

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño de un Plan de control para ruido, polvo y luz en una planta
de elaboración de hormigón”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Leonardo José Montesdeoca Montesdeoca

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que me ayudaron de una u otra manera en la realización de este trabajo en especial a Gustavo Rojas y Denise Rodríguez por su constante apoyo.

DEDICATORIA

.....A MI PAPÁ

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Denise Rodríguez
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Marcos Buestán
VOCAL

Ing. Kléber Barcia
VOCAL

Índice General

CAPÍTULO 1	1
1. Generalidades de la tesis	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del problema.....	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivo General	5
1.5 Objetivos específicos	5
1.6 Estructura de la tesis.....	5
CAPITULO 2	7
2. Marco teórico	7
2.1 Introducción	7
2.2 Definiciones Generales	7
2.3 Instrumentación	13
Sonómetro Quest 2900.-.....	14
Selector de banda de octavas OB 100.-.....	19
Dosímetro de ruido Noise pro DLX.-	19
Bomba de muestreo universal SKC 224-PCXR8.-	23

Medidor de flujo de aire DryCal DC-Lite.-	25
Especificaciones de filtros para las dosimetrías de polvo.-	26
Medidor de Luz o Luxómetro (Extech instruments 407026).-	27
2.4 Técnicas de medición y muestreo	29
Sonometría Ocupacional.....	30
Dosimetría de Ruido	33
Dosimetría de Polvo.....	34
Luxometría	36
CAPITULO 3	37
3. Situación actual de la empresa	37
3.1. Descripción del proceso	37
3.2. Identificación de puntos a muestrear	43
Sonometría ocupacional.....	44
Dosimetría de ruido.....	45
Dosimetría de Polvo.....	54
Mediciones de Luz	62
3.3. Plan de trabajo de mediciones	65
CAPITULO 4	69
4. Plan de Control	69
4.1 Muestreos	69

Sonometría Ocupacional.....	69
Dosimetría de ruido.....	71
Dosimetría de Polvo.....	71
Mediciones de Luz.....	72
4.2 Mediciones Vs. Legislación.....	73
Sonometría Ocupacional.....	74
Dosimetría de ruido.....	75
Dosimetría de Polvo.....	76
Mediciones de Luz.....	77
4.3 Plan de control.....	79
Sonometría ocupacional.....	79
Dosimetría de ruido.....	86
Dosimetría de polvo.....	89
Luxometría.....	89
4.4 Costo del proyecto.....	90
CAPITULO 5.....	92
5.1 Conclusiones.....	92
5.2 Recomendaciones.....	94

Índice de figuras

FIGURA 2.1- SONÓMETRO QUEST 2900	14
FIGURA 2.2- SELECTOR DE BANDAS DE OCTAVAS OB 100	19
FIGURA 2.3- NOISE PRO DLX	23
FIGURA 2.4- MUESTREADOR SKC 224-PCXR8.....	25
FIGURA 2.5- FLUJÓMETRO DRYCAL DC-LITE.....	26
FIGURA 2.6- LUXÓMETRO EXTECH INSTRUMENTS.....	29
FIGURA 2.7- MICRÓFONO DEL DOSÍMETRO	33
FIGURA 2.8- MUESTREADOR Y FLUJÓMETRO.....	35
FIGURA 2.9- COLOCACIÓN DEL DOSÍMETRO DE POLVO	35
FIGURA 3.1- MAPA DE PROCESOS DE HORMIGÓN.....	43

Índice de tablas

TABLA 1.- CONTRAPRESIÓN TÍPICA DEL MEDIO DE MUESTREO	23
TABLA 2.- PERFIL DE FUNCIONAMIENTO DE FILTROS PARA POLVO	27
TABLA 3.- PUNTOS PARA MUESTREO DE SONOMETRÍA OCUPACIONAL.....	45

TABLA 4.- PUNTOS PARA MUESTREO DE DOSIMETRÍA DE RUIDO	53
TABLA 5.- PUNTOS PARA MUESTREO DE DOSIMETRÍA DE POLVO	62
TABLA 6.- PUNTOS PARA MUESTREO DE LUXOMETRÍA	64
TABLA 7.- ACTIVIDADES Y TIEMPOS PARA LOS MUESTREOS.....	66
TABLA 8.- TIEMPOS PARA TODOS LOS PUNTOS DE MUESTREO	67
TABLA 9.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	68
TABLA 10.- RESULTADOS SONOMETRÍA.	71
TABLA 11.- RESULTADOS DOSIMETRÍA DE RUIDO.....	71
TABLA 12.- RESULTADOS DOSIMETRÍA DE POLVO.	72
TABLA 13.- RESULTADOS DE LA LUXOMETRÍA.....	73
TABLA 14.- SONOMETRÍA OCUPACIONAL VS. LEGISLACIÓN.	74
TABLA 15.- DOSIMETRÍA DE RUIDO OCUPACIONAL VS. LEGISLACIÓN.	75
TABLA 16.- DOSIMETRÍA DE POLVO VS. NORMA ACGIH.....	76
TABLA 17.- MEDICIÓN DE LUZ VS. LEGISLACIÓN.	78
TABLA 18.- MEDICIÓN DE OCTAVAS DEL TAMBOR DE MEZCLA DEL HORMIGÓN.....	80
TABLA 19.- MEDICIÓN DE OCTAVAS DE DESCARGA DE CEMENTO AL SILO.	81
TABLA 20.- MEDICIÓN DE OCTAVAS DE BOMBEO DE HORMIGÓN EN OBRA.	83
TABLA 21.- MEDICIÓN DE OCTAVAS DEL GENERADOR DE EMERGENCIA.....	85
TABLA 22.- MEDICIÓN DE OCTAVAS DEL TALADRO NEUMÁTICO.	86
TABLA 23.- COSTO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.	90

Índice de planos

PLANO 1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	APÉNDICE E
PLANO 2 SONOMETRÍA OCUPACIONAL.....	APÉNDICE E
PLANO 3 DOSIMETRÍA DE RUIDO.....	APÉNDICE E
PLANO 4 DOSIMETRÍA DE POLVO	APÉNDICE E

Capítulo 1

1. Generalidades de la tesis

1.1 Antecedentes

La empresa hormigonera a la cual esta tesis se refiere tiene sus inicios hace 2 años que cambió su estructura organizacional llevándola a niveles internacionales y desde que esto ocurrió ha ido mejorando la calidad de sus productos, incrementando la producción debido a la fuerte demanda, y con esto se han implementado programas para el mejoramiento de las operaciones.

Uno de los puntos a mejorar el bienestar y la salud de los trabajadores; para esto, la gerencia se comprometió a desarrollar una serie de actividades para incrementar el desempeño de los que conforman toda la compañía creando ambientes de trabajo aptos para todos.

Debido a la evolución que ha tenido la empresa se han visto envueltos en una serie de normas y reglamentos nacionales e internacionales que deben cumplir, como es en la salud y bienestar de los trabajadores. En la hormigonera nunca se ha realizado ningún estudio previo de ruido de luz o polvo por lo que la presente tesis se basará en realizar planes de control sobre las mediciones que se realicen de ruido, polvo y luz en la planta de elaboración de hormigón.

1.2 Definición del problema

Uno de los problemas más grandes detectados a simple vista era el polvo que se acumulaba en el área de la bodega que hacía que

los materiales que se encontraban almacenados se deterioren y pierdan su lubricación. Por otro lado, se habían escuchado quejas de algunos trabajadores que tenían problemas con sus protectores auditivos y trabajadores que estaban en las operaciones de bombeo de hormigón en obras decían que había mucho ruido. Además, en el laboratorio al caer la noche se notaba la carencia de luz. Es por esto que se han visto en la necesidad de tener evaluaciones de higiene industrial para detectar así puntos y opciones de mejora en las diferentes operaciones de la planta.

1.3 Justificación

La necesidad de tener un control sobre los problemas de luz, ruido y polvo por parte de la planta de elaboración de hormigón le han dado a este estudio una suma importancia en cuanto a toda la información que se pueda recabar para poder tener un plan en contra de todos los puntos identificados con problemas. Además con la importancia de entrar a un mercado competitivo a nivel mundial la empresa debe cumplir una serie de normas y reglamentos que son mencionadas a continuación:

Para el ruido se rige por el reglamento 2392 “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medioambiente del trabajo” en su Capítulo V “Medio ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos” donde el Artículo 53 literal IV dice “En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y sólo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.” Y en el artículo 55 es más explícito donde habla de límites y tolerancias del ruido ocupacional.

Para la iluminación, en el mismo capítulo de esta ley en el artículo 56 se indican los niveles mínimos de luz para diferentes tipos de actividades que se realicen.

Para el polvo no hay un artículo explícito en la ley ecuatoriana que hable sobre este problema, solo para el cuidado del trabajador en lugares donde se detecte polvo, éste debe estar protegido. Para lo cual la empresa se rige con normas internacionales como es la

NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) y la ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists).

No está por demás decir que, mientras menos obstáculos los trabajadores encuentren en sus actividades cotidianas mas productivos pueden ser y como esta empresa esta comprometida con la salud y la seguridad con todos los que la conforman necesitan tener este tipo de estudio periódicamente.

1.4 Objetivo General

La presente tesis tiene por objetivo diseñar el plan de control de polvo, ruido y luz en una planta hormigonera en la provincia del Guayas.

1.5 Objetivos específicos

- Elaborar un marco de referencia que abarque todas las leyes, normas y procedimientos para las mediciones de polvo, ruido y luz.

- Establecer la condición actual de la empresa con respecto a polvo, ruido y luz.
- Elaborar un plan de trabajo para las mediciones.
- Elaborar planes para el control de los 3 tipos de mediciones.
- Elaborar recomendaciones según lo encontrado en las mediciones
- Estimar el costo del estudio.

1.6 Estructura de la tesis

En el capítulo 2 se expondrán las definiciones de algunos elementos usuales que se manejan en todas las mediciones que se desarrollarán, así como también se incluirán las normas y leyes que rigen a este tipo de actividades y por último los métodos conocidos para cada una de las mediciones.

En el capítulo 3 se hará un levantamiento de información para evaluar la empresa en la actualidad con respecto a los temas de polvo, luz y ruido describiendo el proceso de la misma para después proceder a identificar los riesgos asociados a las actividades y determinar los puntos a muestrear.

En el capítulo 4 se expondrán las mediciones que se contrastarán con las normas para identificar puntos que necesitarán ser puestos en estudio donde se desarrollará un plan de muestreos para el control de estos puntos además se determinará el costo de este estudio.

En el capítulo 5 se elaborarán las conclusiones y recomendaciones de esta tesis.

Capítulo 2

2. Marco teórico

2.1 Introducción

Para tener un punto de partida de lo que se piensa a medir es necesario tener un concepto teórico con el cual este estudio se va a guiar y será el modelo a contrastar para todas las actividades que se realicen.

Para cada una de las mediciones se deben tener en cuenta normas o leyes asociadas a las mismas para lo cual este capítulo va a concentrar toda la información. Antes de comenzar a revisar las leyes debemos definir algunos conceptos.

2.2 Definiciones Generales

Para las mediciones de ruido debemos considerar las siguientes definiciones:

Ruido Continuo: Es aquel que no presenta cambios repentinos en su nivel de presión sonora y puede ser estable o 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 Intermitente: Es aquel que se produce generalmente por variaciones en las operaciones o funcionamientos de máquinas o por una fuente de ruido continuo que pasa cerca a las personas. Puede ser fijo o variable. Presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido de Impacto: Es aquel que representa un rápido cambio en el nivel de presión sonora a intervalos (superior a 5 dB(A) Lento) no mayor a un segundo.

Sonometría: es la medición realizada con un sonómetro.

Sonómetro: Instrumento que mide y compara los sonidos e intervalos musicales.

Dosimetría: es la medición realizada con un aparato de muestreo personal.

Dosímetro de ruido: Instrumento que mide y almacena información del sonido en un tiempo determinado.

NPS: Nivel de Presión Sonora instantáneo con ponderación A. utilizado para determinar el rango de medición. La presión sonora son oscilaciones de presión por encima y por debajo de la presión atmosférica.

Como los mecanismos de respuesta del oído a cambios de presión sonora no son lineales, es conveniente usar una escala no lineal, tal como la escala de decibel. Además, según lo aplicado, solo se usa la escala de ponderación A, debido a la correlación entre los resultados medidos y las apreciaciones subjetivas.

NPSeq. (LEQ): Nivel de presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A. Se utilizó como unidad básica en todo el muestreo.

Ln: Nivel excedido el N% del intervalo de tiempo medido. En la evaluación se utilizó un intervalo de 1 MINUTO y los niveles excedentes entre L5 y L90.

NPSmax (Lmax): Nivel de Presión Sonora más alto registrado durante el muestreo.

NPSmin (Lmin): Nivel de Presión Sonora más bajo registrado durante el muestreo.

PICO (Peak): Máximo valor del nivel de presión acústica

TWA: Promedio de valoración temporal. El nivel sonoro se mide durante un periodo indeterminado de tiempo y su valor medio se calculó para 8 horas.

Dosis: Una dosis del 100% es el máximo valor permitido a una exposición de ruido acumulado por un periodo de 8 horas.

NRR: siglas en inglés para *noise reduction* que es la atenuación del sonido utilizando un medio reductor.

Para las mediciones de polvo respirable se tomarán del **Apéndice B** algunos términos que se deben destacar.

Para la medición de la luz se incluirán los términos más relevantes.

Luz.- Es una forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de

perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es lo que se conoce como "energía radiante".

Visión.- Es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones.

Campo visual.- Es la parte del entorno que se percibe con los ojos, cuando éstos y la cabeza permanecen fijos.

El flujo luminoso y la intensidad luminosa.- Son magnitudes características de las fuentes; el primero indica la potencia luminosa propia de una fuente, y la segunda indica la forma en que se distribuye en el espacio la luz emitida por las fuentes.

La iluminancia o nivel de iluminación.- Es una magnitud característica del objeto iluminado, ya que indica la cantidad de luz que incide sobre una unidad de superficie del objeto, cuando es iluminado por una fuente de luz.

Luminancia.- Es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada.

Hormigón Premezclado.- Mezcla con cualquier tipo de cemento hidráulico, agregados, agua con o sin aditivos, dosificados y

mezclado previamente con una alta precisión y tecnología en el proceso de su fabricación, entregado en estado fresco y listo para colocar en obra.

Bachada.- Volumen total de hormigón o mortero dosificado y/o mezclado en una sola operación.

Dosificación: Acción de medir por masa cada uno de los materiales componentes para producir una bachada de hormigón.

Diseño de Mezcla: Cálculo de las cantidades de materiales a utilizar para producir el hormigón más homogéneo y económico con las propiedades requeridas e indicadas por las normas y especificaciones.

2.3 Instrumentación

Para el ruido se utilizarán 2 equipos de medición:

- Sonómetro (Quest 2900 con filtro de octavas integrado Ob-100 Tipo II)
- Dosímetro de ruido (Quest Noise pro DLX)

Para el polvo se utilizará lo siguiente:

- Bomba de muestreo universal (SKC 224-PCXR8)
- Medidor de flujo de aire o flujómetro (DryCal DC Lite)

Para la medición de luz se utilizará:

- Medidor de luz de servicio pesado o Luxómetro (Extech Instruments Light meter 407026).

Sonómetro Quest 2900.-

Normativas: Cumple o responde a ANSI S1.4-1983 2900: clase 2, IEC 651-1979 y IEC 804-1984.

Pantalla: Pantalla LCD de 4 posiciones con indicador de barra adicional cuasianalógico con 2 dB de resolución y 60 dB de rango dinámico. Indicador de nivel en cifras de 0,1 dB de resolución. Indicación de hora en minutos: segundos o en horas: minutos. Indicadores de control de: estado de la batería, modos Pause-, Run así como superación de rango.



Figura 2.1- Sonómetro Quest 2900

Mediciones: Nivel de presión sonora (SPL), Nivel de duración sonora equivalente (LEQ), Nivel máximo (LMAX), Nivel mínimo (LMIN), Nivel porcentual (LN), Nivel de exposición sonora (SEL), Nivel medio de valoración temporal (TWA), Nivel sonoro día / noche (LDN), Carga de ruido común (CNEL), Tiempo de superación de rango (%OL), Exposición (PA2H), Nivel pico (Peak) (LPK), Valores del nivel máximo por impulsos (TAKM) y tiempo de medición (Rtxx). Un módulo opcional C-A permite la medición paralela del LEQ valorado como „C menos A“.

Posibilidades de medición automática: Tiempo de medición con programación previa. Comienzo / Parada dirigidos por el nivel. Comienzo del tiempo de medición programado dirigido por la hora / fecha.

Límite de rango de medición superior: Rango de medición: 20 - 140 dB en pasos de 7 60 dB.

Valoraciones de frecuencia: A, C y LIN. Con los módulos de filtro OB-100 y OB-300 también se pueden seleccionar todas las valoraciones.

Valoración temporal: Slow, Fast, Impuls y Peak. Las mediciones con Peak pueden ser valoradas con A, C o LIN. Un segundo detector de Peak podría realizar mediciones con valoración independiente. No se deben usar términos en inglés en la tesis

Micrófono: Micrófono de precisión QE 4936 extraíble, de ½"-, condensador de polarización constante (Elektret).

Rango de frecuencia: Valoración de frecuencia lineal de 4 Hz (-3 dB) a 50 kHz (-3 dB), depende e los límites de transmisión de los micrófonos.

Detector: Medición real de valores efectivos; rango de impulsos de 63 dB.

Rango dinámico: 60 dB

Rango de medición primario: 60 - 120 dB

Frecuencia y nivel de presión sonoros de eferencia: 114 dB para 1000 Hz

Dirección de referencia: 0° con micrófono de campo libre.

Linealidad del nivel: dentro del rango de medición primario máximo $\pm 0,7$ dB en relación a 94 dB.

Indicador de superación de rango: Indica la superación de rango por medio del símbolo OL en modo SPL. Indicación constante en la visualización de las mediciones guardadas, así como en la información sobre la impresión.

Atenuación de paso: dentro del rango de frecuencia inferior a 0,3 dB.

Fase de calentamiento: 30 segundos.

Tiempo de medición mínimo en modo integrador: 1 minuto para señales por impulso, 5 segundos para señales uniformes.

Memoria: Versión de 128 K: 5 parámetros de medición @ intervalo de 1 s => 4 horas de tiempo de memoria.

Un menor número de parámetros de medición a guardar y / o un mayor intervalo de medición alargarán proporcionalmente el tiempo de la memoria.

Precisión: 0,5 dB a 25 °C. 1 dB en un rango de edición fuera de los límites de -10 a + 50 °C.

Rango de temperatura: de -10 a +50 °C. Mantenimiento (con las baterías quitadas): de -20 a +60 °C.

Humedad relativa del aire: de 30 a 90 %.

Sensibilidad frente a campos magnéticos: Un campo magnético de 1 oersted (80 A/m) con 60 Hz provoca un indicador de 40 dB en valoración lineal.

Sensibilidad frente a campos electrostáticos: Despreciable si permanece puesta la rejilla del micrófono.

Baterías: dos baterías alcalinas de 9 V (6 LR 61).

Selector de banda de octavas OB 100.-

Normativas: ANSI S1.11-1986, orden 3, clase 2, subclase C; también IEC R225-1966.

Frecuencias: 10 frecuencias desde 31,5 Hz hasta 16 kHz.

Selección de las bandas: recorrido manual o automático de las frecuencias medias determinadas.

Alimentación: del Quest 2900.

