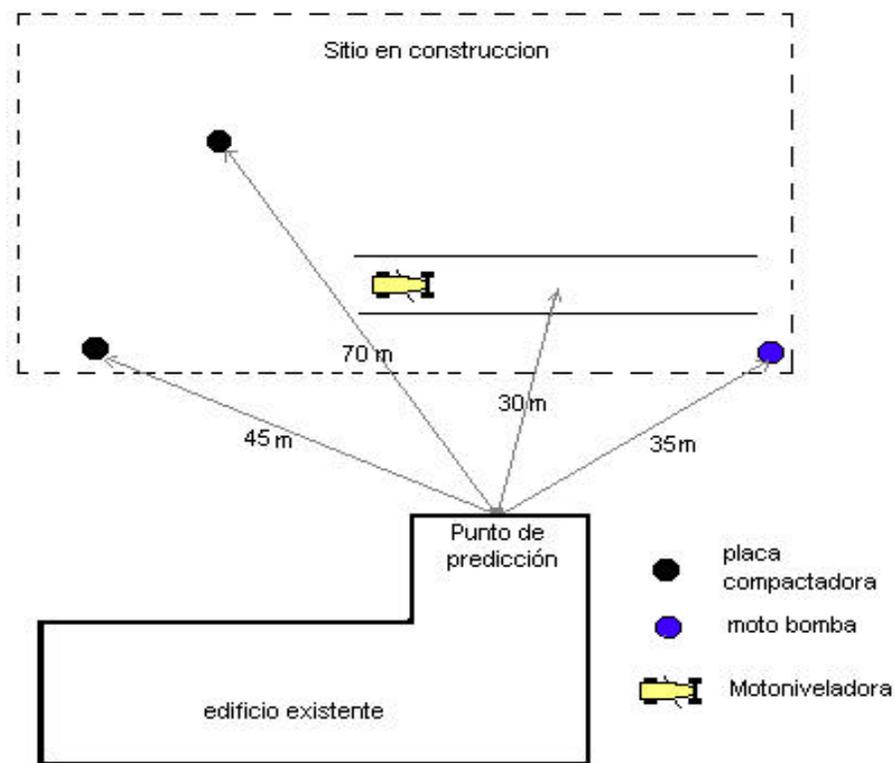


Figura 10. Croquis que muestra la localización de los equipos con relación al punto de predicción.

Siguiendo el procedimiento descrito para el método de LeqA de la actividad, se seleccionó la maquinaria de la Base de Datos creada, según las actividades que realizan, modelos y potencias, descritas en la Tabla 5.

Referencia	Nombre del equipo	Marca	Potencia	Distancia (m)	Leq dB(A)
11	Placa compactadora	BOMAG	5 Hp	2,0	99,8
52	Motoniveladora	CATERPILLAR	155 Hp	4,0	80,9
19	Motobomba	ROBIN	7,5 Hp	2,0	88,0

Tabla 5 Maquinaria seleccionada de la Base de Datos para el ejemplo.

Luego se debe calcular el ajuste de distancia a través de la fórmula de decaimiento, resultando los siguientes valores:

Placas compactadoras

$$LeqA(45m) = 99.8 - 20\log(45/2) = 72.8 \text{ dB(A)}$$

$$LeqA(70m) = 99.8 - 20\log(70/2) = 68.9 \text{ dB(A)}$$

Motobomba

$$LeqA(35m) = 88.0 - 20\log(35/2) = 63.1 \text{ dB(A)}$$

Motoniveladora

$$LeqA(30m) = 80.9 - 20\log(30/4) = 63.4 \text{ dB(A)}$$

Debido a que el punto de predicción se ubica en la proximidad de la fachada del edificio, a estos valores se le debe agregar una bonificación de 3 dB(A) por reflexión según lo descrito en la norma.

Placas compactadoras

$$\text{A 45 m } Leq = 75.8 \text{ dB(A)}$$

$$\text{A 70 m } Leq = 71.9 \text{ dB(A)}$$

Motobomba

$$\text{A 35 m } Leq = 66.1 \text{ dB(A)}$$

Motoniveladora

$$\text{A 30 m } Leq = 66.4 \text{ dB(A)}$$

Luego para realizar el cálculo de la adición de estos valores, se necesita saber el tiempo de funcionamiento de cada equipo. Para la motoniveladora se debe estimar mediante cálculos el período de funcionamiento. A través de la velocidad promedio con la cual avanza la máquina (6 km/h), se concluye que ésta se demora 30 segundos en

recorrer el trayecto de 50 m de longitud; pero como son 5 viajes, el tiempo de operación de la máquina sería de 2,5 minutos (0,042 hrs.)