Dimensiones: 84 x 71 x 47 mm

Peso: 170 g



Figura 2.2- Selector de Bandas de octavas OB 100

Dosímetro de ruido Noise pro DLX.-

Rangos de medición:

- 40 a 110dB RMS
- 70 a 140dB RMS
- 115 a 143dB Pico

Rango Dinámico:

- 70dB RMS
- 28dB Pico

Mediciones, resolución:

- Amplitud: 0.1dB
- Dosis: 0.001% hasta 9999%. Siempre aparecen 4 dígitos.
- Distribución estadística: Incrementos de 0.1dB para respuesta rápida y lenta

Número de canales:

- (1) RMS
- (1) Pico
- Frecuencias: RMS: A o C, Pico: A, C o Z

Parámetros por dosímetro:

- Respuesta: Lenta, Rápida o Impulsivo
- Tasa de Cambio: 3, 4, 5 o 6dB
- Nivel de Criterio: 40 a 140dB en incrementos de 1dB
- Criterio de Tiempo: 1 a 24 horas en incrementos de 1 hora
- Umbral: 40 a 140dB en incrementos de 1dB
- Nivel Superior: 40 a 140dB

Nivel Máximo:

- (1) FastMax

- (1) SlowMax
- 40 a 140dB

Fecha y Hora:

- DD/MMM/YYYY
- HH:MM:SS AM/PM
- Reloj de 24 horas

Perfil de Dosímetros:

- (5) Pre-establecido de fábrica
- (4) Disponibles de usuario

Aprobado:

- Seguridad Intrínseca: UL, cUL, EX, ATEX y MSHA
- Seguridad Intrínseca Pendiente: SIMTARS
- Estándares del producto: CE Mark, EN61252, ANSI S1.25

Alimentación:

- (2) Baterías de 1.5 voltios AA, celdas alcalinas desechables

Ambiental:

- Temperatura de Operación: -10 hasta +50C (+14 hasta 122F)
- Temperatura de Almacenaje: -25 hasta +60C (-13 hasta +140F)
- Humedad: 0 hasta 95% no condensada

Características Mecánicas:

- Construcción: Aluminio de grado industrial. Prueba de la caja IP-65. Cubierta de seguridad sujeta a la caja por medio de un tornillo ranurado.
- Dimensiones: 2.7" x 5" x 1.5" (68.6mm x 127mm x 38.1mm)
- Peso: 14 onzas (369g)



Figura 2.3- Noise Pro DLX

Bomba de muestreo universal SKC 224-PCXR8.-

Rango de flujo: 5 a 5000 ml/min (Modelo aprobado por UL)

(5 a 500 ml/min requiere un portador de flujo bajo ajustable).

Rango de compensación: 1000 a 2500 ml/min a contrapresión de agua de 40 pulgadas 3000 ml/min a contrapresión de agua de 35 pulgadas 4,000 ml/min a contrapresión de agua de 20 pulgadas.

Contrapresión típica del medio de muestreo (pulgadas de agua):

Caudal de flujo (l/min)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Filtro/Tamaño de poro (μm)					
25-mm MCE/0.8	6	9	12	15	18
25-mm MCE/0.45	14	22	28	35	40
37-mm MCE/0.8	2	3	4	5	6
37-mm PVC/5.0	1	1	2	2	2.5

Tabla 1.- Contrapresión típica del medio de muestreo

Control de flujo: Mantiene el flujo constante hasta $\pm 5\%$ del punto fijado.

Tiempo de funcionamiento: 8 horas como mínimo a 4000 ml/min y una contrapresión de agua de 20 pulgadas

Indicador de flujo: Rotámetro integrado con división de 250 mL, con marcas en la escala en 1, 2, 3, 4 y 5 l/min.

Fuente de alimentación: Paquete de baterías de NiCad enchufable de 6.0 V, recargable y con una capacidad de 2.0 A/h.

Seguro intrínsecamente: Aprobado por UL para: Clase I, Grupos A, B, C y D; Clase II, Grupos E, F y G; y Clase III. Código de temperatura: T3C.

Se ofrecen modelos aprobados por Ex. Comuníquese con SKC.

Temperatura de funcionamiento: -20 °C a 45 °C (-4 °F a 113 °F)

Temperatura de almacenamiento: -40 °C a 45 °C (-40 °F a 113 °F)

Temperatura de carga: 5 °C a 45 °C (41 °F a 113 °F)

Humedad de funcionamiento: Relativa de 0 a 95 %

Muestreo con múltiples tubos: Regulador integrado de presión constante, que permite a los usuarios tomar hasta cuatro muestras simultáneas en tubos a diferente caudales hasta 500 ml/min, utilizando un portador de flujo bajo ajustable opcional.

Protección contra interferencia de radiofrecuencia/electromagnética (RFI/EMI): Cumple con los requisitos establecidos en EN 55022, FCC

Parte 15 Clase B, EN 50082-1. El rango de frecuencia de la prueba de susceptibilidad a la radiación osciló entre 27 y1000 MHz.

Falla del flujo: Apagado por falla con indicador de LCD y retención de visualización del tiempo si el flujo es restringido.

Prueba de batería: La pantalla LCD muestra la condición de la batería antes de tomar la muestra.

Pantalla de tiempo: La pantalla LCD muestra el tiempo en minutos para el tiempo de muestreo transcurrido, tiempo de funcionamiento de la bomba y tiempo total transcurrido, incluido el tiempo de arranque retardado.



Figura 2.4- Muestreador SKC 224-PCXR8

Medidor de flujo de aire DryCal DC-Lite.-

El DC-Lite de DryCal es un ultra compacto flujómetro portable y de planta usado por higienistas industriales o ambientales y en aplicaciones de laboratorio. Utiliza una tecnología de pistón “casi sin fricción” y sensores foto ópticos para obtener índices de corriente volumétricos de una manera rápida y exacta.

Rangos del flujo: DCL20K 20 ml/min.-20 Lpm

Valor específico de la salida de la gama del flujo: DCL20K ± 1.0 ml/min.

Sistema de batería: 6V recargable, ácido sellado con plomo, 6-8 horas de operación típica.

Electrónico: La pantalla LCD incluye la carga de la batería. Incluye el LED de carga y el circuito automático de carga.

Rango de temperatura: 0 – 55°C.



Figura 2.5- Flujómetro DryCal DC-Lite
Especificaciones de filtros para las dosimetrías de polvo.-

Para la dosimetría de polvo es necesario escoger un filtro adecuado para hacerla medición. Para la cual el filtro prepesado y prearmado de PVC de SKC es el necesario para este muestreo.

Las especificaciones del filtro están detalladas a continuación:

Estabilidad superior del peso para un exacto resultado gravimétrico.

El peso se mantiene por 24 meses.

La baja absorción de humedad reduce el error de humedad relativa.

Elimina la necesidad de un desecado prolongado.

Natural homopolímero hidrofóbico de PVC.

Perfil de funcionamiento

Parámetro	Tamaño del poro 0.8µm.	Tamaño del poro 0.5µm.
Caída de presión (2L/min)	3.6	2.1
Peso (mg)	18	15
Grosor (µm)	90	85
Vida de almacenamiento	24 meses	24 meses

Tabla 2.- Perfil de funcionamiento de filtros para polvo

Medidor de Luz o Luxómetro (Extech instruments 407026).-

Circuito: microprocesador de un chip LSI.

Pantalla: LCD de doble función de 0.5" (13 mm) Dígitos extra grandes de 3-1/2 (1999 cuentas) con ajuste de contraste.

Medición y escalas: LUX: 0 a 50,000 LUX (3 escalas); Fc: 0 a 5000 Fc (3 escalas); Relatividad - 0 a 1999%.

Retención de datos: Congela la pantalla

Tipos de luz: Sodio, Diurna/Tungsteno, Fluorescente o Mercurio

Estructura del sensor: Coseno/ fotodiodo corregido a color cumple con C.I.E.

Almacén de memoria/Recordar: Graba/Recuerda lecturas Max/Min/Prom

Tasa de muestreo: Aprox. 0.4 sec.

Ajuste a cero: Botón pulsador

Apagado automático: Después de aproximadamente 10 minutos

Salida de datos: Interfaz serial RS 232 PC (SW optativo)

Condiciones de operación: 0 °C a 50 °C (32 °F a 122 °F); <80% RH

Fuente de poder: Batería 006P 9V CD (tipo servicio pesado).

Consumo de energía: Aprox. 5 mA CD. (vida de la batería aprox. 200 hr)

Peso: 0.71 lbs. (320 g)

Dimensiones: Instrumento: 7.1 x 2.8 x 1.3" (180 x 72 x 32 mm);
Sensor: 3.3 x 2.2 x 0.7" (85 x 55 x 17.5 mm).



Figura 2.6- Luxómetro Extech Instruments

2.4 Técnicas de medición y muestreo

Para los muestreos es necesario dividir en dos secciones: mediciones puntuales en áreas y mediciones en personas o dosimetrías. Para lo cual se debe identificar el número de personas que trabajan en la hormigonera y las actividades o cargos que realizan.

Una vez que estén identificados los puntos a muestrear los métodos para realizar las mediciones se describen a continuación:

Sonometría Ocupacional

Para este tipo de muestreo es necesario tener identificado en el proceso las áreas a muestrear e identificado el tipo de ruido.

Para esto se utiliza como guía el método de la legislación local que indica con más detalle la legislación ambiental secundaria en el Apéndice C “LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES”.

Medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija

La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectúa mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deben cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (Internacional Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior puede acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.

El micrófono del instrumento de medición se ubica a una altura entre 1,0 y 1,5m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan

reflejar el sonido. El equipo sonómetro no debe estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se debe utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determina el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determina el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos

Para esta sección esta tesis se acogerá con la normativa española del “INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO” la norma es la NTP 638 que se la expondrá en Apéndice D

Para tener una referencia cual es la metodología es necesario conocer que los protectores auditivos (orejeras o tapones) están

sometidos a la normativa que regula tanto la fabricación y comercialización como el uso de los Equipos de Protección Individual. Según dicha normativa, para obtener la necesaria certificación de la Unión Europea (CE), y puesto que se trata de EPI de categoría 2ª, se debe garantizar el cumplimiento de ciertas prestaciones a través de ensayos en laboratorio establecidos en la correspondiente normativa armonizada, en lo que constituye el examen de tipo. La prestación más importante es la atenuación que proporcionan.

Esta atenuación, es un valor constante para cada banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido en cuestión, por lo que puede decirse que, para un mismo protector, la protección varía en cada situación. Los correspondientes datos sobre la atenuación, deben figurar en el folleto informativo que el fabricante adjunta al protector auditivo. A partir de ellos se puede calcular la protección que ofrecerá dicho protector en cada caso.

Las mediciones se las realizan una vez efectuada la sonometría y si la medición es superior a 85dB [A]; se evalúa por lo menos un minuto cada escala comenzando desde la de 63 Hz hasta 8000Hz

para ver el espectro de frecuencias en ese punto. Y con esto calcular que tipo de protector auditivo se debería usar como mínimo en ese punto.

Dosimetría de Ruido

Para la dosimetría de ruido es necesario conocer ciertos datos antes de comenzar a muestrear. Para comenzar, la muestra debe ser significativa de la actividad que se esté realizando. Se debe hacer una calificación por cargos y actividad para determinar a quien se le va a colocar el dosímetro.

Una vez realizado este paso, se procede a realizar la medición donde el cuerpo del dosímetro se coloca por un lapso de 8 horas en la espalda de tal manera que no moleste en las actividades del evaluado y el micrófono se lo coloca a la altura del hombro y el cable se lo pasa por atrás para que tampoco interfiera como se muestra en la figura 7



Figura 2.7- micrófono del dosímetro

Dosimetría de Polvo

El método usado para la dosimetría de polvo es similar al de la dosimetría de ruido. Hay que evaluar las condiciones a las que el trabajador está expuesto para definir los puntos de muestreo. Una vez obtenida esta información se debe considerar algunas variables antes de iniciar la medición como son: el flujo a muestrear el tiempo que va a estar encendida la bomba.

Una amplia visión de estos factores lo da la normativa NIOSH 600 que es para material particulado que la encontramos en el Apéndice B de esta tesis.

Se debe seguir cierto procedimiento antes de iniciar cualquier medición de este tipo que se detallan a continuación:

- Conectar el flujómetro con una manguera a un cassette igual al que se va a utilizar para las muestras y con otra manguera conectar a la bomba.
- Seleccionar el flujo de la bomba verificándolo con el flujómetro y registrándolo. Se deberá hacer esto antes y después de cada medición.

De un modo gráfico se lo muestra en la figura a continuación:

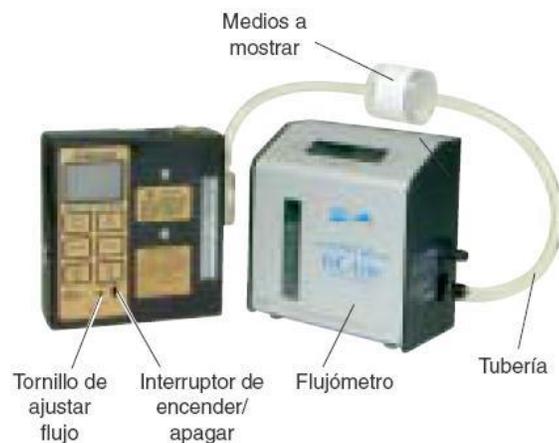


Figura 2.8- Muestreador y flujómetro

Posteriormente el equipo queda listo para ser programado para el tiempo de uso y para enganchar el medio recopilador de muestras al trabajador, en la zona de respiración.



Figura 2.9- Colocación del dosímetro de polvo

Luxometría

Para las mediciones de luz hay que reducir el campo de aplicación esta tesis solo se va a referir a mediciones de luz en áreas de trabajo mas no para estudios ergonómicos de puestos de trabajo.

Para iniciar este tipo de muestreo es importante conocer los diferentes tipos de lámparas para poder seleccionar el tipo de luz, para lo cual el Apéndice E da una referencia a los tipos de lámparas e iluminaciones que se pueden encontrar.

Este muestreo se lo realiza puntualmente en lugares donde los trabajadores se encuentren o simplemente pasen por ahí. Para

esto primero se define los lugares o áreas que se van a medir y se traza una ruta. El luxómetro que se va a usar en esta tesis tiene la capacidad de tomar valores medios entre los altos y bajos de las áreas a muestrear; esto hace que las mediciones se hagan más fáciles, una vez tomada la muestra se la registra anotando el valor medio del área.

Capítulo 3

3. Situación actual de la empresa

Para tener una visión de los puntos que se van a muestrear es necesario describir lo que hace la empresa de elaboración de hormigón.

3.1. Descripción del proceso

Para la planta de elaboración de hormigón a la cual esta tesis se refiere hay 2 procesos claves, 2 procesos de apoyo y 7 procesos de la dirección (ver figura 10) que para este estudio solo se van a analizar los procesos clave y los de apoyo que son: *Producción de hormigón* el de *Distribución de hormigón* para los claves y *Mantenimiento y Control de calidad* para los de apoyo; los cuales se describirán a continuación:

Producción de hormigón

Para la producción de hormigón es necesario que los 2 subprocesos que están descritos a continuación se cumplan.

Materias primas

Las materias primas a su vez están divididas en 2 partes: cemento y agregados.

Para el cemento se pesa el carro cisterna y se lo lleva a la zona de descarga donde se evacúa el material por medio de una bomba que conduce el cemento hacia los silos de almacenamiento y de cada carro cisterna se toma una muestra que es llevada a control de calidad donde verifican y hacen pruebas comprobando el tipo de cemento y sus especificaciones.

Para los agregados de igual manera ingresa el carro pesándose primero y de ahí yéndose a la zona de descarga que dependiendo que agregado sea tiene su lugar específico. Los tipos de agregados que se utilizan son: Piedra fina y gruesa que toman el nombre en la planta de piedra 66 y 67 respectivamente. Los otros componentes del hormigón son arena que también son de 2 tipos:

triturada y de río por las propiedades que estas aportan al hormigón.

Elaboración

La fabricación de hormigón, consiste en preparar la mezcla mediante los procesos de dosificación y mezclado, de acuerdo a las proporciones indicadas por el diseño, de modo que se obtenga una masa uniforme.

Para plantas mezcladoras, los materiales se descargan en la mezcladora para que exista un premezclado uniforme antes de entregar el producto al camión mezclador.

Distribución de hormigón

El otro proceso clave es la distribución de producto terminado que según las especificaciones del cliente es transportado hacia las obras. Este proceso a su vez tiene 2 subprocesos que son: Transporte y Bombeo.

Transporte

El hormigón se lo descarga en camiones mezcladores donde el producto terminado permanece y es mezclado hasta las diferentes obras donde lo requieren.

Bombeo

El bombeo de hormigón se lo realiza en lugares donde el camión mezclador no puede hacer un vaciado directo y se lo hace por medio de una bomba especial para hormigón, donde primero se arma una tubería hasta llegar a la zona del descargue, se conectan al camión mezclador y se inicia el bombeo de hormigón.

Mantenimiento

Hay 2 tipos de mantenimiento que se realiza en la planta que son: el preventivo y el correctivo.

En el mantenimiento preventivo se clasifican las actividades de mantenimiento definidas previamente en uno o varios planes de mantenimiento preventivo y actividades planificadas con base a las frecuencias de ejecución establecidas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del equipo, información histórica y experiencias del personal de mantenimiento encaminadas a mantener los equipos en condiciones adecuadas de operación y controlar su evolución en el tiempo. En estas actividades definidas

como rutinas se incluyen las inspecciones predictivas que son medidas para determinar y juzgar el estado actual de los equipos. Estas inspecciones tienen como propósito identificar con suficiente anticipación la necesidad de reparaciones planificadas y realizarlas según el programa.

Las inspecciones predictivas son mediciones realizadas por medio de herramientas especiales para identificar la tendencia de alguna variable de condición.

En el mantenimiento correctivo se realizan actividades encaminadas a reparar una falla no prevista. Estas pueden ser detectadas por el operador del equipo, personal de mantenimiento, personal de servicios de mantenimiento externo o cualquier persona involucrada con el equipo, durante la operación o una inspección de tipo preventivo, predictivo o correctivo, en donde se requiera restauración o cambio de repuestos de los equipos.

Control de calidad

En este proceso se realiza la inspección del producto terminado donde se determina si el producto cumple o no con las especificaciones para cada tipo de producto.

Se realizan varios tipos de pruebas que son en concordancia con normas INEN y se las menciona a continuación:

- INEN 1855: Hormigones. Hormigón premezclado – requisitos.
- INEN 488: Cementos. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm. de arista.
- INEN 158: Cementos. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat.
- INEN 1573: Hormigones. Determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigones.
- INEN 1578: Hormigones. Determinación del asentamiento.
- INEN 1763: Hormigón fresco. Muestreo.

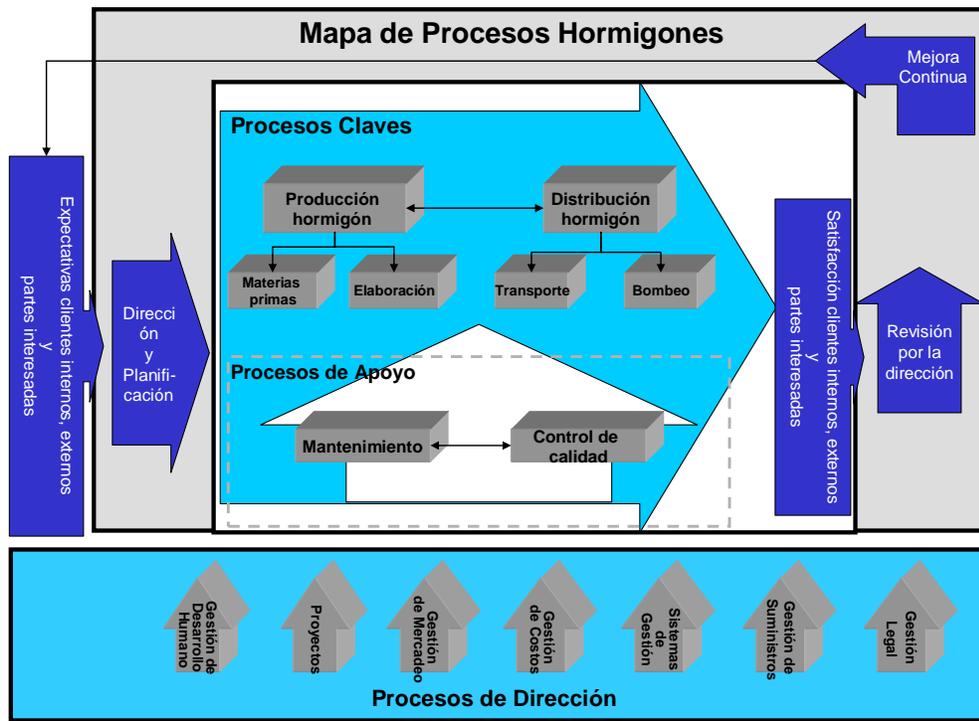


Figura 3.1- Mapa de procesos de hormigón

3.2. Identificación de puntos a muestrear

Para hacer una correcta identificación es necesario separar por tipo de muestreo para poder calificar por actividades o áreas y así, obtener los puntos que se muestrearán.

Para tener una mejor visualización de la planta y de las áreas de operación en el Plano 1 se incluye el plano de planta.

Sonometría ocupacional

Para la sonometría lo que se va a muestrear son las áreas y operaciones que generan o aportan algún tipo de ruido para el proceso de elaboración de hormigón.

Para la identificación se sondea cada área con el sonómetro hasta ir a la fuente emisora del sonido o de muchos equipos pequeños y se coloca el sonómetro en un punto en el cual se pueda captar todos los sonidos. En esta selección se identificaron los siguientes puntos que podemos constatar en el plano 2:

Ubicación	Ubicación en plano
Tambor de Mezcla de Hormigón	SO1
Bombeo de Cemento desde vehículo hacia silo de almacenamiento	SO2
Lavado de Camiones mezcladores C.Calidad	SO3
Bombeo de Hormigón (obra)	SO4
Garita	SO5
Taller mant. Mecánico	SO6
Zona de carga de hormigón	SO7
Banda transp. Silos de agregados	SO8
Laboratorio	SO9
Control Central	SO10

Torre banda dosificadoras	SO11
Motor banda transp. Silos agregados	SO12
Enfriador de Agua	SO13
Recicladora	SO14
Descarga Materia Prima (arena)	SO15
Carga de pala caterpillar (silos agregados)	SO16
Compresor Taller	SO17
Tolva de agregados	SO18
Tolva para silos de almacenamiento de agregados	SO19
Recepción y despacho de combustible	SO20
Piscina de sedimentación de aguas lluvias	SO21
Zona de secado de lodos	SO22
Oficinas	SO23
Generador de emergencia	SO24
Dentro tambor camión mezclador (Desprendimiento de Hormg. Con taladro neumático)	SO25

Tabla 3.- Puntos para muestreo de sonometría ocupacional

Dosimetría de ruido

Para las dosimetrías de ruido se da una valoración a cada puesto de trabajo dependiendo de la exposición a la fuente emisora del ruido y de las funciones que la persona u operador tengan; para lo cual se han identificado los siguientes puestos de trabajo en la hormigonera:

- Supervisor Producción
- Asistente Administrativo
- Auxiliar de Planta
- Operador de Planta
- Operador Balanza
- Operador Despacho RMX
- Operador Equipo Pesado
- Supervisor Distribución
- Auxiliar de Bombeo
- Operador de Bombeo
- Coordinador Control de Calidad
- Técnico Laboratorio
- Auxiliar de Laboratorio
- Coordinador Mantenimiento
- Supervisor Mantenimiento

- Operador Mantenimiento
- Operador de Camión mezclador
- Operador de Inventarios

De los cuales se calificaron en la tabla 4 con las funciones de cada uno como 5 la mayor exposición y 1 la menor; tomando como punto de muestreo el valor mayor promedio mayor e igual a 4 y sombreado en color rojo, como se lo muestra a continuación:

Cargo	Actividad que realiza o deba estar cerca algun tipo de ruido	Calificación					Resultado
		alto	medio alto	inter medio	medio bajo	bajo	
		5	4	3	2	1	
Supervisor Producción	Control diario de cumplimiento de producción de acuerdo a la programación establecida					x	1.5
	Control diario de consumo de materias primas y abastecimiento de las mismas					x	
	Coordinación con áreas de control de calidad, mantenimiento, distribución, sobre temas inherentes al proceso de producción.					x	
	Evaluación de tiempos del personal					x	
	Visita y supervisión de obras atendidas durante la jornada de producción		x				
	Control de inventarios de materia prima					x	
Asistente Administrativo	Hacer ordenes de pedido de suministros					x	1
	Coordinar agendas de capacitación y visitas en la planta					x	

	Distribuye toda la información externa al jefe de planta					x	
Auxiliar de Planta	Limpieza de las áreas adyacentes a la infraestructura de la planta	x					4.75
	Medición de inventarios de materias primas	x					
	Limpieza de los mezcladores de hormigón de la planta productora al final de la jornada		x				
	Recepción de camiones cisterna de cemento	x					
Operador de Planta	Carga y dosificación de materias primas para elaboración de hormigón de acuerdo a diseños establecidos				x		2
	Control del normal funcionamiento y operación de la planta.			x			
	En compañía del auxiliar de planta realizar las mediciones de los inventarios de materia prima, limpieza de mezcladora y área de trabajo			x			
	Informar sobre anomalías presentadas en los productos despachados y en la operación					x	
	Agiliter las cargas en camiones mezcladores siguiendo parámetros de operación y calidad					x	
Operador Balanza	Recepción y pesaje de materias primas			x			2.5
	Recepción y pesaje de otros productos necesarios para la operación				x		
Operador Despacho RMX	Despacho de hormigón siguiendo la programación establecida					x	2
	Coordinación de despacho de hormigón con el programador y supervisores de distribución			x			

	Velar por la buena atención y servicio a través del sistema de despachos hacia los clientes finales				x		
Operador Equipo Pesado	Recepción y control de materias primas (materiales pétreos).	x					4
	Cargue de material pétreo hacia los silos de agregados (solo en San Eduardo)	x					
	Cargue y alimentación de materia prima para producción	x					
	Limpieza de sedimentadores y compartimentos de agregados de reciclador de hormigón.		x				
	Controlar la calidad de materias primas y coordinar junto con control de calidad su análisis			x			
	Operación y limpieza de equipo pesado.				x		
Supervisor Distribución	Planificar la flota de camión mezclador y equipos de bombeo de acuerdo a la programación diaria del despacho para cumplir con los volumen establecidos					x	1.75
	Hacer visita previa a la obra para identificar dificultades y así tomar las medidas necesarias antes de la fundición		x				
	Controlar los tiempo de transporte a obras, para el cumplimiento de la programación					x	
	Hacer seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de distribución.					x	
Auxiliar de Bombeo	Revisar los accesorios para el armado de las tuberías y reportar imprevistos antes de salir a la obra				x		4
	Instalar adecuadamente la tubería en la obra para la colocación del concreto	x					

	Bombeo de hormigón en obra	x						
	Limpia los accesorios a su cargo para minimizar el recambio.		x					
Operador de Bombeo	Revisar diariamente el estado general y funcionamiento del camión de arrastre y bomba para minimizar el tiempo de mantenimiento de los equipos.				x		3.167	
	Reportar semanalmente al Supervisor de Distribución los daños considerables mediante el checklist de mantenimiento para planificar los arreglos de los equipos.					x		
	Transporta de manera segura el equipo de bombeo a la obra y armar con los ayudantes de bombeo la tubería de transporte de hormigón para colocarlo en el elemento que se va a fundir.	x						
	Operar el equipo de bombeo para la conducción adecuada del hormigón al sitio de fundición	x						
	Realizar la limpieza diaria de los equipos y accesorios para mantenerlos en buen estado.		x					
	Entregar el reporte diario de bombeo al superior inmediato para que pueda ser analizado y obtener los resultados de la operación							x
Coordinador Control de Calidad	Evaluación periódica de los resultados de ensayo sobre hormigón con el objeto de verificar que se cumplan los requisitos de calidad en términos de aceptación conforme a las normas técnicas legales del país				x		1.125	
	Optimización de los diseños de mezcla en las plantas de hormigón mediante la herramienta mix master design					x		

	Control y seguimiento de los costos de materia prima					X	
	Planificar, coordinar, evaluar y rediseñar el plan de calidad de las plantas para asegurar el cumplimiento de las especificaciones en los productos terminados.					X	
	Dar soporte y apoyo a las plantas de la zona y coordinar con los jefes de plantas respectivos las actividades de control de calidad y diseños de hormigón.					X	
	Coordinar los turnos y control de horas extras del personal a su cargo					X	
	Planificar, coordinar, evaluar y rediseñar estrategias para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las materias primas y del producto terminado					X	
	Planificar, coordinar, evaluar y rediseñar planes de calibración y validación de equipos e instrumentos de medición y ensayos					X	
Técnico Laboratorio	Ejecutar Plan de Calidad			X			2.5
	Analizar de resultados de las materias primas, producto terminado y proceso de producción del hormigón para proponer acciones que aseguren un producto final de calidad, cumpliendo las especificaciones técnicas del hormigón	X					
	Capacitar Auxiliares de Laboratorio, operadores de Camión mezclador y Operadores de Bombas					X	
	Atender y asesor a clientes					X	
Auxiliar de Laboratorio	Toma de muestra y ejecución de ensayos de materia prima, hormigón fresco y endurecido	X					4.5

	Inspección y aseguramiento del correcto funcionamiento de los equipos de laboratorio		x				
Coordinador Mantenimiento	Planear y controlar los planes de mantenimiento preventivo, correctivos y paradas mayores de equipos móviles y de las plantas a su cargo asegurando la disponibilidad y funcionamiento de los equipos.					x	1.333
	Elabora, controla y hace seguimiento del presupuesto de mantenimiento de transporte, bombeo y producción para garantizar su cumplimiento.					x	
	Dar soporte y apoyo a las plantas de la zona y coordinar con los jefes de plantas respectivos las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.					x	
Supervisor Mantenimiento	Ejecutar y hacer seguimiento a los planes de mantenimiento preventivo, correctivos y paradas mayores de equipos móviles y de las plantas a su cargo asegurando la disponibilidad y funcionamiento de los equipos.				x		2.333
	Ejecutar y hacer seguimiento del presupuesto de mantenimiento de transporte, bombeo y producción para garantizar su cumplimiento.					x	
	Ejecutar el plan de Mantenimiento preventivo, correctivo y paradas.				x		
Operador Mantenimiento	Realizar las labores programadas dentro de los mantenimientos preventivos, correctivos y paradas de los equipos de transporte, bombeo y producción para mantener disponibilidad.	x					5

Operador de Camión mezclador	Revisar diariamente el estado general y funcionamiento del vehículo (camión mezclador limpios) para minimizar el tiempo de mantenimiento de las unidades.		x				4
	Reportar semanalmente al Supervisor de Distribución los daños considerables mediante el checklist de mantenimiento para planificar los arreglos de las unidades.					x	
	Visualizar el estado del hormigón y compararlo con lo especificado en la guía de remisión para evitar viajes devueltos	x					
	Transporta el hormigón a obra por las vías de fácil acceso para reducir tiempos de ciclos de transporte.	x					
	Conducir respetando las leyes de tránsito para evitar incidentes y/o accidentes en las vías de comunicación.	x					
Operador de Inventarios	Controlar la recepción, almacenamiento y despacho de los materiales para garantizar que el producto sea entregado al usuario final en óptimas condiciones.			x			2.5
	Mantener actualizado el registro de entradas y salidas de los materiales en bodega para garantizar la confiabilidad de los saldos					x	
	Controlar los saldos de existencia de materiales para efectuar la reposición oportuna y mantener niveles adecuados.					x	
	Custodiar los materiales que se encuentren codificados en el almacén	x					

Tabla 4.- Puntos para muestreo de dosimetría de ruido

Quedando definido los puntos de dosimetría para los siguientes cargos

- Auxiliar de planta
- Operador de equipo pesado
- Auxiliar de bombeo
- Operador de mantenimiento
- Operador de camión mezclador

Dosimetría de Polvo

En la dosimetría de polvo se realiza el mismo análisis con la diferencia que la sensibilidad de algunas funciones que generan polvo aumentan y tomando los mismos cargos con las mismas funciones se evalúa el personal para las dosimetrías de polvo como se muestra en la tabla 5:

Cargo	Actividad que realiza o este cerca de equipos que generen polvo	Calificación					Resultado
		alto	medio alto	intermedio	medio bajo	bajo	
		5	4	3	2	1	
Supervisor Producción	Control diario de cumplimiento de producción de acuerdo a la programación establecida					x	1.5

	Control diario de consumo de materias primas y abastecimiento de las mismas					X	
	Coordinación con áreas de control de calidad, mantenimiento, distribución, sobre temas inherentes al proceso de producción.					X	
	Evaluación de tiempos del personal					X	
	Visita y supervisión de obras atendidas durante la jornada de producción		X				
	Control de inventarios de materia prima					X	
Asistente Administrativo	Hacer órdenes de pedido de suministros					X	1
	Coordinar agendas de capacitación y visitas en la planta					X	
	Distribuye toda la información externa al jefe de planta					X	
Auxiliar de Planta	Limpieza de las áreas adyacentes a la infraestructura de la planta	X					5
	Medición de inventarios de materias primas	X					
	Limpieza de los mezcladores de hormigón de la planta productora al final de la jornada	X					
	Recepción de camiones cisterna de cemento	X					
Operador de Planta	Carga y dosificación de materias primas para elaboración de hormigón de acuerdo a diseños establecidos				X		2.4
	Control del normal funcionamiento y operación de la planta.			X			

	En compañía del auxiliar de planta realizar las mediciones de los inventarios de materia prima, limpieza de mezcladora y área de trabajo	x					
	Informar sobre anomalías presentadas en los productos despachados y en la operación						x
	Agilizar las cargas en camiones mezcladores siguiendo parámetros de operación y calidad						x
Operador Balanza	Recepción y pesaje de materias primas			x			2.5
	Recepción y pesaje de otros productos necesarios para la operación				x		
Operador Despacho RMX	Despacho de hormigón siguiendo la programación establecida			x			4
	Coordinación de despacho de hormigón con el programador y supervisores de distribución		x				
	Salen y cierran la puerta de la garita	x					
	Velar por la buena atención y servicio a través del sistema de despachos hacia los clientes finales		x				
Operador Equipo Pesado	Recepción y control de materias primas (materiales pétreos).			x			4.33333333
	Cargue de material pétreo hacia los silos de agregados	x					
	Cargue y alimentación de materia prima para producción	x					
	Limpieza de sedimentadores y compartimentos de agregados de reciclador de hormigón.	x					
	Controlar la calidad de materias primas y coordinar junto con control de calidad su análisis			x			

	Operación y limpieza de equipo pesado.	x						
Supervisor Distribución	Planificar la flota de camión mezclador y equipos de bombeo de acuerdo a la programación diaria del despacho para cumplir con los volúmenes establecidos						x	2
	Hacer visita previa a la obra para identificar dificultades y así tomar las medidas necesarias antes de la fundición	x						
	Controlar los tiempo de transporte a obras, para el cumplimiento de la programación						x	
	Hacer seguimiento a los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de distribución.						x	
Auxiliar de Bombeo	Revisar los accesorios para el armado de las tuberías y reportar imprevistos antes de salir a la obra					x		4
	Instalar adecuadamente la tubería en la obra para la colocación del concreto		x					
	Bombeo de hormigón en obra	x						
	Limpiar los accesorios a su cargo para minimizar el recambio.	x						
Operador de Bombeo	Revisar diariamente el estado general y funcionamiento del camión de arrastre y bomba para minimizar el tiempo de mantenimiento de los equipos.				x			3.33333333
	Reportar semanalmente al Supervisor de Distribución los daños considerables mediante el checklist de mantenimiento para planificar los arreglos de los equipos.						x	

	Transporta de manera segura el equipo de bombeo a la obra y armar con los ayudantes de bombeo la tubería de transporte de hormigón para colocarlo en el elemento que se va a fundir.	x					
	Operar el equipo de bombeo para la conducción adecuada del hormigón al sitio de fundición	x					
	Realizar la limpieza diaria de los equipos y accesorios para mantenerlos en buen estado.	x					
	Entregar el reporte diario de bombeo al superior inmediato para que pueda ser analizado y obtener los resultados de la operación						x
Coordinador Control de Calidad	Evaluación periódica de los resultados de ensayo sobre hormigón con el objeto de verificar que se cumplan los requisitos de calidad en términos de aceptación conforme a las normas técnicas legales del país				x		
	Optimización de los diseños de mezcla en las plantas de hormigón mediante la herramienta mix master design						x
	Control y seguimiento de los costos de materia prima						x
	Planificar, coordinar, evaluar y rediseñar el plan de calidad de las plantas para asegurar el cumplimiento de las especificaciones en los productos terminados.						x
							1.125

	Dar soporte y apoyo a las plantas de la zona y coordinar con los jefes de plantas respectivos las actividades de control de calidad y diseños de hormigón.					X	
	Coordinar los turnos y control de horas extras del personal a su cargo					X	
	Planificar, coordinar, evaluar y rediseñar estrategias para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las materias primas y del producto terminado					X	
	Planificar, coordinar, evaluar y rediseñar planes de calibración y validación de equipos e instrumentos de medición y ensayos					X	
Técnico Laboratorio	Ejecutar Plan de Calidad			X			2.5
	Analizar de resultados de las materias primas, producto terminado y proceso de producción del hormigón para proponer acciones que aseguren un producto final de calidad, cumpliendo las especificaciones técnicas del hormigón	X					
	Capacitar Auxiliares de Laboratorio, operadores de Camión mezclador y Operadores de Bombas					X	
	Atender y asesor a clientes					X	
Auxiliar de Laboratorio	Toma de muestra y ejecución de ensayos de materia prima, hormigón fresco y endurecido	X					5
	Inspección y aseguramiento del correcto funcionamiento de los equipos de laboratorio	X					

Coordinador Mantenimiento	Planear y controlar los planes de mantenimiento preventivo, correctivos y paradas mayores de equipos móviles y de las plantas a su cargo asegurando la disponibilidad y funcionamiento de los equipos.				X		1.33333333
	Elabora, controla y hace seguimiento del presupuesto de mantenimiento de transporte, bombeo y producción para garantizar su cumplimiento.					X	
	Dar soporte y apoyo a las plantas de la zona y coordinar con los jefes de plantas respectivos las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.					X	
Supervisor Mantenimiento	Ejecutar y hacer seguimiento a los planes de mantenimiento preventivo, correctivos y paradas mayores de equipos móviles y de las plantas a su cargo asegurando la disponibilidad y funcionamiento de los equipos.		X				2.66666667
	Ejecutar y hacer seguimiento del presupuesto de mantenimiento de transporte, bombeo y producción para garantizar su cumplimiento.					X	
	Ejecutar el plan de Mantenimiento preventivo, correctivo y paradas.			X			
Operador Mantenimiento	Realizar las labores programadas dentro de los mantenimientos preventivos, correctivos y paradas de los equipos de transporte, bombeo y producción para mantener disponibilidad.	X					5

Operador de Camión mezclador	Revisar diariamente el estado general y funcionamiento del vehículo (camión mezclador limpios) para minimizar el tiempo de mantenimiento de las unidades.	x					4.2
	Reportar semanalmente al Supervisor de Distribución los daños considerables mediante el checklist de mantenimiento para planificar los arreglos de las unidades.					x	
	Visualizar el estado del hormigón y compararlo con lo especificado en la guía de remisión para evitar viajes devueltos	x					
	Transporta el hormigón a obra por las vías de fácil acceso para reducir tiempos de ciclos de transporte.	x					
	Conducir respetando las leyes de tránsito para evitar incidentes y/o accidentes en las vías de comunicación.	x					
Operador de Inventarios	Controlar la recepción, almacenamiento y despacho de los materiales para garantizar que el producto sea entregado al usuario final en óptimas condiciones.	x					4
	Mantener actualizado el registro de entradas y salidas de los materiales en bodega para garantizar la confiabilidad de los saldos			x			
	Controlar los saldos de existencia de materiales para efectuar la reposición oportuna y mantener niveles adecuados.			x			
	Custodiar los materiales que se encuentren codificados en el almacén	x					

Tabla 5.- Puntos para muestreo de dosimetría de polvo

De los cuales se resaltan en rojo los que se les realizarán la dosimetría de polvo y se adicionará un punto neutral que es el de la asistente administrativo para tener una referencia del polvo que podría haber dentro de una oficina; los cargos se los muestra a continuación:

- Auxiliar de planta
- Operador de despacho RMX
- Operador equipo pesado
- Auxiliar de bombeo
- Auxiliar de laboratorio
- Operador de mantenimiento
- Operador de camión mezclador
- Operador de inventarios
- Asistente administrativo

Mediciones de Luz

Para la luxometría es necesario identificar las áreas donde se realiza alguna actividad ya sea de oficina o de planta. Para la cual se han identificado las siguientes áreas principales:

- Elaboración
- Almacenamiento de materias primas
- Mantenimiento
- Control de calidad
- Oficinas y otros

Donde en la tabla 6 se destacan las sub-áreas y se muestran todos los puntos a muestrear.