Para la obtención del Leq total se debe usar la ecuación (3) descrita anteriormente en el método de LeqA de la actividad, la que resulta:

$$\text{Leq}_{\text{Total}} = 10 \log \left(\frac{1}{8} * ((4 * 10^{0,1 * 75,8}) + (4 * 10^{0,1 * 71,9}) + (6 * 10^{0,1 * 66,1}) + (0,042 * 10^{0,1 * 66,4})) \right) \text{ dB(A)}$$

$\text{Leq}_{\text{Total}} = 74.7 \text{ dB(A)}$, para un período de trabajo de 8 horas.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

De acuerdo con los objetivos planteados se confeccionó una Base de Datos, la cual sirve de herramienta, para obtener predicciones de niveles de ruido. Esta se presenta en un archivo con formato Excel, la cual trabaja con mediciones de LeqA de ruidos generados por diferentes equipos que se usan en la construcción en sitios abiertos. Esta se basó en dos tipos de metodologías de medición relativamente sencillas (para maquinaria móvil y fija). Para cada metodología se creó una ficha en la cual se puede recopilar en una forma fácil los datos y especificaciones técnicas de la maquinaria usada en la construcción, por lo cual esta Base de Datos puede ampliarse con el tiempo.

La metodología empleada para la maquinaria móvil es la más adecuada para predecir niveles de ruido mediante Leq, debido a que las velocidades y las distancias dentro del sitio de una construcción son relativamente pequeñas, por lo cual, los datos de Leq medidos a través de este procedimiento, pueden ser ocupados de la misma manera que un equipo fijo, considerando los mismos valores de trayecto y velocidad empleada; y de esta manera poder predecir los niveles de ruido a diferentes distancias.

Los motores de búsqueda de la Base de Datos, se basan en descripciones específicas de la máquina, lo que puede resultar ambicioso, considerando la gran cantidad de marcas y modelos de maquinaria que se usa en la construcción. No obstante, este tipo de clasificación y medición empleada, se acerca en forma más precisa a la obtención de niveles de presión sonora continuo equivalente del equipo específico que está siendo utilizado, para así llegar a predecir de una manera más exacta los ruidos generados durante las etapas de la construcción.

Debido a las existentes limitaciones de poder adquirir estas mediciones de las empresas, en cuanto al tiempo de medición y las condiciones ideales para registrar los

datos de ruido del equipo, no se pudo realizar un catastro mayor para agrandar la Base de Datos

Al hacer la comparación de algunos de los resultados obtenidos, se observó una relativa similitud con los entregados por las tablas que establece la Norma Británica; teniendo en cuenta que, éstas tablas están referidas a nueve etapas que se dividen en una variedad de faenas de construcción, en donde se trabaja con maquinaria de gran peso y alcance, no considerando maquinaria pequeña o de taller, como ser esmeriles angulares, roto martillos, taladros, lijadoras, etc. Además, las tablas no especifican muy bien el tipo de maquinaria que se está evaluando, ya que se basan en el trabajo realizado por un determinado tipo de equipo, solamente describiéndolo a través de su potencia y capacidad.

Esta metodología basada en la obtención de Leq para los equipos empleados en la construcción, puede servir como herramienta para las empresas constructoras que necesitan hacer Estudios de Impacto Ambiental para predecir niveles de ruido. Para esto, ellas deberían realizar un inventario, basado en las fichas creadas de recolección, para toda su maquinaria que interviene en los procesos de ejecución de alguna obra. De esta manera, ellas lograrán predecir en forma más exacta los niveles de ruidos generados en sus etapas productivas.

Por otro lado, durante las fases de vida del proyecto se tendría que especificar claramente los parámetros de control y su determinación, por lo cual, sería conveniente no solo conocer los niveles equivalentes, sino también, los niveles de potencia sonora y los espectros producidos por el ruido, ya que no sólo afecta el nivel energético, sino también la distribución de los mismos.

AGRADECIMIENTOS.