Proceso	Ubicación
Elaboración	Trituradora de Agregados
	Torre banda dosificadora
	Tambor de mezcla de hormigón
	Despacho de hormigón
	Recicladora
	Cabina de control
Almacenamiento de materias primas	Silos de cemento
	Silos de agregados
	Área de recepción de agregados
Mantenimiento	Taller eléctrico mesón de trabajo 1
	Taller eléctrico mesón de trabajo 2

	Bodega de aceites
	Bodega de herramientas y materiales
	Lugares de trabajo común
	Vulcanizadora y lubricación
	Bodega de Gas
Control de calidad	Prueba cilíndrica
	Llenado de cilindros
Oficinas y otros	Oficina Principal
	Cubículo 1
	Cubículo 2
	Cubículo 3
	Cubículo 4
	Asistente de jefatura de planta
	Jefatura de planta
	Oficina control de calidad
	Cubículo 1
	Cubículo 2
	Cubículo 3
	Oficina de mantenimiento
	Cubículo 1
	Cubículo 2
	Cubículo 3
	Cubículo 4
	Otros
	Comedor
Garita	
Baños choferes	

Tabla 6.- Puntos para muestreo de Luxometría

3.3. Plan de trabajo de mediciones

Antes de iniciar las mediciones hay que tener en cuenta el tiempo el que va a llevar hacer cada muestreo para lo cual se ha separado en las actividades que se necesitan en cada una de las mediciones y se las muestra en la tabla 7 a continuación:

	Actividad	Tiempo (min.)	Observaciones
Sonometría	Calibración	10	2 veces antes y al final por día de uso
	traslado	40	depende de las distancias de los puntos (ida y vuelta)
	reconocimiento del sonido a medir	5	reconocimiento de la fuente emisora y el punto de ubicación
	Configuración del sonómetro	5	de acuerdo a la legislación nacional
	medición puntual	10	diferentes tipos dependiendo si es Ocupacional o Ambiental
	Medición con banda de octavas	20	1 minuto como mínimo por octava
	Descarga de información	20	del sonómetro a la computadora
	Elaboración del Registro	40	1 registro por punto
	Total	150	min.
Dosimetría de ruido	Calibración	10	2 veces antes y al final por día de uso
	Configuración del equipo	10	de acuerdo a la legislación nacional
	Explicación y puesta de equipo en usuario	10	se le recuerda al usuario lo que se está muestreando y la responsabilidad con el equipo
	Descarga de información	20	del dosímetro a la computadora
	Elaboración del Registro	40	1 registro por punto
	traslados	10	depende de la ubicación del usuario
	Equipo en funcionamiento	480	1 usuario por día
	Total	580	min.
Preparación de filtros	10	armado del filtro en el dosímetro	

	Calibración	20	validación del flujo a muestrear
	Configuración del equipo	10	antes de iniciar la medición
	Explicación y puesta de equipo en usuario	10	se le recuerda al usuario lo que se está muestreando y la responsabilidad con el equipo
	traslados	10	depende de la ubicación del usuario
	Elaboración del Registro	40	1 registro por punto
	Total	100	min.
Luxometría	definir ruta (punto de partida)	10	una sola vez
	identificar luz	5	Mediciones de día y de noche
	medición puntual	5	
	Traslados	15	de punto a punto
	Elaboración de registros	40	Total
	Total	75	min.

Tabla 7.- Actividades y tiempos para los muestreos.

Contrastando los datos de la tabla 7 para cada punto que se determinó en las tablas 3, 4 y 5 se determina el tiempo total para realizar todas las mediciones y se muestran en la siguiente tabla:

Actividad	Tiempo de muestreos			
	Min.	# de puntos	Total (min.)	Días (8 horas)
Sonometría	150	27	4050	8
Dosimetría de ruido	580	5	2900	6
Dosimetría de polvo	340	9	3060	6
Luxometría	75	35	2625	5
Total				26 días

Tabla 8.- tiempos para todos los puntos de muestreo

Una vez que se han determinado los tiempos que se necesitan para cada muestreo a continuación se muestra en la tabla 8 un cronograma de actividades para la realización de los muestreos dentro de los días y horas laborales.

Julio												
	3	4	5	6	7	8	9					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo					
8:00 -9:00	SO1	SO5	SO9	SO13	SO17							
9:00-10:00												
10:00-11:00												
11:00-12:00												
12:00-13:00												
13:00-14:00												
14:00-15:00												
15:00-16:00												
	10	11	12	13	14			15	16			
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes			Sábado	Domingo			
8:00 -9:00	SO21	SO25	DR1	DR2	DR3							
9:00-10:00										DP1	DP3	DP5
10:00-11:00												
11:00-12:00										DP2	DP4	DP6
12:00-13:00												
13:00-14:00												
14:00-15:00												
15:00-16:00												
	17	18	19	20	21	22	23					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo					
8:00 -9:00	DR4	DR5	DR6	L1	L9							
9:00-10:00				DP7	DP9					L2	L10	
10:00-11:00												
11:00-12:00				DP8						L3	L11	
12:00-13:00												
13:00-14:00												

14:00-15:00				L7	L15		
15:00-16:00				L8	L16		
	24	25	26				
	Lunes	Martes	Miércoles				
8:00 -9:00	L17	L25	L33				
9:00-10:00	L18	L26	L34				
10:00-11:00	L19	L27	L35				
11:00-12:00	L20	L28					
12:00-13:00	L21	L29					
13:00-14:00	L22	L30					
14:00-15:00	L23	L31					
15:00-16:00	L24	L32					

SO *Sonometría Ocupacional*
DR *Dosimetría de Ruido*
DP *Dosimetría de Polvo*
L *Luxometría*
 *Tiempo para corregir alguna anomalía de datos o mediciones*

Tabla 9.- Cronograma de actividades

Capítulo 4

4. Plan de Control

Para el plan de control se necesitan de los puntos identificados en el capítulo 3, de la legislación nacional y de la NIOSH 600 para poder tomar una decisión sobre todo lo que se encuentre en los puntos muestreados.

4.1 Muestreos

De los puntos obtenidos anteriormente se obtuvieron los siguientes datos para cada una de las mediciones:

Sonometría Ocupacional

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos en la sonometría.

Ubicación	SPL* dB [A]	Ubicación en plano
-----------	----------------	-----------------------

Tambor de Mezcla de Hormigón	90.1	SO1
Bombeo de Cemento desde vehículo hacia silo de almacenamiento	90.9	SO2
Lavado de camiones mezcladores C.Calidad	83.8	SO3
Bombeo de Hormigón (obra)	86.3	SO4
Garita	70.4	SO5
Taller Mant. Mecánico	82.5	SO6
Zona de carga de hormigón	84.6	SO7
Banda Transp. Silos de agregados	77.4	SO8
Laboratorio	70.1	SO9
Control Central	72.1	SO10
Torre banda dosificadoras	76.2	SO11
Motor banda Transp. Silos agregados	76.1	SO12
Enfriador de Agua	79.9	SO13
Recicladora	70.2	SO14
Descarga Materia Prima (arena)	72.3	SO15
Carga de pala caterpillar (silos agregados)	73.6	SO16
Compresor Taller	71.8	SO17
Tolva de agregados	80.2	SO18

Tolva para silos de almacenamiento de agregados	66.7	SO19
Recepción y despacho de combustible	64.1	SO20
Piscina de sedimentación de aguas lluvias	72.8	SO21
Zona de secado de lodos	58.6	SO22
Oficinas	66	SO23
Generador de emergencia	93.3	SO24
Dentro tambor camión mezclador (Desprendimiento de Hormg. Con taladro neumático)	106	SO25

Tabla 10.- Resultados sonometría.

Dosimetría de ruido

De la dosimetría de ruido se obtuvieron los siguientes resultados:

Cargo	TWA 8h (db)	Dosis (%)	Ubicación en plano	Hora	Fecha
Auxiliar de Planta	86.3	135.20%	DR1	8:46:54	12/7/2006
Operador Equipo Pesado	86.2	131.70%	DR2	8:36:00	13/8/2006
Auxiliar de Bombeo	91.5	450.30%	DR3	9:21:26	14/9/2006
Auxiliar de Laboratorio	90.8	382.80%	DR4	10:44:22	17/10/2006
Operador Mantenimiento	90.6	367.40%	DR5	9:03:06	18/11/2006
Operador de Camión mezclador	86.2	131.70%	DR6	10:24:11	19/12/2006

Tabla 11.- Resultados Dosimetría de ruido.

Dosimetría de Polvo

Los resultados de las dosimetrías de polvo obtenidos fueron los siguientes:

Cargo	Polvo Respirable	Ubicación en el plano	Hora	Fecha
Auxiliar de Planta	0.083 mg/L	DP1	08:15	12/07/2006
Operador Despacho RMX	0.083 mg/L	DP2	12:10	12/07/2006
Operador Equipo Pesado	0.083 mg/L	DP3	08:05	13/07/2006
Auxiliar de Bombeo	0.083 mg/L	DP4	12:02	13/07/2006
Auxiliar de Laboratorio	0.083 mg/L	DP5	08:12	14/07/2006
Operador Mantenimiento	0.083 mg/L	DP6	12:15	14/07/2006
Operador de Camión mezclador	0.083 mg/L	DP7	08:30	17/07/2006
Operador de Inventarios	1.328 mg/L	DP8	12:30	17/07/2006
Asistente Administrativo	0.083 mg/L	DP9	08:03	18/07/2006

Tabla 12.- Resultados Dosimetría de polvo.

Mediciones de Luz

De los puntos realizados de luxometría se obtuvieron los siguientes resultados:

Proceso	Ubicación	Tipo de Luz	Luxes
Elaboración	Trituradora de Agregados	F	0
	Torre banda dosificadora	L	1099
	Tambor de mezcla de hormigón	L	899
	Despacho de hormigón	F	380
	Recicladora	L	1132
	Cabina de control	L	562

Almacenamiento de materias primas	Silos de cemento	L	1442
	Silos de agregados	L	1075
	Área de recepción de agregados	L	1038
Mantenimiento	Taller eléctrico mesón de trabajo 1	F	840
	Taller eléctrico mesón de trabajo 2	F	1370
	Bodega de aceites	L	926
	Bodega de herramientas y materiales	L	430
	Lugares de trabajo común	L	1051
	Vulcanizadora y lubricación	L	1254
	Bodega de Gas	L	625
Control de calidad	Prueba cilíndrica	L	830
	Llenado de cilindros	L	705
Oficinas y otros	Oficina Principal		
	Cubículo 1	F	293
	Cubículo 2	F	256
	Cubículo 3	F	330
	Cubículo 4	F	397
	Asistente de jefatura de planta	F	720
	Jefatura de planta	F	979
	Oficina control de calidad		
	Cubículo 1	L	705
	Cubículo 2	L	457
	Cubículo 3	L	386
	Oficina de mantenimiento		
	Cubículo 1	F	364
	Cubículo 2	F	370
Cubículo 3	F	368	

	Cubículo 4	F	372
	Otros		
	Comedor	F	720
	Garita	F	370
	Baños choferes	F	320

Tabla 13.- Resultados de la luxometría.

4.2 Mediciones Vs. Legislación

En este punto se contrastarán las mediciones con las normativas y leyes designadas para cada tipo de muestreo.

Sonometría Ocupacional

De los puntos muestreados en la tabla 10 y contrastándolos con la legislación contemplada en el Apéndice A se obtuvieron los siguientes resultados:

Ubicación	SPL db [A]	Ubicación en plano	Límite permisible
Tambor de Mezcla de Hormigón	90.1	SO1	< 85 db
Bombeo de Cemento desde vehículo hacia silo de almacenamiento	90.9	SO2	< 85 db
Bombeo de Hormigón (obra)	86.3	SO4	< 85 db
Laboratorio	70.1	SO9	< 70 db

Control Central	72.1	SO10	< 70 db
Generador de emergencia	93.3	SO24	< 85 db
Dentro tambor camión mezclador (Desprendimiento de Hormg. Con taladro neumático)	106	SO25	< 85 db

Tabla 14.- Sonometría ocupacional Vs. legislación.

El límite permisible para la sonometría ocupacional esta dividido en 2 partes son 85 db en ponderación A y 70 db; el primero para la parte operativa y el segundo cuando la actividad que se realiza necesita de concentración o actividades intelectuales.

Los puntos expuestos en la tabla 14 sobrepasan el límite permisible impuesto por la legislación nacional y serán objeto de estudio para el plan de control.

Dosimetría de ruido

En el mismo caso que la sonometría; la dosimetría de ruido se basó en los mismos estatutos legales y con la condición de que la dosis a la que los trabajadores están expuestos no supere el 100%.

Cargo	TWA 8h (db)	Dosis (%)	Ubicación en el plano	Limite permisible	Hora	Fecha
--------------	------------------------	----------------------	--------------------------------------	------------------------------	-------------	--------------

Auxiliar de Planta	86.3	135.20%	DR1	decibeles < 85 db y dosis < 100 %	8:46:54	12-07-2006
Operador Equipo Pesado	86.2	131.70%	DR2		8:36:00	13-07-2006
Auxiliar de Bombeo	91.5	450.30%	DR3		9:21:26	14-07-2006
Auxiliar de Laboratorio	90.8	382.80%	DR4		10:44:22	17-07-2006
Operador Mantenimiento	90.6	367.40%	DR5		9:03:06	18-07-2006
Operador de Camión mezclador	86.2	131.70%	DR6		10:24:11	19-07-2006

Tabla 15.- Dosimetría de ruido ocupacional Vs. legislación.

De las dosimetrías obtenidas se da a notar que todos los puntos muestreados están sobre el límite permisible y serán objeto de estudio en el plan de control.

Dosimetría de Polvo

Para el polvo el código del trabajo no establece ningún límite permisible; debido a esto la empresa se acogió a la NIOSH 600 que es la norma para partículas respirables y para la tolerancia o sea su límite a la ACGIH ya que es mas estricta que las OSHA; contrastando estos límites con los obtenidos en la tabla 12 obtenemos los siguientes resultados:

Cargo	Polvo Respirable	Límite permisible	Ubicación en el plano	Hora	Fecha
Auxiliar de Planta	0.083 mg/L	< 3mg/L	DP1	8:15	12/07/2006
Operador Despacho RMX	0.083 mg/L		DP2	12:10	12/07/2006
Operador Equipo Pesado	0.083 mg/L		DP3	8:05	13/07/2006
Auxiliar de Bombeo	0.083 mg/L		DP4	12:02	13/07/2006
Auxiliar de Laboratorio	0.083 mg/L		DP5	8:12	14/07/2006
Operador Mantenimiento	0.083 mg/L		DP6	12:15	14/07/2006
Operador de Camión mezclador	0.083 mg/L		DP7	8:30	17/07/2006
Operador de Inventarios	1.328 mg/L		DP8	12:30	17/07/2006
Asistente Administrativo	0.083 mg/L		DP9	8:03	18/07/2006

Tabla 16.- Dosimetría de polvo Vs. Norma ACGIH.

De la comparación no se obtuvo ningún dato por encima del límite permisible por lo que no se puede tener suficiente información para proponer un control.

Mediciones de Luz

Los siguientes puntos se obtuvieron contrastándolos con la legislación nacional y serán objeto de estudio en el plan de control.

Proceso	Ubicación	Tipo de Luz	Luxes	Limite permisible
Elaboración	Trituradora de Agregados	F	0	50
	Torre banda dosificadora	L	1099	50
	Tambor de mezcla de hormigón	L	899	100
	Despacho de hormigón	F	380	200
	Recicladora	L	1132	100
	Cabina de control	L	562	300
Almacenamiento de materias primas	Silos de cemento	L	1442	50
	Silos de agregados	L	1075	50
	Área de recepción de agregados	L	1038	50
Mantenimiento	Taller eléctrico mesón de trabajo 1	F	840	300
	Taller eléctrico mesón de trabajo 2	F	1370	300
	Bodega de aceites	L	926	200
	Bodega de herramientas y materiales	L	430	200
	Lugares de trabajo común	L	1051	200
	Vulcanizadora y lubricación	L	1254	200
	Bodega de Gas	L	625	0

Control de calidad	Prueba cilíndrica	L	830	300
	Llenado de cilindros	L	705	50
Oficinas y otros	Oficina Principal			
	Cubículo 1	F	293	300
	Cubículo 2	F	256	300
	Cubículo 3	F	330	300
	Cubículo 4	F	397	300
	Asistente de jefatura de planta	F	720	300
	Jefatura de planta	F	979	300
	Oficina control de calidad			
	Cubículo 1	L	705	300
	Cubículo 2	L	457	300
	Cubículo 3	L	386	300
	Oficina de mantenimiento			
	Cubículo 1	F	364	300
	Cubículo 2	F	370	300
	Cubículo 3	F	368	300
	Cubículo 4	F	372	300
	Otros			
	Comedor	F	720	200
Garita	F	370	200	
Baños choferes	F	320	200	

Tabla 17.- Medición de luz Vs. Legislación.

4.3 Plan de control

Para el plan de control se colectarán los datos obtenidos de cada tipo de muestreo, se analizarán y se tomarán las medidas de prevención de riesgos estipulados por el código de trabajo;

evitando en primer lugar la generación del contaminante, en segunda instancia la emisión, en tercer lugar la transmisión del mismo y como última instancia los medios de protección personal o la exposición limitada a los contaminantes.

Sonometría ocupacional

Tambor de mezcla de hormigón es el primer punto que se va a analizar y para comenzar describiremos la función de este equipo.

El tambor se utiliza para la mezcla del cemento la arena y la piedra en diferentes proporciones hasta conseguir el hormigón solicitado por el cliente. El tambor tiene un mecanismo hidráulico para vaciar el hormigón al camión mezclador también consta de un motor que hace girar el tambor y para la alimentación lo realiza un tornillo sin fin que lleva los materiales hacia el tambor.

Todos estos elementos provocan un ruido 90.1 decibeles; se entiende que no se pueden eliminar ninguno de estos elementos o encerrarlos en alguna caja acústica para evitar la transmisión del ruido, se recomendará que se analice mantenimientos periódicos y

lubricación adecuada para disminuir el ruido producido por estos elementos.

Para probar la efectividad del protector auditivo necesario para este equipo se efectuó una medición en bandas de octavas que ayudándonos con los cálculos de la norma NTP 638 que se encuentra en el Apéndice D obtenemos el siguiente resultado:

		Frecuencia								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Leq(A)		71.6	72.4	77.5	83.7	86.5	84	79.6	71.6	90.52
EM2266 Phantom North 	NRR	16.8	11.7	20.3	29.7	37.6	31.6	33.8	30.4	70.91
	Dsv. StdX2	10	6.8	4.8	4.8	4.8	7	6	8.6	
	APV(1)	6.8	4.9	15.5	24.9	32.8	24.6	27.8	21.8	
	NRR1	64.8	67.5	62	58.8	53.7	59.4	51.8	49.8	
EM4157 Mustang North 	NRR	13.4	11.6	18.2	24.8	34.4	30.3	33.5	31.7	74.50
	Dsv. StdX2	11.4	7.6	7.2	8.4	6.4	6.4	9.4	13	
	APV(2)	2	4	11	16.4	28	23.9	24.1	18.7	
	NRR2	69.6	68.4	66.5	67.3	58.5	60.1	55.5	52.9	
1271 Tapones 3M 	NRR	26.6	27.7	28.4	29.5	29.6	35.5	35.4	38.9	78.10
	Dsv. StdX2	18.8	19.8	21.8	19.2	16.4	13.6	19.2	13.4	
	APV(3)	7.8	7.9	6.6	10.3	13.2	21.9	16.2	25.5	
	NRR3	63.8	64.5	70.9	73.4	73.3	62.1	63.4	46.1	

Tabla 18.- Medición de octavas del tambor de mezcla del hormigón.

Los diferentes protectores auditivos son los disponibles en la bodega de materiales y suministros de la hormigonera.

De la tabla podemos denotar que el Leq solo sobrepasa el límite en los 1000Hz de ahí el valor elevado es debido a la suma de

decibeles por lo que todos los protectores que tienen disponibles cubren el nivel sonoro del tambor de mezcla de hormigón.

Bombeo de Cemento desde vehículo hacia silo de almacenamiento el bombeo se lo realiza desde los carros cisterna hacia el silo por medio de una bomba especial, esta bomba está en los silos y como es indispensable para el proceso no se puede eliminar lo que se propondrá que se pruebe una caja que evite la transmisión del ruido proveniente de la misma. Y como medida de prevención se deberá usar protección auditiva. Para medir la efectividad del protector que se deberá usar en esta operación, se tiene la siguiente tabla:

Descarga de cemento desde vehículo a silo de almacenamiento

		Frecuencia									
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Leq(A)		66.3	73.5	79.2	84.3	85.3	85.1	83	66.4	90.95	
EM2266 Phantom North		NRR	16.8	11.7	20.3	29.7	37.6	31.6	33.8	30.4	71.14
		Dsv. StdX2	10	6.8	4.8	4.8	4.8	7	6	8.6	
		APV(1)	6.8	4.9	15.5	24.9	32.8	24.6	27.8	21.8	
		NRR1	59.5	68.6	63.7	59.4	52.5	60.5	55.2	44.6	
EM4157 Mustang North		NRR	13.4	11.6	18.2	24.8	34.4	30.3	33.5	31.7	74.32
		Dsv. StdX2	11.4	7.6	7.2	8.4	6.4	6.4	9.4	13	
		APV(2)	2	4	11	16.4	28	23.9	24.1	18.7	
		NRR2	64.3	69.5	68.2	67.9	57.3	61.2	58.9	47.7	
1271 Tapones 3M		NRR	26.6	27.7	28.4	29.5	29.6	35.5	35.4	38.9	78.50
		Dsv. StdX2	18.8	19.8	21.8	19.2	16.4	13.6	19.2	13.4	
		APV(3)	7.8	7.9	6.6	10.3	13.2	21.9	16.2	25.5	
		NRR3	58.5	65.6	72.6	74	72.1	63.2	66.8	40.9	

Tabla 19.- Medición de octavas de descarga de cemento al silo.

Donde se puede verificar que los 3 tipos de protectores auditivos soportan los diferentes niveles de presión sonora en las diferentes bandas de frecuencia.

Bombeo de Hormigón (obra) el bombeo se lo realiza cuando el camión mezclador no puede hacer una descarga directa y consiste en una bomba para impulsar el hormigón desde el camión mezclador hasta el sitio donde se requiera la descarga; las características de esta bomba de 72 HP y el operador que tiene que estar monitoreando la descarga, el ruido al que se está expuesto es inevitable por lo que en este caso se optará por colocar protectores auditivos para el trabajador que opere estas bombas. La efectividad del protector se la mide en la siguiente tabla:

Bombeo de hormigón en obra

		Frecuencia									
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
		Leq(A)								86.42	
EM2266 Phantom North		NRR	16.8	11.7	20.3	29.7	37.6	31.6	33.8	30.4	70.17
		Dsv. StdX2	10	6.8	4.8	4.8	4.8	7	6	8.6	
		APV(1)	6.8	4.9	15.5	24.9	32.8	24.6	27.8	21.8	
		NRR1	64.8	66.7	62.8	55.7	48.4	53.6	43.9	49.8	
EM4157 Mustang North		NRR	13.4	11.6	18.2	24.8	34.4	30.3	33.5	31.7	73.73
		Dsv. StdX2	11.4	7.6	7.2	8.4	6.4	6.4	9.4	13	
		APV(2)	2	4	11	16.4	28	23.9	24.1	18.7	
		NRR2	69.6	67.6	67.3	64.2	53.2	54.3	47.6	52.9	
1271 Tapones 3M		NRR	26.6	27.7	28.4	29.5	29.6	35.5	35.4	38.9	75.73
		Dsv. StdX2	18.8	19.8	21.8	19.2	16.4	13.6	19.2	13.4	
		APV(3)	7.8	7.9	6.6	10.3	13.2	21.9	16.2	25.5	
		NRR3	63.8	63.7	71.7	70.3	68	56.3	55.5	46.1	

Tabla 20.- Medición de octavas de Bombeo de hormigón en obra.

Donde se demuestra que los equipos de protección también cubren este tipo de ruido.

Laboratorio en el laboratorio se realizan diferentes pruebas de asentamiento, fraguado y resistencia del hormigón; para la cual no se necesitan equipos complicados o generadores de ruido pero por la concentración que se necesitan para realizar estos ensayos ya que son las especificaciones que el cliente está pidiendo deben estar dentro de los parámetros; la razón por la que en la medición se detectó ruido fue porque la puerta no sella bien e ingresa el ruido externo de los camiones mezcladores y de la planta por lo

que solo sería arreglar este problema y eliminamos la influencia del ruido externo.

Control Central dentro de la sala de control el problema no radica en las operaciones que se realizan sino la cantidad de personas que ingresan a la sala al día para hacer consultas o simplemente conversar para la cual desconcentran al operador y puede ser causa de un accidente por lo que se recomienda restringir el acceso a esta área solo a personal autorizado y las consultas que se requieran por teléfono interno.

Generador de emergencia este equipo es utilizado solo en casos de que la planta no pueda funcionar con la energía que viene de la calle. Cuando el generador esté funcionando se necesita una persona que lo este monitoreando periódicamente para la cual se aconseja proveer protección auditiva cuando se encuentre en el área. Para esto, se ha determinado la efectividad del protector en la siguiente tabla:

Generador de emergencia

		Frecuencia									
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
		Leq(A)	68.7	77.6	83.5	86.2	88.9	87.6	77.6	71.6	93.28
EM2266 Phantom North		NRR	16.8	11.7	20.3	29.7	37.6	31.6	33.8	30.4	74.83
		Dsv. Stdx2	10	6.8	4.8	4.8	4.8	7	6	8.6	
		APV(1)	6.8	4.9	15.5	24.9	32.8	24.6	27.8	21.8	
		NRR1	61.9	72.7	68	61.3	56.1	63	49.8	49.8	
EM4157 Mustang North		NRR	13.4	11.6	18.2	24.8	34.4	30.3	33.5	31.7	77.70
		Dsv. Stdx2	11.4	7.6	7.2	8.4	6.4	6.4	9.4	13	
		APV(2)	2	4	11	16.4	28	23.9	24.1	18.7	
		NRR2	66.7	73.6	72.5	69.8	60.9	63.7	53.5	52.9	
1271 Tapones 3M		NRR	26.6	27.7	28.4	29.5	29.6	35.5	35.4	38.9	81.48
		Dsv. Stdx2	18.8	19.8	21.8	19.2	16.4	13.6	19.2	13.4	
		APV(3)	7.8	7.9	6.6	10.3	13.2	21.9	16.2	25.5	
		NRR3	60.9	69.7	76.9	75.9	75.7	65.7	61.4	46.1	

Tabla 21.- Medición de octavas del generador de emergencia.

Donde se queda demostrado que los protectores auditivos soportan el nivel de presión sonora dado por el generador.

Dentro del tambor del camión mezclador esta operación de mantenimiento se la realiza rara vez cuando el camión mezclador tuvo algún problema y el tambor se detuvo produciendo una costra de hormigón en las paredes. Se la realiza con un martillo neumático por un periodo no mayor a una hora. Debido al ruido que produce esta herramienta y a la confinación del espacio se aconseja el uso de protección auditiva apropiada para realizar

estos trabajos. Que para la cual la eficiencia de los protectores auditivos es la siguiente:

		Taladro neumático									
		Frecuencia									
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Leq(A)		67.1	79.2	89.4	99.5	103.9	97.2	83.4	63.5	106.01	
EM2266 Phantom North		NRR	16.8	11.7	20.3	29.7	37.6	31.6	33.8	30.4	80.52
		Dsv. Std _{x2}	10	6.8	4.8	4.8	4.8	7	6	8.6	
		APV(1)	6.8	4.9	15.5	24.9	32.8	24.6	27.8	21.8	
		NRR1	60.3	74.3	73.9	74.6	71.1	72.6	55.6	41.7	
EM4157 Mustang North		NRR	13.4	11.6	18.2	24.8	34.4	30.3	33.5	31.7	85.69
		Dsv. Std _{x2}	11.4	7.6	7.2	8.4	6.4	6.4	9.4	13	
		APV(2)	2	4	11	16.4	28	23.9	24.1	18.7	
		NRR2	65.1	75.2	78.4	83.1	75.9	73.3	59.3	44.8	
1271 Tapones 3M		NRR	26.6	27.7	28.4	29.5	29.6	35.5	35.4	38.9	93.52
		Dsv. Std _{x2}	18.8	19.8	21.8	19.2	16.4	13.6	19.2	13.4	
		APV(3)	7.8	7.9	6.6	10.3	13.2	21.9	16.2	25.5	
		NRR3	59.3	71.3	82.8	89.2	90.7	75.3	67.2	38	

Tabla 22.- Medición de octavas del taladro neumático.

Donde se da a notar que los tapones auditivos no serían los apropiados para un trabajo continuo de 8 horas ni los Mustang EM4157 para lo cual se recomendará que se usen los protectores tipo Phantom EM2266 que soportaría el nivel de presión sonora de ese equipo.

Dosimetría de ruido

Auxiliar de planta la o las personas encargadas de hacer esta labor, generalmente están en todos los lugares de la planta como

se muestra en el plano 3, donde se encuentran los equipos más ruidosos, por lo que a ellos se les recomienda hacer uso de sus protectores auditivos donde se ha detectado ruido.

Operador equipo pesado esta persona se encarga de llevar la materia prima hasta la tolva de ingreso del material, el problema reside en la construcción de la cabina de la pala, que, como es un equipo viejo tiene pequeños orificios por donde entra el ruido; además que, el acondicionador de aire está descompuesto y debe tener la ventanilla abierta por donde ingresa ruido también. Por lo que este operador debe usar la protección auditiva las 8 horas laborales.

Auxiliar de bombeo esta persona pasa la mayor parte del tiempo fuera de la planta especialmente en las obras donde se necesita la bomba de hormigón; esta persona está presente cuando la bomba está operativa por lo que se va a necesitar de protección auditiva cuando esté realizando el bombeo. Lo que influye bastante en estas operaciones, es la conducción hasta el lugar de bombeo por lo que se aconseja conducir con los vidrios arriba.

Auxiliar de laboratorio esta persona se encarga de realizar la toma de muestras cada que sea necesario según el procedimiento de recolección de muestras. Y estas son en el campo (plano 3) por lo que esta persona está en la planta y en el laboratorio realizando las pruebas. Por tanto, cada vez que se encuentre en las zonas ruidosas deberá usar protección auditiva.

Operador mantenimiento el operador de mantenimiento está generalmente en el taller donde se realizan desde cambios de aceites hasta reparaciones de motor; generalmente se realizan los trabajos en los camiones mezcladores o en las bombas de hormigón. El trabajo que se realizó fue una típica reparación de una bomba del camión mezclador donde se la desarmó y se le cambiaron las partes que estaban dañadas; se la volvió a armar y probó en el camión mezclador donde se produce ruido debido al motor del camión mezclador y de la bomba que se reparó cuando esto pasa a los operadores se les aconseja usar protección auditiva.

Operador de camión mezclador sus principales actividades son la carga de hormigón el lavado del camión mezclador y la descarga en obra; en esta parte se detectó problemas al conducir con los vidrios abajo donde ingresa mucho ruido del tráfico por lo que se aconsejó hacer los traslados de una obra a otra con los vidrios arriba. Para el resto de actividades se aconseja usar protección auditiva.

Dosimetría de polvo

Como en las dosimetrías de polvo no se encontraron argumentos para decir que hay polvo en las diferentes actividades que se muestrearon, lo único es seguir monitoreando y tratar de expandir las muestras a otras personas que pueden ser afectadas por este tipo de contaminante.

Luxometría

En las mediciones de luz solo se encontraron que en la *trituradora de agregados* y en la oficina principal en el *cuábulo 1 y 2* tenían deficiencia de luz por lo que se recomienda aumentar las

fluorescentes para los cubículos e instalar un nuevo punto de luz en la trituradora ya que en ese punto de inspección no se encontró ninguna conexión; como es solo de inspección este último, puede ser una fluorescente sencilla que alcance las 50 luxes que se necesita para hacer una pequeña inspección visual.

4.4 Costo del proyecto

En este punto se va a calcular el costo de cada equipo y de otros insumos que se necesitan para realizar todos los muestreos y tener una estimación de hasta cuando puede costar el proyecto.

Equipo	Descripción	Precio
Sonómetro	Quest 2900 con calibrador QC-10(calibrador), OB-100(banda de octavas), cable para PC, protector de viento y estuche	\$ 4,826.25
Dosímetro de Ruido	Noise Pro DLX con cable para PC protector de viento y estuche	\$ 2,646.00
Dosímetro de Polvo	224-PCXR8 SKC con porta filtros, destornillador, llave para cassettes, y estuche	\$ 1,262.25
Flujómetro	DryCal DC-Lite	\$ 1,483.65
Luxómetro	Extech Instruments 407026	\$ 296.93
Cassettes	SKC Prepesados y preensamblados PVC (caja de 20 muestras)	\$ 270.00
Total		\$ 10,785.08

Tabla 23.- Costo de equipos de medición.

En esta tabla se muestra el costo de los equipos puestos aquí en el Ecuador, cabe recalcar que hay pocas compañías que se dedican a esto en el país, por lo cual, es difícil tener más variedad de modelos para poder escoger; el que sea más económico, que cumpla con los reglamentos y especificaciones que pide la legislación nacional.

A esto hay que agregarle el costo del análisis y de envío de muestras de polvo ya que no hay un laboratorio en el Ecuador acreditado que pueda realizar la gravimetría para los filtros de polvo. Que haciendo el envío más los análisis, cuesta aproximadamente \$80 por filtro.

En total se harían **\$11.505,08** dólares para realizar estos estudios.

Esto sin contar los honorarios del especialista que realice estas mediciones que pueden oscilar entre 900 y 1200 dólares dependiendo del alcance que se quiera dar en todos los negocios de la empresa.

Los beneficios de realizar estas mediciones son de tener operaciones seguras y saludables para todos los empleados que trabajen en ella, esto se puede medir en el desempeño de los

trabajadores en todas sus funciones y haciendo evaluaciones de clima laboral.

Capítulo 5

5.1 Conclusiones

- En el Capítulo 2 y en los anexos se recaudó toda la información para la elaboración de un marco teórico donde encontramos todas las normas y leyes que se utilizan para contrastar las mediciones efectuadas; los procedimientos, métodos y definiciones que son importantes al momento de establecer criterios sobre cada medición lo cual nos da un panorama mas claro de lo que se va a realizar.

- Para la situación en que la empresa se desarrolla actualmente, se identificó cada proceso y actividades que facilitan al momento de hacer la identificación de riesgos y con esto determinar todos los

puntos que se muestrearon en la presente tesis, es importante acotar que cada vez que se realicen estas mediciones hay que recalificar las áreas para determinar si el riesgo asociado todavía existe y pueda ser estudiado nuevamente.

- Los datos obtenidos y cada una de las sugerencias que se dieron en el plan de control, para cada una de las mediciones, siguen el patrón de eliminar o de controlar los riesgos asociados con las operaciones de la planta, así como el de proteger la integridad de cada uno de las personas involucradas en el mismo. Con una buena política la compañía podrá ir eliminando cada uno de los riesgos si se le da un buen seguimiento a los resultados de cada una de estas mediciones.
- El costo del proyecto es de **\$11.505,08** por lo que no es una cantidad muy exuberante para realizar este tipo de mediciones considerando la poca capacidad de distribución, mantenimiento y capacitación de estos equipos en el país. Podemos concluir que la viabilidad de este proyecto depende del compromiso de la empresa por mantener a sus trabajadores saludables lo cual los hace más productivos y comprometidos con lo que hacen.

5.2 Recomendaciones

- Una de las primeras recomendaciones para la correcta elaboración de esta tesis es disponer de los equipos y de la capacitación por parte del fabricante o sus distribuidores locales para obtener los mejores resultados.
- Otro punto importante es la continuidad y el seguimiento que se le debe de dar a estas mediciones para poder desarrollar un programa de salud ocupacional junto con la parte médica de la empresa para el beneficio de los trabajadores.
- Para poder llevar a cabo este tipo de programas la empresa debe estar comprometida con el cumplimiento de todas las leyes dispuestas por el gobierno y comprometida también con el desarrollo de sus actividades en lugares limpios, seguros y saludables para todas las personas que trabajen o visiten las instalaciones.

APÉNDICE A
CÓDIGO DEL TRABAJO

Capítulo V

Art. 55 Ruidos y vibraciones

1. La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.
2. El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes antivibratorios.
3. Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos.
4. (Reformado por el Art. 31 del Decreto 4217) Se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas.
5. (Reformado por el Art. 32 del Decreto 4217) Los conductos con circulación forzada de gases, líquidos o sólidos en suspensión, especialmente cuando estén conectados directamente a máquinas que tengan partes en movimiento siempre y cuando contribuyan notablemente al incremento de ruido y vibraciones, estarán provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones que generan aquellas mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques.
6. (Reformado por el Art. 33 del Decreto 4217) Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.

7. (Reformado por el Art. 34 del Decreto 4217) Para el caso de ruidos continuos, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Nivel sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	1.25

Los distintos niveles sonoros y sus correspondientes tiempos de exposición permitidos señalados, corresponden a exposiciones continuas equivalentes en que la dosis de ruido diaria (D) es igual a 1.

En el caso de exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dB (A). Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1:

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3}$$

C = Tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

En ningún caso se permitirá sobrepasar el nivel de 115 dB (A) cualquiera que sea el tipo de trabajo.

Art. 56 Iluminación, niveles mínimos

I. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos

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

--	--

2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.

3. Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia.

ANEXO B

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE NIOSH 0600

DEFINICION: Aerosol colectado por un muestreador Ninguna CAS: Ninguna RTECS: Ninguna
con una abertura de 4µm punto de corte medio.