Deseo agradecer a las empresas como CHILEMAQ, al Sr. Eduardo Aguilar representante legal de DICAR, ASENAV, SOCOVESA y todos los operadores de maquinaria de terreno, que gracias a su paciencia se pudo realizar este trabajo de tesis.

También, una dedicación en especial de este trabajo a mis padres los cuales me han apoyado en el transcurso de toda mi vida, a mi señora y mi hijo Gabriel.

LITERATURA CITADA.

- [1] *"Reglamento Del Sistema De Evaluación De Impacto Ambiental"*. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. GOBIERNO DE CHILE. 1997
- [2] Decreto Supremo N° 146/97 del MINSEGPRES, *"Norma de Emisión de Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas"*.1997.
- [3] Norma Britanica BS-5228 *"Noise control on construction and open sites"* Parte 1. 1984.
- [4] *"Guía Para La Elaboración Y Revisión De Declaraciones De Impacto Ambiental"*, GOBIERNO DE CHILE. Comisión Nacional del Medio Ambiente. (CONAMA). www.conama.cl/
- [5] *"Criterios de Revisión de Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental con Relación a la Contaminación Acústica"*. Servicio de Salud del Medio Ambiente. www.sesma.cl/.
- [6] Sr. David González. Ingeniero Acústico. Representante de la Cámara Chilena de la Construcción. *Encuentro de Acústica 2002*. Universidad Pérez Rosales. Octubre 2002.
- [7] Fundación ISTAS, Cuadernos Sindicales de Salud Laboral: El control del ruido en la práctica: 100 ejemplos y soluciones prácticas. España. www.istas.ccoo.es/rs/
- [8] Manual *"Transit Noise and Vibration Impact Assessment"*. Harris Miller & Hanson Inc. 1995. www.hmmh.com

ANEXOS.

TITULO I del REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Ministerio Secretaría General de la Presidencia

DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE CHILE

Jueves 3 de Abril de 1997

(Nº 35.731; Página 5 a 16)

Núm. 30.- Santiago, 27 de Marzo de 1997-

VISTO: Las facultades que me confiere el Nº 8 del Artículo 32 de la Constitución Política de la República, y teniendo presente lo dispuesto en la Ley Nº 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

DECRETO:

TITULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- El presente Reglamento establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Artículo 2.- Para los efectos de este Reglamento se entenderá por:

- (a) Ley: Ley Nº 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- (b) Órgano de la administración del Estado con competencia ambiental: Ministerio, servicio público, órgano o institución creado para el cumplimiento de una función pública, que otorgue algún permiso ambiental sectorial de los señalados en este Reglamento, o que posea atribuciones legales asociadas directamente con la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza, el uso y manejo de algún recurso natural y/o la fiscalización del cumplimiento de las normas y condiciones en base a las cuales se dicta la resolución calificatoria de un proyecto o actividad.
- (c) Zona con valor paisajístico: porción de territorio, perceptible visualmente, que posee singular belleza escénica derivada de la interacción de los elementos naturales que la componen.

Artículo 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

- (a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas.

Presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de:

- (a.1) Presas cuyo muro tenga una altura igual o superior a cinco metros (5 m) o una longitud de coronamiento igual o superior a quince metros (15 m).

- (a.2) Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie.

Drenaje o desecación de cuerpos naturales de aguas tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas, turberas, vegas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en el inciso anterior, cuya superficie afectada sea igual o superior a diez hectáreas (10 há), tratándose de las Regiones I a IV, o a veinte hectáreas (20 há), tratándose de las Regiones V a VII y Metropolitana, o a treinta hectáreas (30 há), tratándose de las Regiones VIII a XII.

Se exceptuarán de lo dispuesto en este literal, la desecación de suelos con problemas de drenaje y cuya principal fuente de abastecimiento de agua provenga de aguas lluvias, tales como los suelos "ñadis".

- (a.3) Dragado de fango, piedras, arenas u otros materiales de cursos o cuerpos de aguas terrestres, en una cantidad igual o superior a veinte mil metros cúbicos (20.000 m³) de material a extraer y/o a remover, tratándose de las Regiones I a III, o a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³) de material a extraer y/o a remover, tratándose de las regiones IV a XII.

Dragado de fango, piedras, arenas u otros materiales de cursos o cuerpos de aguas marítimas, en una cantidad igual o superior a cien mil metros cúbicos (100.000 m³) de material a extraer y/o a remover.

- (a.4) Defensa o alteración de un cuerpo, cauce o curso natural de agua terrestre, tal que para su modificación se movilice una cantidad igual o superior a veinte mil metros cúbicos de material (20.000 m³), tratándose de las regiones I a V y Metropolitana, o cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³), tratándose de las regiones VI a XII.

- (b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones.

- (c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW.
- (d) Reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas.
- (e) Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas.
- (f) Puertos, vías de navegación, astilleros y terminales marítimos.
- (g) Proyectos de desarrollo urbano o turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes a que alude la letra h) del artículo 10 de la Ley.

Se entenderá por proyectos de desarrollo urbano aquellos que contemplen obras de edificación y urbanización cuyo destino sea habitacional, industrial y/o de equipamiento, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- (g.1) Conjuntos habitacionales con una cantidad igual o superior a ochenta (80) viviendas en áreas rurales, o ciento sesenta (160) viviendas en zonas con límite urbano.
- (g.2) Proyectos de equipamiento tales como centros comerciales; recintos para aparcamiento de vehículos; restaurantes, salas y recintos de espectáculos, discotecas y otros similares; recintos o parques de diversiones; recintos o instalaciones deportivas; recintos que se habiliten en forma permanente para la realización de ferias; establecimientos educacionales o cementerios.

Asimismo, se entenderá por proyectos de desarrollo turístico aquellos que contemplen obras de edificación y urbanización destinados al uso habitacional y/o de equipamiento para fines turísticos, tales como centros para alojamiento turístico; campamentos de turismo o campings; o sitios que se habiliten en forma permanente para atracar y/o guardar naves especiales empleadas para recreación.

- (h) Planes regionales de desarrollo urbano, planes intercomunales, planes reguladores comunales, planes seccionales, proyectos industriales o inmobiliarios que los modifiquen o que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas.
- (i) Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles.

Extracción industrial de áridos, turba o greda. Se entenderá que estos proyectos o actividades son industriales cuando se trate de:

- (i.1) extracción de áridos o greda en una cantidad igual o superior a cuatrocientos metros cúbicos diarios (400 m³/d) o cien mil metros cúbicos (100.000 m³) totales de material extraído durante la vida útil del proyecto o actividad; o

(i.2) extracción de turba en una cantidad igual o superior a cinco toneladas diarias (5 t/d), en base húmeda, o mil toneladas totales (1.000 t), en base húmeda, de material extraído durante la vida útil del proyecto o actividad.

(j) Oleoductos, gasoductos, ductos mineros u otros análogos.

(k) Instalaciones fabriles, tales como metalúrgicas, químicas, textiles, productoras de materiales para la construcción, de equipos y productos metálicos y curtiembres, de dimensiones industriales. Se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales cuando se trate de:

(k.1) Instalaciones fabriles que presenten o cumplan, al menos, una de las siguientes características o circunstancias:

(k.1.1) Consumo de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, igual o superior a trescientos kilogramos por hora (300 kg/h), calculado como el consumo mensual dividido por el número de horas de producción en el mes.

(k.1.2) Potencia instalada igual o superior a dos mil kilovoltios-ampere (2.000 KVA), determinada por la suma de las capacidades de los transformadores de un establecimiento industrial.

Tratándose de instalaciones fabriles en que se utilice más de un tipo de energía y/o combustibles, el límite de dos mil kilovoltios-ampere (2.000 KVA) considerará la suma equivalente de los distintos tipos de energía y/o combustibles utilizados.

(k.2) Instalaciones fabriles correspondientes a curtiembres cuya capacidad de producción corresponda a una cantidad igual o superior a treinta metros cuadrados diarios (30 m²/d) de materia prima de cueros.

(l) Agroindustrias, mataderos, planteles y establos de crianza, lechería y engorda de animales, de dimensiones industriales. Se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales cuando se trate de:

(l.1) Agroindustrias, donde se realicen labores u operaciones de limpieza, clasificación de productos según tamaño y calidad, tratamiento de deshidratación, congelamiento, empacamiento, transformación biológica, física o química de productos agrícolas, y que tenga capacidad para generar una cantidad total de residuos sólidos igual o superior a ocho toneladas por día (8 t/d), en algún día del período de producción, o que generen residuos tóxicos.