METODO: 0600, edición 3
Febrero 1984

EVALUACION: COMPLETA

Edición 1: 15 de

~~Edición 3: 15 de~~
Enero 1998

OSHA: 5 mg/m³
NIOSH: no REL
ACGIH: 3 mg/m³

PROPIEDADES: no contiene ningún asbesto y cuarzo menos que el 1%; penetra non-ciliated porciones de sistema respiratorio

SINONIMOS: polvo molesto; partículas no clasificadas

MUESTREO	MEDIDAS
<p>MUESTREADOR: CICLÓN + FILTRO (10-mm nylon cyclone, Higgins-Dewell [HD] cyclone, or Aluminum cyclone + tared 5µm PVC membrane)</p> <p>FLUJO: ciclón de nylon: 1.7 L/min Ciclón de HD: 2.2 L/min Ciclón del Al: 2.5 L/min</p> <p>VOL-MIN: 20 L @ 5 mg/m³ -MAX: 400 L ENVIO: rutina MUESTRA ESTABILIDAD: Estable</p> <p>BLANCO: 2 a 10 filtros blancos por set</p>	<p>TECNICA: GRAVIMÉTRICA (PESO DEL FILTRO)</p> <p>ANALYTE: masa de la fracción del polvo respirable</p> <p>BALANCE: 0.001 sensibilidades del magnesio; utilizar el mismo equilibrio antes y después muestrear la colección</p> <p>CALIBRACION: Instituto nacional de estándares y Clase S-1.1 de la tecnología o clase 1 de ASTM pesos</p> <p>RANGO: magnesio 0.1 a 2 por muestra</p> <p>CARGA ESTIMADA: 0.03 magnesios por muestra</p> <p>PRECISION: <10: g con 0.001 equilibrios de la sensibilidad del magnesio; <70: g con 0.01 equilibrios de la sensibilidad del magnesio [3]</p>
EXACTITUD	
<p>RANGO ESTUDIADO: 0.5 to 10 mg/m³(lab and field)</p> <p>DIAGONAL: dependiente del tamaño del polvo y su Distribución [1]</p> <p>TOTAL PRECISION (σ,τ): dependiente de tamaño y distribución [1,2]</p> <p>EXACTITUD: dependiente de tamaño y distribución [1]</p>	

APLICABILIDAD: La gama de trabajo es 0.5 a 10 mg/m para una muestra de aire 200-L. El método mide la concentración total de cualquier polvo respirable permanente. Además de inerte saca el polvo [4], el método se ha recomendado para el polvo de carbón respirable. el método es en polarización negativa a la luz de la definición internacional recientemente adoptada del polvo respirable, e. g., diagonal del +7% para no-diesel, mina de carbón polvo [5].

INTERFERENCIAS: Partículas más en gran parte que respirables (sobre 10: m) tiene beenfound en algunos casos por el análisis microscópico del ciclón Filtros. Las partículas de gran tamaño en muestras se saben para ser causadas invirtiendo el montaje del ciclón. Cargamentos pesados del polvo, fibras, y agua-saturado saca el polvo también interfieren con las características tamaño-selectivas del ciclón. El uso de dechados conductores se recomienda para reducir al mínimo efectos de la carga de la partícula.

OTROS METODOS: Este método esta basado en hoja técnica #29.02 [6].

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE: METODO 0600

EQUIPO:

1. Muestreador:
 - a. El Filtro: 5.0 μm poro tamaño, filtro de cloruro de polivinilo o filtro de la membrana hidrófobo equivalente apoyados por un poseedor de filtro de casete (preferentemente conductivo).
 - b. El Ciclón: 10-mm nylon (Mine Seguridad Aparato Cía., División del Instrumento, P. O. Caja 427, Pittsburg, PAPA 15 23 0), Higgins -rocío el (BGI Inc., 58 St. de Guinan, Waltham, MA 02154)[7], ciclón de aluminio (SK C En c., 86 3 Camino de Vista de Valle, Ochenta Cuatro, PAPA 153 30), o equivalente.
2. Muestreador personal, 1.7 L/m en $\pm 5\%$ para el ciclón de nylon, 2.2 L/min. $\pm 5\%$ para H el ciclón de D, o 2.5 L/min $\pm 5\%$ para el ciclón de aluminio con tubería flexible.
NOTA: La pulsación en el flujo de la bomba debe estar dentro de $\pm 20\%$ del flujo malo.
3. Balance, analítico, con sensibilidad de 0.001 mg.
4. Pesos, NIST Class S-1.1, o ASTM Class 1.
5. Neutralizador estático, ej., Po-210, reemplace nueve meses después de la fecha de la producción.
6. Fórceps (preferentemente nylon).
7. Cámara medioambiental o se aloja para el equilibrio, ej., 20 °C ± 1 °C y 50% $\pm 5\%$ RH.

PRECAUCIONES ESPECIALES: Ninguna.

PREPARACION DE FILTROS ANTES DE MUESTREAR:

1. Equilibrar los filtros en un medioambientalmente controlado para por lo menos 2 h.
2. Pese los filtros en un área medioambientalmente controlada. Grabe el peso del filtro en la tara, W_1 (mg).
 - a. Encerar la balanza antes de cada medición.
 - b. Tome el filtro con pinzas (usar pinzas de nylon si se van a hacer análisis posteriores).
 - c. Pasa el filtro por encima de una fuente de radiación antiestática. Repita este paso si el filtro todavía se atrae con la base de la balanza. La electricidad estática puede causar lecturas erróneas.
3. Arme los filtros dentro de los cassettes y cierre firmemente para que no haya goteo en el sello del cassette. Ponga que un p llevan en cada apertura del casete del filtro.
4. Quite la tapa del ciclón antes del uso y la inspección del interior del ciclón. Si el interior está visiblemente rayado, deseche este ciclón desde las características de separación de polvo del ciclón puede alterarse. Limpie el interior del ciclón para prevenir el ingreso de partículas grandes.
5. Verifique alineación de la base del filtro y ciclón para prevenir filtraciones.

MUESTRA:

6. Calibrar cada bomba personal con el correcto flujo con una muestra representativa en línea.
NOTA 1: Debido al diseño de la entrada, los ciclones del nylon y aluminio son calibrados con otras mangueras para los puertos de entrada y de salida. La entrada esta conectada al calibrador (ej. Un medidor de burbujas).
La salida del ciclón esta conectada al puerto de salida del contenedor, y la salida del contenedor esta conectada a la bomba. Mire el APENDICE para procedimientos de calibración alternativos. (El calibrador puede ser conectado directamente el ciclón).
NOTE 2: Si la tasa del flujo cambia con montos conocidos, la tasa del flujo nominal es usada para cálculos de concentración debido a la autocorrección de los ciclones.
7. Muestree de 45 min a 8 h. No exceda 2mg de polvo en el filtro. Tome de 2 a 4 replicas para cada punto para asegurar la calidad de la muestra. (vea 10).
NOTA: no permita que el muestreador se invierta en ningún momento, el material puede caer al filtro.

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE: METODO 0600

PREPARACION DE LA MUESTRA:

8. Remueva la tapa de arriba y abajo del filtro. Déjelo equilibrar por lo menos dos horas en un área ambientalmente controlada.

CALIBRACION Y CONTROL DE CALIDAD:

9. Coloque en cero la microbalanza antes del pesaje. Utilice la misma microbalanza para pesar los filtros antes y después de la recolección de la muestra. Calibre la balanza con el Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías Tipo S-1.1 o ASTM tipo 1 pesaje.
10. El juego de muestras de campo duplicadas deben ser expuestas al mismo a la misma cantidad de polvo del ambiente sea en una cámara de polvo en un laboratorio [8] o en el campo [9]. Las pruebas de control de las muestras deben ser tomadas con el mismo equipo, procedimiento y personal utilizado en las muestras de campo de rutina. Calcule la precisión de estos duplicados y registre la desviación estándar (S_x) en los cuadros de control. Tome medidas de corrección si la precisión esté fuera de control [8].

MEDICIONES:

11. Pese cada filtro incluyendo los campos blancos. Registre éste peso post-muestreo, W_2 (mg), alado de su correspondiente peso en la tara. Además, registre cualquier anomalía referente al filtro (Ej. partículas visibles, sobrecarga, humedad etc.)

CALCULOS:

12. Calcule la concentración de material particulada concentrada, C (mg/m^3), en el volumen de aire muestreado, V (L):

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \cdot 10^3, \text{mg}/\text{m}^3$$

Donde: W_1 = peso del filtro en la tara antes del muestreo (mg)

W_2 = peso del filtro después del muestreo (mg)

B_1 = peso de los filtros en blanco (mg).

B_2 = peso después del muestreo de los filtros en blanco (mg)

V = volumen muestreado a la tasa nominal (i.e., 1.7 L/min or 2.2 L/min)

METODO DE EVALUACION:

1. Error: En las mediciones de polvo respirable, el error en la muestra es calculado en relación a la apropiada medida de polvo respirable. La teoría del calculo del error fue desarrollado por Bartley y Breuer [10]. De acorde con este método, el error depende en la medida internacional de polvo respirable, de las curvas de penetración de los ciclones y el tamaño y distribución de un ambiente polvoso. Basado en las medidas de las curvas de penetración para los flujos sin pulsaciones [1], el error en este método se muestra en la Figura 1.

Para el tamaño y distribución del polvo en regiones nubladas, el error en éste método recae dentro de ± 0.10 , criterio establecido por NIOSH para la validación de método. Un error mayor a ± 0.10 se esperaría que sea debido a aerosol usado en el área de trabajo. Sin embargo, si el error esta dentro de ± 0.20 se esperaría que fuera por polvo con la desviación estándar geométrica mayor a 2,0, el cual es el caso en la mayoría de estaciones de trabajo.

El error también puede ser ocasionado en un ciclón por la pulsación de la bomba del muestreador personal. Bartley, et al. [12] determinó que las muestras de ciclón con flujos de pulsación pueden tener un error negativo de hasta 0.22 en relación con muestras con un flujo estable.

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE: METODO 0600

La magnitud del error depende de la amplitud de la pulsación en la apertura del ciclón y el tamaño y distribución del polvo. Para bombas con una tasa de flujo instantáneo que contengan el 20% de la media, la predisposición de la magnitud de la pulsación es menor que 0.02 para la mayor distribución del tamaño del polvo encontrada en el área de trabajo.

Cargas eléctricas en el polvo y en el ciclón también puede causar lecturas erróneas. Briant y Moss [13] encontraron errores electrostáticos tan grandes como -50%, y mostraba que ciclones hechos de grafito con nylon eliminaba este problema. El uso de muestreadores conductivos y cassettes (Omega Specialty Instrument Co., 4 Kidder Road, Chelmsford, MA 01824) son recomendados.

2. Precisión: la figura 0.068 mg nombrada arriba para la precisión esta basada en el estudio [3] de procedimientos de pesaje en el pasado por la Mine Safety and Health Administration (MSHA) en donde los filtros prepesados y post pesados usan balanzas que leen hasta 0.010 mg. MSHA [14] ha completado recientemente un estudio usando una balanza de 0.001 mg para el post pesaje, indicando una imprecisión igual a 0.006 mg.

la Imprecisión igual a 0.010 mg. se usó para estimar el LOD y esta basado en sugerencias específicas [8] tomando en cuenta que el peso del filtro usando una balanza de 0.001 mg. Este valor es consistente con otro estudio [15] de repetición de mediciones, aunque la precisión asequible real puede depender fuertemente de ambientes específicos al que los filtros son expuestos entre los dos pesos.

REFERENCIAS:

- [1] Bartley DL, Chen CC, Song R, Fischbach TJ [1994]. Respirable aerosol sampler performance testing. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 55(11): 1036-1046.
- [2] Bowman JD, Bartley DL, Breuer GM, Shulman SA [1985]. The precision of coal mine dust sampling. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) Pub. No. 85-220721.
- [3] Parobeck P, Tomb TF, Ku H, Cameron J [1981]. Measurement assurance program for the weighings of respirable coal mine dust samples. *J Qual Tech* 13:157.
- [4] ACGIH [1996]. 1996 Threshold limit values (TLVs™) for chemical substances and physical agents and biological exposure indices (BEIs™). Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- [5] American Conference of Governmental Industrial Hygienists [1991]. Notice of intended change - appendix D - particle size-selective sampling criteria for airborne particulate matter. *Appl Occup Env Hyg* 6(9): 817-818.
- [6] NIOSH [1977]. NIOSH Manual of sampling data sheets. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) Publication No. 77-159.
- [7] Higgins RI, Dewell P [1967]. A gravimetric size selecting personal dust sampler. In: Davies CN, Ed. *Inhaled particles and vapors II*. Oxford: Pergamon Press, pp. 575-586.
- [8] Bowman JD, Bartley DL, Breuer GM, Doemeny LJ, Murdock DJ [1984]. Accuracy criteria recommended for the certification of gravimetric coalmine dust personal samplers. NTIS Pub. No. PB 85-222446 (1984).
- [9] Breslin, JA, Page SJ, Jankowski RA [1983]. Precision of personal sampling of respirable dust in coal mines. U.S. Bureau of Mines Report of Investigations #8740.
- [10] Bartley DL, Breuer GM [1982]. Analysis and optimization of the performance of the 10-mm cyclone. *Am Ind Hyg Assoc J* 43: 520-528.
- [11] Caplan KJ, Doemeny LJ, Sorenson S [1973]. Evaluation of coal mine dust personal sampler performance, Final Report. NIOSH Contract No. PH CPE-r-70-0036.
- [12] Bartley DL, Breuer GM, Baron PA, Bowman JD [1984]. Pump fluctuations and their effect on cyclone performance. *Am Ind Hyg Assoc J* 45(1): 10-18.

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE: METODO 0600

[15] Vaughn NP, Chalmers CP, Botham [1990]. Field comparison of personal samplers for inhalable dust. *Ann Occup Hyg* 34: 553-573.

METHOD REVISED BY: David L. Bartley, Ph.D., NIOSH/DPSE/ARDB and Ray Feldman, OSHA.

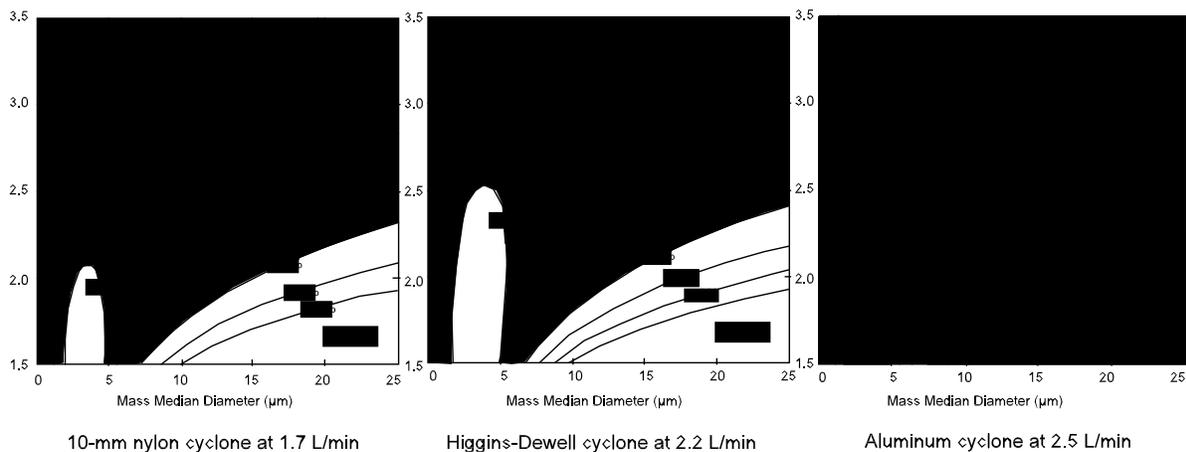


Figure 1. Bias of three cyclone types relative to the international respirable dust sampling convention.

APENDICE: Método Jarless para la calibración de ensambles con ciclón

Este procedimiento puede ser usado en el campo para calibrar una bomba de aire y un ciclón ensamblado sin usar el one-liter "calibration jar".

- (1) Conectar la bomba al indicador de presión o a un manómetro de agua y cargar ligeramente (válvula ajustable o un filtro de 5µm.) igual a 2" o 5" de H₂O con un "TEE" tubo flexible. (Ver Fig. 2.1).
NOTA: Una carga ligera puede ser de un filtro de 5µm. y/o de válvula ajustable. Una carga a un filtro de 8µm. Puede ser dañina con o sin válvula ajustable.
- (2) Ajuste la bomba a 1.7 L/min., como lo indica el medidor de burbujas, por debajo de la condición de carga ligera (2" a 5" de H₂O) como lo indica en el manómetro o indicador de presión.
- (3) Incremente la presión hasta que el medidor este entre 25" y 35" de H₂O. Revise el flujo de la bomba otra vez. El flujo debe permanecer en 1.7 L/min. ± 5%.
- (4) Reemplazar el indicador del presión por un ciclón ensamblado con un filtro nuevo (Fig. 2.2) Si la carga esta entre 2" y 5" de H₂O, la calibración esta completa y el ciclón y la bomba están listas para comenzar una medición.

MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE: METODO 0600

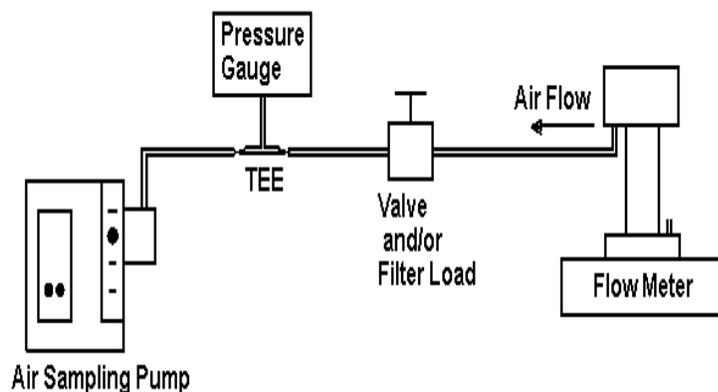


Figure 2.1 Diagrama de bloque de Bomba/Carga/Medidor de Flujo.

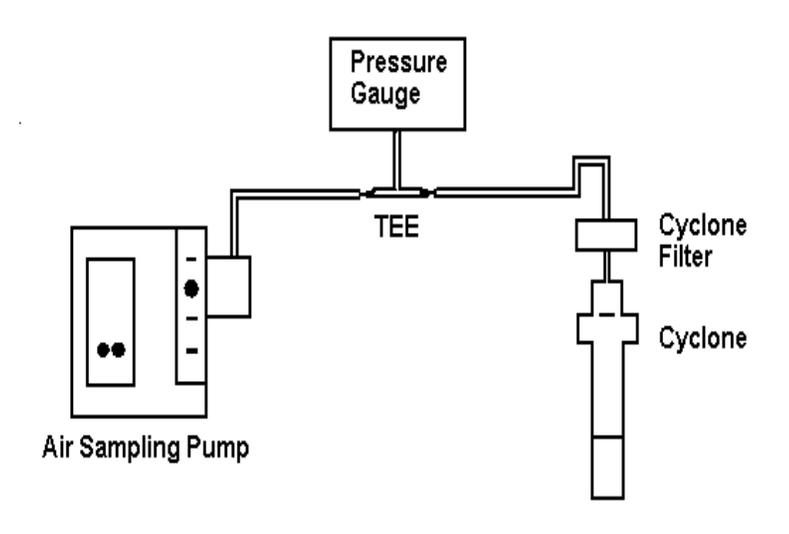


Figure 2.2 Diagrama de bloque con un ciclón como prueba de carga.

APÉNDICE C

LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES

INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.

Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.

Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.

Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

OBJETO

La presente norma tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido.

La norma establece además los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.

Se establecen también los niveles de ruido máximo permisibles para vehículos automotores y de los métodos de medición de estos niveles de ruido. Finalmente, se proveen de valores para la evaluación de vibraciones en edificaciones.

DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

Decibel (dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

Fuente Fija

En esta norma, la fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio, por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

Generadores de Electricidad de Emergencia

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados de manera estática o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias. Generalmente, estos equipos no operan de forma continua. Esta norma no es aplicable a aquellas instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al sistema nacional de transmisión de electricidad, y que utilizan tecnología de motores de combustión interna.

Nivel de Presión Sonora

Expresado en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define:

$$NPS = 20 \log_{10} \left[\frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right]$$

Donde *PS* es la presión sonora expresada en pascales (N/m²).

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

Nivel de Presión Sonora Corregido

Es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en la presente norma.

Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

Respuesta Lenta

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

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 de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido Imprevisto

Es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

Ruido de Fondo

Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

Vibración

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

Zona Hospitalaria y Educativa

Son aquellas en que los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

Zona Residencial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.

Zona Comercial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo.

Zona Industrial

Aquella cuyos usos de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada.

Zonas Mixtas

Aquellas en que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en que se puede verificar la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales.

De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija

- La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.
- El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

Determinación del nivel de presión sonora equivalente.- la determinación podrá efectuarse de forma automática o manual, esto según el tipo de instrumento de medición a utilizarse. Para el primer caso, un sonómetro tipo 1, este instrumento proveerá de los resultados de nivel de presión sonora equivalente, para las situaciones descritas de medición de ruido estable o de ruido fluctuante. En cambio, para el caso de registrarse el nivel de presión sonora equivalente en forma manual, entonces se recomienda utilizar el procedimiento descrito en el siguiente artículo.

- Se utilizará una tabla, dividida en cuadrículas, y en que cada cuadro representa un decibel. Durante un primer período de medición de cinco (5) segundos se observará la tendencia central que indique el instrumento, y se asignará dicho valor como una marca en la cuadrícula. Luego de esta primera medición, se permitirá una pausa de diez (10) segundos, posterior a la cual se realizará una segunda observación, de cinco segundos, para registrar en la cuadrícula el segundo valor. Se repite sucesivamente el período de pausa de diez segundos y de medición en cinco segundos, hasta conseguir que el número total de marcas, cada una de cinco segundos, totalice el período designado para la medición. Si se está midiendo ruido estable, un minuto de medición, entonces se conseguirán doce (12) marcas en la cuadrícula.

Si se está midiendo ruido fluctuante, se conseguirán, por lo menos, ciento veinte (120) marcas en la cuadrícula.

Al finalizar la medición, se contabilizarán las marcas obtenidas en cada decibel, y se obtendrá el porcentaje de tiempo en que se registró el decibel en cuestión. El porcentaje de tiempo P_i , para un decibel específico NPS_i , será la fracción de tiempo en que se verificó el respectivo valor NPS_i , calculado como la razón entre el tiempo en que actuó este valor y el tiempo total de medición. El nivel de presión sonora equivalente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq} = 10 * \log * \sum (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

APÉNDICE D

NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos

Estimation de l'atténuation effective des protecteurs individuels contre le bruit
Estimation of effective attenuation of hearing protectors

Análisis de la vigencia

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida		Sustituye las NTP 17 y 156	
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: Sí

Redactores:

Pablo Luna Mendaza
Ldo. Ciencias Químicas
Juan Guasch Farrás
Ldo. Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En esta NTP se describen los procedimientos normalizados para estimar la reducción de ruido que se puede conseguir, con el uso de un determinado protector auditivo, en función del tipo de ruido al que se le enfrenta, tal como se describen en la norma UNE EN ISO 4869 Acústica. Protectores auditivos contra el ruido, lo que permite, además, obtener la precisión del resultado según sea el procedimiento de cálculo utilizado. Por otro lado, se pone de manifiesto que, los protectores auditivos deben utilizarse durante la totalidad e la exposición, ya que su eficacia disminuye de forma exponencial al disminuir el tiempo de uso del protector.

Introducción

Los protectores auditivos (orejeras o tapones) están sometidos a la normativa que regula tanto la fabricación y comercialización como el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI). Según dicha normativa, para obtener la necesaria certificación de la Unión Europea (CE), y puesto que se trata de EPI de categoría 2ª, se debe garantizar el cumplimiento de ciertas prestaciones a través de ensayos en laboratorio establecidos en la correspondiente normativa armonizada, en lo que constituye el examen de tipo. La prestación más importante es la atenuación que proporcionan.

Esta atenuación, es un valor constante para cada banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido en cuestión, por lo que puede decirse que, para un mismo protector, la protección varía en cada situación. Los correspondientes datos sobre la atenuación, deben figurar en el folleto informativo que el fabricante adjunta al protector auditivo. A partir de ellos se puede calcular la protección que ofrecerá dicho protector en cada caso.

Definiciones

El objetivo del cálculo es la obtención de la protección que ofrece un protector auditivo, denominada reducción predicha del nivel de ruido (PNR), y del valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L_A'), cuando se utiliza el protector en un ambiente caracterizado por un nivel de presión sonora L_A . La relación entre ellos es:

$$\text{PNR} = L_A - L_A' \quad (1)$$

Se definen por otra parte los siguientes parámetros pertenecientes al protector auditivo:

- Atenuación a alta frecuencia (H), representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es $L_C - L_A = -2$ dB.
- Atenuación a media frecuencia (M), representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es $L_C - L_A = +2$ dB.
- Atenuación a baja frecuencia (L), representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es $L_C - L_A = +10$ dB.
- Índice de reducción único (SNR), es el valor que se resta del nivel de presión sonora ponderado C (L_C) para estimar el nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L_A').

- Protección asumida (APV_f) de un protector es un valor, por banda de octava, obtenido de restar del valor medio de atenuación por banda de octava (m_f), en diferentes ensayos de laboratorio, la desviación típica (σ) obtenida en dichos ensayos.

$$APV_f = m_f - \sigma(2)$$

El valor de APV_f así calculado es la atenuación de que se dispondrá con una probabilidad del 84% o, lo que es lo mismo, es la atenuación de que dispondrán 84 de cada 100 personas que lo utilicen. Si se desea aumentar la eficacia de la atenuación al 95% se utilizará $APV_f = m_f - 1,64\sigma$. Otros valores de eficacia de atenuación se dan en la **tabla 1**.

Tabla 1
Porcentaje de protección y protección asumida de un protector auditivo

Eficacia de protección (%)	Protección asumida (dB)
75	$APV_f = m_f - 0,67\sigma$
80	$APV_f = m_f - 0,84\sigma$
84	$APV_f = m_f - 1,00\sigma$
85	$APV_f = m_f - 1,04\sigma$
90	$APV_f = m_f - 1,28\sigma$
95	$APV_f = m_f - 1,64\sigma$
99,5	$APV_f = m_f - 2,58\sigma$

Dado que el valor de APV_f interviene en el cálculo de PNR, H, M, L y SNR es básico conocer el porcentaje de eficacia utilizado. Habitualmente, salvo que se indique (p.e: H_{95} ó PNR_{80}), la eficacia es del 84%.

La información que suministra el folleto informativo de los protectores auditivos incluye los valores de H, M, L, SNR y APV_f para las octavas de frecuencia central entre 63 y 8000 Hz.

Los valores de H, M y L, que son independientes del ruido ambiental, se calculan a partir del comportamiento del protector (APV_f) respecto a ocho espectros de ruido diferentes y normalizados.

El valor del índice de ruido único (SNR) se obtiene para cada protector a partir de la protección asumida APV_f y el efecto que ésta tiene sobre un ruido

rosa (ruido que entre otras características posee iguales niveles de presión acústica en todas las octavas) cuyo espectro está normalizado. Por este motivo el SNR es independiente del ruido ambiental.

Método de las bandas de octava

Requiere conocer los niveles de presión sonora, en bandas de octava, del ruido ambiental. Es el método más fiable.

Cuando se utiliza un protector auditivo se obtiene el valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L_A'), aplicando la siguiente expresión

$$L_A' = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{f=8000 \text{ Hz}} 10^{0,1(L_f + A_f - APV_f)} \quad (3)$$

donde A_f es la ponderación A en cada octava y L_f el nivel de presión sonora por octava, sin ponderar.

El valor resultante de L_A' debe redondearse al entero más próximo.

Ejemplo:

Se desea conocer el nivel de presión sonora efectivo ponderado A, en un ambiente de trabajo cuando se utiliza un determinado protector auditivo. El nivel de presión sonora, por bandas de octava, del ruido ambiental y las características de atenuación del protector se indica en las **tablas 2 y 3**.

Tabla 2
Espectro de frecuencias en bandas de octava del ruido en cuestión

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_f (dB)	85	85	87	90	90	85	82	78

Tabla 3
 Datos de atenuación del protector (datos del fabricante)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
mf	24,9	25,4	25,9	27,8	28,3	33,2	30,9	40,2
σ	6,4	6,1	3,8	2,5	3,4	4,9	5,2	4,9

$$H = 27 \text{ dB } M = 25 \text{ dB } L = 23 \text{ dB } \text{SNR} = 28 \text{ dB}$$

Se calcula el valor de APV_f , según la expresión (2) como aparece en la **tabla 4**, en la que se ha escogido una eficacia de protección del 84%

Tabla 4
 Cálculo de atenuación del protector

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
m_f	24,9	25,4	25,9	27,8	28,3	33,2	30,9	40,2
σ	6,4	6,1	3,8	2,5	3,4	4,9	5,2	4,9
APV_f	18,5	19,3	22,1	25,3	24,9	28,3	25,7	35,3

A continuación se aplica, por suma de los valores correspondientes, (ver **tabla 5**) la ponderación A (**fila 2**) al nivel de presión sonora en cada octava (**fila 1**) y a continuación se le restan los valores de la protección asumida también de forma vertical (**fila 4**). Los valores resultantes por octava se suman en horizontal (suma logarítmica). El resultado es el nivel de presión sonora efectivo, ponderado A (**fila 5**, final).

Así mismo por suma horizontal logarítmica de los valores de la **fila 1** se obtiene el nivel lineal de presión sonora no ponderado y en la **fila 3**, el nivel de presión sonora ponderado A.

La suma logarítmica se calcula así:

$$L_A' = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{f=8000 \text{ Hz}} 10^{0,1 L_f} \quad (4)$$

La interpretación de los resultados es la siguiente:

En el puesto de trabajo el nivel de presión sonora no ponderado es de 96 dB, y siendo el espectro de frecuencias el que se ha indicado, el nivel de presión sonora ponderado A es de 93 dBA. Se utiliza un protector auditivo con el que el nivel de presión sonora efectivo ponderado A es $L_A = 68$ dBA, con una probabilidad del 84% o lo que es lo mismo, en 84 de cada 100 ocasiones que se use, por lo que la reducción predicha del nivel de ruido es $PNR_{84} L_A - L_A' = 25$ dBA.

Tabla 5
Cálculo del nivel de presión sonora efectivo.

Fila	Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	global
1	L_f	85	85	87	90	90	85	82	78	$L = 96$ dB
2	Ponderación A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
3	L_A	58,8	68,9	78,4	86,8	90	86,2	83	76,9	$L_A = 93$ dBA
4	APV_f	18,5	19,3	22,1	25,3	24,9	28,3	25,7	35,3	
5	L_A'	40,3	49,6	56,3	61,5	65,1	57,9	57,3	41,6	$L_A' = 68$ dBA

Los valores de L_A se representan gráficamente en la **figura 1**, y los APV_f y L_A' en la **figura 2**

Figura 1
Espectro de frecuencias de ruido (incluyendo la ponderación A)



Figura 2
Espectro de frecuencias de ruido (incluyendo la ponderación A) y de
atenuación del protector auditivo



Naturalmente la protección real está condicionada al uso correcto y al grado de mantenimiento del EPI.

Método de H, M y L

El método requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C, así como los valores de H, M y L del protector auditivo. Se calcula el valor de PNR según la diferencia entre L_C y L_A de la siguiente manera:

Si la diferencia $L_C - L_A \leq 2$ dB se utilizara la expresión **(5)**, en caso de $L_C - L_A \geq 2$, la expresión **(6)**.

$$\text{PNR} = M - \frac{H - M}{4} (L_C - L_A - 2) \quad (5)$$

$$\text{PNR} = M - \frac{M - L}{8} (L_C - L_A - 2) \quad (6)$$

El valor resultante de L_A' debe redondearse al entero más próximo

Se puede utilizar el nivel de presión acústica no ponderado en lugar del L_C

Ejemplo

Calcular los valores de L_A' y PNR84 para el caso del ejemplo anterior:

En la práctica, el empleo de este método es apropiado cuando se poseen los valores de L_C y L_A obtenidos de la medición, en este caso, en el que ya conocemos el valor de L_A , se obtendrá L_C aplicando la ponderación C a los niveles de presión sonora en cada octava (**tabla 6**).

Así pues $L_C - L_A = 95 - 93 = 2$ dB

Se puede, en este caso, utilizar cualquiera de las expresiones **(5)** ó **(6)** para obtener la reducción predicha del nivel de ruido.

$$\text{PNR} = M - \frac{H - M}{4} (L_C - L_A - 2) =$$

$$25 - \frac{27 - 25}{4} (95 - 93 - 2) = 25 \text{ dB}$$

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} (LC - LA - 2) =$$

$$25 - \frac{25 - 23}{4} (95 - 93 - 2) = 25 \text{ dB}$$

Con este valor de PNR el nivel de presión sonora efectivo ponderado A, será

$$L_A = 93 - 25 = 68 \text{ dBA con una probabilidad del 84\%}$$

Tabla 6
Aplicación de la escala de ponderación C

Frecuencia(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_f	85	85	87	90	90	85	82	78	$L = 96 \text{ dB}$
Ponderación C	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0	-0,2	-0,8	- 3	
L_C	84	85	87	90	90	85	81	75	$LC = 95 \text{ dBC}$

Método del SNR

Se precisa el nivel de presión sonora ponderado C y el parámetro SNR del protector auditivo.

Se calcula el nivel de presión sonora efectivo ponderado A de la siguiente forma:

$$L_A' = L_C - \text{SNR} \quad (7)$$

Ejemplo: Continuando con los datos de los ejemplos anteriores, en este caso, será:

$$L_C = 95 \text{ dBC y SNR} = 28 \text{ dB, por lo que}$$

$$L_A = 95 - 28 = 67 \text{ dBA}$$

El nivel de presión sonora efectivo ponderado A será de 67 dBA con una probabilidad del 84%.

Cuando preponderan los niveles de presión sonora correspondientes a las frecuencias muy altas o muy bajas, del espectro del ruido en cuestión (ruidos

agudos o graves) aumentan las diferencias halladas entre los PNR calculados por los tres métodos.

En la **tabla 7** se presentan los diferentes parámetros calculados para dos casos como los mencionados, cuyas características espectrales se dan en la **tabla 8**, utilizando el protector auditivo de los ejemplos anteriores.

Como se desprende de la **tabla 7**, en ambos casos y tomando como referencia los valores obtenidos a partir del método del espectro de bandas de octava, el método M H L ofrece una buena aproximación en el cálculo del PNR, mientras que se comete un gran error utilizando el SNR. Aunque los resultados también dependen del espectro de atenuación del protector auditivo, por regla general, cuando en los espectros del ruido en cuestión preponderan frecuencias bajas o muy altas, disminuye mucho la precisión del sistema de cálculo a partir del SNR, mientras que se mantiene una precisión aceptable en el método H M L.

Tabla 7
Parámetros de atenuación en los casos 1 y 2

Ejemplo	Parámetros del ruido				Método bandas de octava		Método H M L H = 27, M = 25, L = 23		Método SNR SNR = 28	
	L	L _A	L _C	L _C - L _A	PNR	LA	PNR	LA	PNR	LA
Caso 1	112	113	111	-2	26	87	27	86	30	83
Caso 2	112	97	111	14	22	75	22	75	14	83

Tabla 8
Características espectrales de dos ruidos diferentes

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Caso 1	70	75	82	86	96	102	111	102
Caso 2	110	106	98	94	90	87	84	80

Tiempo de utilización del protector auditivo

El tiempo de utilización del protector auditivo tiene gran influencia en la protección real que ofrece.

El nivel equivalente diario de presión sonora en un puesto de trabajo, puede calcularse como:

$$L_{AeqT} = 10 \log (1/T) \sum_n (T_1 \times 10^{0,1 L_{Aeq1}} + T_2 \times 10^{0,1 L_{Aeq2}} + \dots + T_n \times 10^{0,1 L_{Aeqn}})$$

Siendo L_{A1} , L_{A2} , L_{An} los niveles de presión sonora existentes durante los periodos de tiempo T_1 , T_2 , T_n .

De la misma forma, el cálculo del nivel equivalente (efectivo) durante un tiempo T si durante una parte T' se utiliza un protector auditivo de reducción predicha, PNR, y el resto del tiempo no se utiliza protector alguno, es el siguiente:

$$L_{AeqT} = 10 \log (1/T) \sum_n (T \times 10^{0,1 L_{Aeq,T}} + (T - T') \times 10^{0,1 L_{Aeq,(T-T')}})$$

Ejemplo

En el ejemplo anterior, el nivel de presión sonora efectivo ponderado A es $L_A' = 93 - 25 = 68$ dBA. Si ese nivel se mantiene durante 8 horas ese será también el nivel equivalente diario (efectivo). Si por el contrario el trabajador se desprende de vez en cuando del protector (supongamos que 5 minutos de cada hora de trabajo) el nivel equivalente diario (efectivo) será:

$$L_{Aeqd} = 10 \log (1/480) \sum_n (440 \times 10^{6,8} + 40 \times 10^{9,3}) = 83 \text{ dBA}$$

En la práctica el protector auditivo se comporta como si tuviese un valor de PNR = $93 - 83 = 10$ dBA. En la **tabla 9** se presentan los valores del PNR suponiendo otras frecuencias de descanso.

En la **figura 3** se ha simulado la exposición del trabajador en función del tiempo de uso del protector. Puede observarse en ella, que el nivel

equivalente diario (efectivo) sólo es igual o menor que 80 dBA, cuando el tiempo de utilización del protector supera el 95% de la jornada de 8 horas.

El efecto del tiempo de utilización del EPI en la reducción de la protección (PNR) de tres protectores diferentes (PNR = 10, 20 y 25 dBA) se puede extraer de la **figura 4**. Obsérvese que cuando el protector se usa sólo la mitad del tiempo de exposición los tres protectores auditivos ofrecen de hecho la misma protección.

En la práctica es muy frecuente que la persona que utiliza protectores auditivos "descanse" durante cortos espacios de tiempo de la molestia que puede suponer su uso. Ya se ha visto las consecuencias de la acumulación de esos periodos en los que habiendo exposición no hay protección, por lo que es recomendable que en la elección del protector auditivo intervenga directamente el usuario. Se tendrá en cuenta además que el "aislamiento" que provoca una excesiva protección, crea molestias añadidas, por lo que se recomienda que el protector ofrezca una protección PNR que garantice simplemente la reducción del nivel de ruido por debajo de 75 dBA.