(l.2) Mataderos con capacidad para faenar animales en una tasa total de producción final igual o superior a doce toneladas por hora (12 t/h), medida como el promedio del período de producción.

(l.3) Planteles y establos de crianza y/o engorda de ganado bovino para producción de carne, donde se mantengan confinadas, en patios de alimentación, por más de un mes, un número igual o superior a trescientas (300) unidades animal.

(l.4) Planteles y establos de engorda, postura y/o reproducción de animales avícolas con capacidad para alojar diariamente una cantidad igual o superior a cien mil (100.000) pollos o veinte mil (20.000) pavos; planteles de crianza y/o engorda de animales porcinos, ovinos, caprinos u otras especies similares, con capacidad para alojar diariamente una cantidad, equivalente en peso vivo, igual o superior a cincuenta toneladas (50 t).

(l.5) Planteles de lechería de ganado bovino u ovino donde se mantengan confinadas, en régimen, en patios de alimentación, un número igual o superior a trescientas (300) unidades animal.

(m) Proyectos de desarrollo o explotación forestales en suelos frágiles, en terrenos cubiertos de bosque nativo, industrias de celulosa, pasta de papel y papel, plantas astilladoras, elaboradas de madera y aserraderos, todos de dimensiones industriales. Se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales cuando se trate de:

(m.1) Proyectos de desarrollo o explotación forestales que abarquen una superficie única o agregada de más de veinte hectáreas anuales (20 há/año), tratándose de las Regiones I a IV, o de doscientas hectáreas anuales (200 há/año), tratándose de las Regiones V a VII, incluyendo la Metropolitana, o de quinientas hectáreas anuales (500 há/año), tratándose de las Regiones VIII a XI, o de mil hectáreas anuales (1.000 há/año), tratándose de la Región XII, y que se ejecuten en:

suelos frágiles, entendiéndose por tales aquellos susceptibles de sufrir erosión severa debido a factores limitantes intrínsecos, tales como pendiente, textura, estructura, profundidad, drenaje o pedregosidad; o terrenos cubiertos de bosque nativo, entendiéndose por tales lo que se señale en la normativa pertinente.

(m.2) Industria de celulosa, de pasta de papel y de papel, cuyo consumo anual de madera sea igual o superior a trescientos cincuenta mil metros cúbicos sólidos sin corteza (350.000 m³ssc/año).

- (m.3) Plantas astilladoras y aserraderos cuyo consumo de madera, como materia prima, sea igual o superior a veinticinco metros cúbicos sólidos sin corteza por hora (25 m³ssc/h).
- (m.4) Plantas elaboradoras de paneles cuyo consumo de madera, como materia prima, sea igual o superior a diez metros cúbicos sólidos sin corteza por hora (10 m³ssc/h).
- (n) Proyectos de explotación intensiva, cultivo, y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos. Se entenderá por proyectos de explotación intensiva aquellos que impliquen la utilización, para cualquier propósito, de recursos hidrobiológicos que se encuentren oficialmente declarados en alguna de las siguientes categorías de conservación: en peligro de extinción, vulnerables, y raras; y que no cuenten con planes de manejo; y cuya extracción se realice mediante la operación de barcos fábrica o factoría.
- (ñ) Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas. Se entenderá que estos proyectos o actividades son habituales cuando se trate de:
- (ñ.1) Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización de sustancias tóxicas, con fines industriales y/o comerciales, en una cantidad igual o superior a cien kilogramos (100 kg) mensuales.
 - (ñ.2) Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización de sustancias explosivas, inflamables, corrosivas o reactivas, con fines industriales y/o comerciales, en una cantidad igual o superior a diez toneladas (10 t) mensuales.
 - (ñ.3) Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización de sustancias radioactivas con fines industriales y/o comerciales.
- (o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos.
- (p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otra área colocada bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita.
- (q) Aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados o a cursos o masa de aguas que puedan ser afectadas.

Se entenderá por aplicación masiva los planes y programas destinados a prevenir la aparición o brote de plagas o pestes, así como también aquellos planes y programas operacionales destinados a erradicar la presencia de plagas cuarentenarias ante emergencias fitosanitarias o zoonosanitarias, que se efectúen por vía aérea sobre una superficie igual o superior a mil hectáreas (1.000 há). Asimismo, se entenderá que las aplicaciones en zonas rurales son próximas cuando se realicen a una distancia inferior a cinco kilómetros (5 km) de centros poblados o a cursos o masas de aguas.

**TITULO II de la LEY Nº19300, LEY DE BASES DEL MEDIO AMBIENTE,
Publicada en El Diario Oficial el 9 De Marzo de 1994.**

**TITULO II
DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**Párrafo 2º
Del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

Artículo 8º. Los proyectos o actividades señalados en el artículo 10 sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental, de acuerdo a lo establecido en la presente ley.

Todos los permisos o pronunciamientos de carácter ambiental, que de acuerdo con la legislación vigente deban o puedan emitir los organismos del Estado respecto de proyectos o actividades sometidos al sistema de evaluación, serán otorgados a través de dicho sistema, de acuerdo a las normas de este párrafo y su reglamento.

Corresponderá a la Comisión Regional o Nacional del Medio Ambiente, en su caso, la administración del sistema de evaluación de impacto ambiental, así como la coordinación de los organismos del Estado involucrados en el mismo, para los efectos de obtener los permisos o pronunciamientos a que se refiere el inciso precedente.

Artículo 9º. El titular de todo proyecto o actividad comprendido en el artículo 10 deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental o elaborar un Estudio de Impacto Ambiental, según corresponda. Aquellos no comprendidos en dicho artículo podrán acogerse voluntariamente al sistema previsto en este párrafo.

Las Declaraciones de Impacto Ambiental o los Estudios de Impacto Ambiental se presentarán, para obtener las autorizaciones correspondientes, ante la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región en que se realizarán las obras materiales que contemple el proyecto o actividad, con anterioridad a su ejecución. En los casos en que la actividad o proyecto pueda causar impactos ambientales en zonas situadas en distintas regiones, las

Declaraciones o los Estudios de Impacto Ambiental deberán presentarse ante la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

En caso de dudas, corresponderá a esta Dirección determinar si el proyecto o actividad afecta zonas situadas en distintas regiones, de oficio o a petición de una o más Comisiones Regionales del Medio Ambiente o del titular del proyecto o actividad.

El proceso de revisión de las Declaraciones de Impacto Ambiental y de calificación de los Estudios de Impacto Ambiental considerará la opinión fundada de los organismos con competencia ambiental en las materias relativas al respectivo proyecto o actividad, para lo cual la Comisión Regional o Nacional del Medio Ambiente, en su caso, requerirá los informes correspondientes.

Artículo 10º. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes:

- a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas;
- b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones;
- c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW.
- d) Reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas;
- e) Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas;
- f) Puertos, vías de navegación, astilleros y terminales marítimos;
- g) Proyectos de desarrollo urbano o turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes a que alude la letra siguiente;
- h) Planes regionales de desarrollo urbano, planes intercomunales, planes reguladores comunales, planes seccionales, proyectos industriales o inmobiliarios que los modifiquen o que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas;

- i) Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba o greda;
- j) Oleoductos, gasoductos, ductos mineros u otros análogos;
- k) Instalaciones fabriles, tales como metalúrgicas, químicas, textiles, productos de materiales para la construcción, de equipos y productos metálicos y curtiembres, de dimensiones industriales;
- l) Agroindustrias, mataderos, planteles y establos de crianza, lechería y engorda de animales, de dimensiones industriales;
- m) Proyectos de desarrollo o explotación forestales en suelos frágiles, en terrenos cubiertos de bosque nativo, industrias de celulosa, pasta de papel y papel, plantas astilladoras, elaboradoras de madera y aserraderos, todos de dimensiones industriales;
- n) Proyectos de explotación intensiva, cultivo, y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos;
- ñ) Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas;
- o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos;
- p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita, y
- q) Aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados o a cursos o masas de agua que puedan ser afectadas.

Artículo 11. Los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- a) Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos;

- b) Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire;
- c) Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos;
- d) Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar;
- e) Alteración significativa, en términos de magnitud o duración del valor paisajístico o turístico de una zona, y
- f) Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que señale el reglamento.

Reseña al Apéndice C, Norma Británica BS-5228, Parte 1.

Tablas de datos de niveles de ruido de equipamiento y actividades en sitios abiertos.

En este apéndice, existen tablas que proporcionan una guía de búsqueda, para los niveles de ruido de equipos empleados en la construcción en sitios abiertos. La descripción de las tablas se basan en operaciones de trabajos las que se detallan a continuación:

Tabla N°6. Datos de niveles de ruido en demolición.

- Demolición con bola cayendo.
- Rompiendo concreto al nivel de tierra.
- Rompiendo concreto para drenaje.
- Rompiendo cimientos de concreto.
- Rompiendo concreto.
- Rompiendo tierra dura.
- Rompiendo enladrillado
- Rompiendo escombros.
- Serrando madera.
- Desarmado de ventanas.

Tabla N°7 Datos de niveles de ruido de la preparación del sitio.

- Despejado del sitio
- Excavación de tierra.
- Volcado de relleno.

- Desparramo de relleno.
- Nivelación de terreno.
- Zanjado.
- Llenado de zanjas.
- Nivelación y descargos pesados.
- Aplanado de grava y ladrillo.
- Compactando relleno.
- Compactando bases profundas.
- Compactando tierra.
- Taladrando tierra consolidada.
- Construcción de muro de contención.

Tabla N°8 Datos de niveles de ruido en la construcción de pilotes.

Los datos aquí descritos se basan en trabajos de martilleo (ruido de impacto), entregando Leq dB(A) a 10 m para un ciclo de impacto.

Tabla N°9 Datos de niveles de ruido en operaciones con concreto.

- Preparación, mezclado y descargado de cemento.
- Mezclado y bombeado de la lechada.
- Fijando refuerzos.
- Bombeando cemento dentro de pilotes barrenados.
- Bombeando cemento a fundaciones, y compactación.
- Bombeando cemento a segundo piso.
- Concreto sobre el sitio.
- Colocando concreto a complejo de estructuras para oficina.
- Colocando concreto para fundación de vía.
- Colocando concreto y compactando.
- Regando mezcla con manguera de camión betonero.

- Bombeando concreto a secciones de puentes y compactación
- Bombeando concreto.
- Colocando concreto a cimientos barrenados. (incluyendo el regado de mezcla con manguera de camión betonero)
- Colocando concreto para fundaciones de edificios y compactación
- Compactación del concreto.
- Lozas de concreto.
- Estuco de concreto.
- Granulación de concreto.
- Moliendo placas de fundación.
- Trabajo correctivo sobre vigas de concreto.
- Reparación al revestimiento de muros.
- Cortado de tubos de cemento.
- Taladrando en viga de concreto.
- Taladrado de pilares que pasan a través de los pisos.

Tabla N°10 Datos de niveles de ruido de actividades del sitio en general.

- Desarmado de andamios
- Cargado de andamios
- Proporcionando aire comprimido a herramientas y uso en general
- Proporcionando electricidad a herramientas y uso en general.
- Proporcionando electricidad a soldadora al arco.
- Taladrando concreto
- Drenando zanjas
- Bombeando agua
- Cortando madera.
- Martillando
- Distribución de materiales.
- Operaciones de levante.

- Llegada y salida de vehículos.

Tabla N°11 Datos de niveles de ruido en obras de caminos.

- Rompiendo superficie de la vía.
- Removiendo superficie de la vía.
- Sacando superficie de la vía rota.
- Nivelación de vía.
- Prendiendo rieles de descanso del pavimento.
- Descanso del pavimento de la vía.
- Revestimientos de vías.
- Barredores de vías
- Instalación de controladores de semáforo.
- Excavación de zanjas.

Tabla N°12 Datos de niveles de ruido de carreteras.

- Nivelado de terreno y traslado de tierra.

Tabla N°13 Datos de niveles de ruido de sitios de lanzamiento de carbón.

- Taladrado de hoyos para explosión.
- Estallido y cargado.
- Acarreo en el sitio (sobrecarga)
- Rascador cargando y transportando.
- Tractor (excavando, empujando la carga, rasgando)
- Acarreo de carbón.

Tabla N°14 Datos de niveles de ruido en dragados.

- Dragando.
- Excavando lecho del río.
- Despejando orilla de río.
- Dragando grava.
- Cargando agregados de la draga.

La información proporcionada en este Apéndice C, en cuanto a la metodología empleada o mayor detalle de la información, está en las manos de CIRIA (Construction Industry Research and Information Association) disponible en el informe 64, "Noise from construction and demolition sites-measured levels and their prediction".