Tabla 9.
Eficacia de protección del protector auditivo según la utilización

Frecuencia de descanso		Eficacia de la protección
El usuario no se desprende nunca del protector durante la exposición		$L_A' = 68$ PNR = 25
El usuario se desprende del protector	1 minuto de cada hora	$L_A' = 76$ PNR = 17
	2 minutos de cada hora	$L_A' = 79$ PNR = 14
	10 minutos de cada hora	$L_A' = 86$ PNR = 7
	15 minutos de cada hora	$L_A' = 87$ PNR = 6
	30 minutos de cada hora	$L_A' = 90$ PNR = 3

Figura 3
Nivel de exposición real, al ruido, al variar el tiempo de utilización del protector auditivo (PNR = 25 dB y LAeq, T = 93 dB)

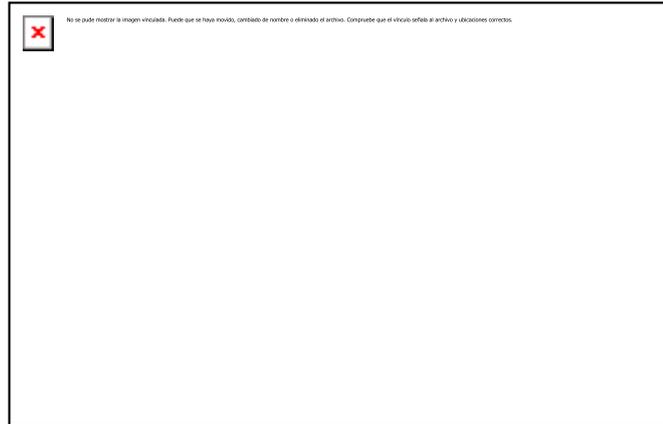


Figura 4
Variación del PNR con el tiempo de utilización del protector auditivo



Bibliografía

UNE EN ISO 4869-2

Acústica. Protectores auditivos contra el ruido . Parte 2: Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan

protectores auditivos.
AENOR 1996
ROBERT ANDERSON Y OTROS AUTORES.
The Noise Manual
AIHA 2000

APÉNDICE E

TIPOS DE LAMPARAS E ILUMINACION

Richard Forster

Una lámpara es un convertidor de energía. Aunque pueda realizar funciones secundarias, su principal propósito es la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible. Hay muchas maneras de crear luz, pero el método normalmente utilizado en la iluminación general es la conversión de energía eléctrica en luz.

Tipos de luz

Incandescencia

Los materiales sólidos y líquidos, al calentarse, emiten radiación visible a temperaturas superiores a 1.000 K; este fenómeno recibe el nombre de incandescencia.

Las lámparas de filamentos se basan en este calentamiento para generar luz: una corriente eléctrica pasa a través de un fino hilo de tungsteno, cuya temperatura se eleva hasta alcanzar entre 2.500 y 3.200 K, en función del tipo de lámpara y su aplicación.

Existe un límite para este método, que viene descrito por la Ley de Planck para el comportamiento de un radiador de cuerpo negro, de acuerdo con la cual, la distribución espectral de la energía radiada aumenta con la temperatura. A unos 3.600 K o más, se produce un marcado aumento en la emisión de radiación visible y la longitud de onda de la máxima energía se desplaza hacia la banda visible. Es una temperatura cercana al punto de fusión del tungsteno, que es el material utilizado como filamento, de modo que, en la práctica, el límite de temperatura es de unos 2.700 K, por encima del cual la evaporación del filamento resulta excesiva. Una consecuencia de estos desplazamientos espectrales es que una gran parte de la radiación desprendida no se emite en forma de luz, sino en forma de calor en la región de infrarrojos. Por consiguiente, las bombillas de filamentos pueden ser dispositivos de calefacción eficaces y se utilizan en lámparas diseñadas para secar materiales impresos, preparar alimentos y criar animales.

Descarga eléctrica

La descarga eléctrica es una técnica utilizada en las modernas fuentes de luz para el comercio y la industria, debido a que la producción de luz es más eficaz. Algunos tipos de lámparas combinan la descarga eléctrica con la fotoluminiscencia.

Una corriente eléctrica que pasa a través de un gas excita los átomos y moléculas para emitir radiación con un espectro característico de los elementos presentes. Normalmente se utilizan dos metales, sodio y mercurio, porque sus características dan lugar a radiaciones útiles en el espectro visible. Ninguno de estos metales emite un espectro continuo y las lámparas de descarga tienen espectros selectivos. La reproducción del color nunca será idéntica a la obtenida con espectros continuos. Las lámparas de descarga suelen dividirse en las categorías de baja o alta presión, aunque estos términos sólo son relativos, y una lámpara de sodio de alta presión funciona a menos de una atmósfera.

Tipos de luminiscencia

La *fotoluminiscencia* se produce cuando la radiación es absorbida por un sólido y reemitida en una longitud de onda diferente.

Cuando la radiación reemitida está dentro del espectro visible, el proceso se denomina *fluorescencia* o *fosforescencia*.

La *electroluminiscencia* se produce cuando la luz es generada por una corriente eléctrica que pasa a través de ciertos sólidos, como los materiales fosfóricos. Se utiliza en cuadros de instrumentos y letreros luminosos, pero no ha demostrado ser una fuente de luz práctica para la iluminación de edificios o exteriores.

Evolución de las lámparas eléctricas

Aunque el progreso tecnológico ha permitido producir diferentes lámparas, los principales factores que han influido en su desarrollo han sido fuerzas externas al mercado. Por ejemplo, la producción de las lámparas de filamentos que se utilizaban a principios de siglo sólo fue posible cuando se dispuso de buenas bombas de vacío y del proceso de trefilado del tungsteno. Con todo, fue la generación y distribución de electricidad a gran escala, para satisfacer la demanda de iluminación eléctrica, la que determinó el crecimiento del mercado. La iluminación eléctrica ofrecía muchas ventajas en comparación con la luz generada por gas o aceite, como la estabilidad de la luz, el escaso mantenimiento, la mayor seguridad que supone no tener una llama desnuda y la ausencia de subproductos locales de combustión.

Durante el período de recuperación que siguió a la segunda Guerra Mundial, lo importante era la productividad. La lámpara fluorescente tubular se convirtió en la fuente de luz dominante porque con ella era posible iluminar fábricas y oficinas sin sombras y comparativamente sin calor, aprovechando

al máximo el espacio disponible. En la Tabla 46.1 se indican los requisitos de vataje y rendimiento lumínico de una lámpara fluorescente tubular típica de 1.500 mm.

Tabla 46.1 • Mejora de los requisitos de rendimiento lumínico y vataje de algunas lámparas de tubo fluorescente de 1.500 mm.

Potencia (W)	Diámetro (mm)	Gas interior	Eficiencia lumínica (lúmenes)
80	38	argón	4.800
65	38	argón	4.900
58	25	criptón	5.100
50	25	argón	5.100

(equipo de alta frecuencia)

En el decenio de 1970 aumentó el precio del petróleo y los costes energéticos se convirtieron en una parte importante de los costes de explotación. El mercado demandaba lámparas fluorescentes que produjesen la misma cantidad de luz con un menor consumo eléctrico, por lo que se perfeccionó el diseño de la lámpara de varias maneras. A medida que se aproxima el fin de siglo, aumenta la conciencia de los problemas ambientales globales. Factores como el mejor aprovechamiento de las materias primas escasas, el reciclaje o la seguridad en el vertido de los productos y la continua preocupación por el consumo de energía (sobre todo de la generada a partir de combustibles fósiles) influyen en el diseño de las lámparas actuales.

Criterios de rendimiento

Los criterios de rendimiento varían según la aplicación. En general, no existe una jerarquía concreta de importancia de estos criterios.

Rendimiento lumínico: la emisión de lúmenes de una lámpara determinará su idoneidad en relación con la escala de la instalación y la cantidad de iluminación necesaria.

Coloración y reproducción del color: se aplican escalas y valores numéricos independientes a la coloración y a la reproducción del color. Es importante recordar que las cifras sólo son orientativa0073

y que algunas sólo son aproximaciones. Siempre que sea posible, deberán realizarse valoraciones de idoneidad con lámparas reales y con los colores o materiales aplicables a la situación.

Vida útil de la lámpara: la mayoría de las lámparas tienen que ser reemplazadas varias veces durante la pervivencia de la instalación de alumbrado y los diseñadores deben reducir al mínimo los inconvenientes para los ocupantes como consecuencia de las averías esporádicas y del

mantenimiento. Las lámparas tienen muy diversas aplicaciones. La previsión de vida útil media suele ser un compromiso entre coste y rendimiento.

Por ejemplo, la lámpara de un proyector de diapositivas durará unos cuantos cientos de horas, porque es importante que alcance el máximo rendimiento lumínico para conseguir una imagen de buena calidad. Por el contrario, algunas lámparas de alumbrado de carreteras pueden durar hasta dos años, lo que representa unas 8.000 horas de encendido.

Además, la vida útil de la lámpara se ve afectada por las condiciones de trabajo, por lo que no existe una cifra válida para todas las situaciones. De igual manera, la duración efectiva de la lámpara puede venir determinada por diferentes formas de deterioro. El fallo físico, como la rotura del filamento o de la propia lámpara, puede venir precedido de una reducción del rendimiento lumínico o de cambios en la coloración.

La duración de la lámpara resulta afectada por condiciones ambientales externas como la temperatura, la vibración, la frecuencia de encendido, las fluctuaciones de la tensión de alimentación, la orientación, etcétera.

Es preciso observar que la vida media establecida para un tipo de lámpara es el tiempo que tardan en fallar el 50 % de las lámparas de una partida de pruebas. No es probable que esta definición de vida útil sea aplicable a muchas instalaciones comerciales o industriales, por lo que la duración de una lámpara suele ser inferior en la práctica a los valores publicados, que sólo deberán utilizarse a efectos de comparación.

Eficiencia: como norma general, la eficiencia de un tipo determinado de lámpara será mejor cuanto mayor sea el régimen de potencia, porque la mayoría de las lámparas tienen cierta pérdida fija. Ahora bien, comparando diferentes tipos de lámparas se observan marcadas variaciones de eficiencia. Es conveniente utilizar las lámparas de mayor eficiencia, siempre que se cumplan al mismo tiempo los criterios de tamaño, color y vida útil. No debe ahorrarse energía a expensas del confort visual o del rendimiento de los ocupantes. En la Tabla 46.2 se ofrecen algunos valores típicos de eficiencia.

Tabla 46.2 • Rendimientos típicos de las lámparas.

Eficiencia de las lámparas	
Lámpara de filamento de 100 W	14 lúmenes/vatio
Tubo fluorescente de 58 W	89 lúmenes/vatio
Lámpara de sodio de alta presión de 400 W	125 lúmenes/vatio
Lámpara de sodio de baja presión de 131 W	198 lúmenes/vatio

Principales tipos de lámparas

A lo largo de los años, se han ido desarrollando varios sistemas de nomenclatura en los registros y normas nacionales e internacionales.

En 1993, la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) publicó un nuevo Sistema Internacional de Codificación de Lámparas (SICL) pensado para sustituir a los sistemas de codificación nacionales y regionales ya existentes. En la Tabla 46.3 figuran algunos códigos SICL en formato abreviado para diversas lámparas.

Lámparas incandescentes

Utilizan un filamento de tungsteno dentro de un globo de vidrio al vacío o lleno de un gas inerte que evite la evaporación del tungsteno y reduzca el ennegrecimiento del globo. Existen lámparas de muy diversas formas, que pueden resultar muy decorativas. En la Figura 46.1 se muestran los componentes de una lámpara típica de iluminación general (General Lighting Service, GLS). Las lámparas incandescentes también se presentan en una amplia gama de colores y acabados. En la Tabla 46.4 aparecen algunas formas típicas y los códigos SICL.

Se trata de unas lámparas que siguen teniendo aceptación en la iluminación doméstica debido a su bajo coste y pequeño tamaño. Con todo, su baja eficiencia genera costes de explotación muy altos en la iluminación comercial e industrial, por lo que normalmente se prefieren las lámparas de descarga. Una lámpara de 100 W tiene una eficiencia típica de 14 lúmenes/vatio en comparación con los 96 lúmenes/vatio de una lámpara fluorescente de 36 W. Las lámparas incandescentes todavía se utilizan cuando la atenuación de la luz es una característica de control conveniente, ya que resulta fácil atenuarlas reduciendo la tensión de alimentación.

Tabla 46.3 • Sistema Internacional de Codificación de Lámparas (SICL), sistema de codificación en formato abreviado para algunos tipos de lámparas.

Tipo (código)	Potencia normal (vatios)	Reproducción del color	Temperatura colorimétrica (K)	Vida útil (horas)
Lámparas fluorescentes de tamaño reducido (FS)	5–55	buena	2.700–5.000	5.000–10.000
Lámparas de mercurio de alta presión (QE)	80–750	correcta	3.300–3.800	20.000
Lámparas de sodio de alta presión (S-)	50–1.000	de incorrecta a buena	2.000–2.500	6.000–24.000
Lámparas incandescentes (I)	5–500	buena	2.700	1.000–3.000
Lámparas de inducción (XF)	23–85	buena	3.000–4.000	10.000–60.000
Lámparas de sodio de baja presión (LS)	26–180	color amarillo monocromático	1.800	16.000
Lámparas halógenas de tungsteno de baja tensión (HS)	12–100	buena	3.000	2.000–5.000
Lámparas de haluro metálico (M-)	35–2.000	de buena a excelente	3.000–5.000	6.000–20.000
Lámparas fluorescentes tubulares (FD)	4–100	de correcta a buena	2.700–6.500	10.000–15.000
Lámparas halógenas de tungsteno (HS)	100–2.000	buena	3.000	2.000–4.000

Figura 46.1 • Construcción de una lámpara GLS.



El filamento de tungsteno es una fuente de luz de tamaño reducido, que puede enfocarse fácilmente con reflectores o lentes. Las lámparas incandescentes son útiles en la iluminación de expositores, donde se requiere control direccional.

Lámparas halógenas de tungsteno

Son parecidas a las lámparas incandescentes y producen luz de la misma manera, a partir de un filamento de tungsteno. Ahora bien, el globo contiene gas halógeno (bromo o yodo) que actúa controlando la evaporación del tungsteno (véase la Figura 46.2).

Es fundamental para el ciclo del halógeno que la bombilla se mantenga a una temperatura mínima de 250 °C para que el haluro de tungsteno permanezca en estado gaseoso y no se condense sobre la superficie del globo. Tal temperatura da lugar a que las bombillas se fabriquen con cuarzo en lugar de vidrio.

El cuarzo permite reducir el tamaño de la bombilla. La mayoría de las lámparas halógenas de tungsteno duran más tiempo que sus equivalentes

incandescentes y el filamento alcanza una temperatura más alta, creando más luz y un color más blanco.

Figura 46.2 • El ciclo halógeno.

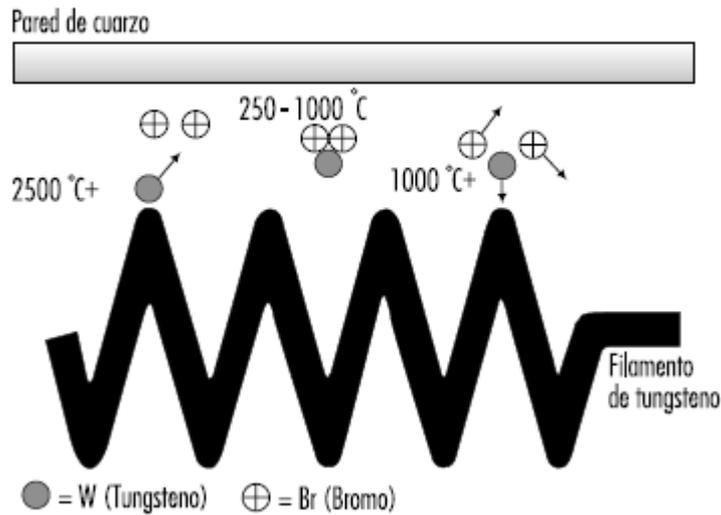


Tabla 46.4 • Colores y formas comunes a las lámparas incandescentes, con sus códigos del SICL.

Color/Forma	Código
Transparente	/C
Esmerilado	/F
Blanco	/W
Rojo	/R
Azul	/B
Verde	/G
Amarillo	/Y
Forma de pera (GLS)	IA
Forma cilíndrica	IB
Forma cónica	IC
Forma de globo	IG
Forma de seta	IM

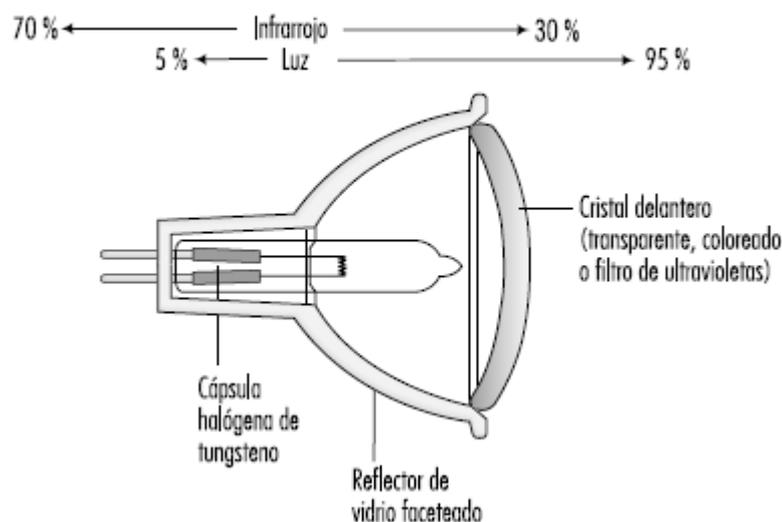
Las lámparas halógenas de tungsteno han encontrado aceptación en situaciones cuyos principales requisitos son un tamaño reducido y un alto rendimiento. Como ejemplo típico cabe citar la iluminación de escenarios,

incluyendo el cine y la televisión, donde el control direccional y la atenuación son requisitos habituales.

Lámparas halógenas de tungsteno de baja tensión

Fueron diseñadas originalmente para proyectores de diapositivas y películas. A 12 V, un filamento diseñado para los mismos vatios que en el caso de una corriente de 230 V se hace más pequeño y grueso. Puede enfocarse más eficazmente, y la mayor masa del filamento permite una temperatura de trabajo más alta, aumentando el rendimiento lumínico. El filamento grueso es más robusto. Son características que se han considerado ventajosas en el mercado de los expositores comerciales y, aunque es necesario incorporar un transformador reductor, estas lámparas dominan actualmente la iluminación de escaparates (véase la Figura 46.3).

Figura 46.3 • Lámpara reflectora dicróica de baja tensión.

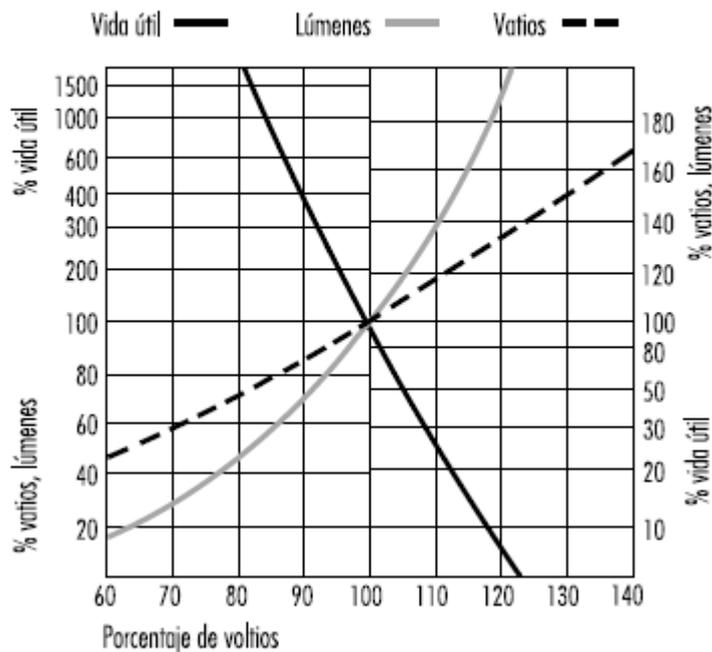


Aunque los usuarios de proyectores cinematográficos desean el máximo de luz posible, un exceso de calor deteriora el medio de la transparencia. Se ha desarrollado un tipo especial de reflector que sólo refleja la radiación visible, permitiendo que la radiación de infrarrojos (calor) pase a través de la parte trasera de la lámpara. En la actualidad, esta característica está incorporada en muchas lámparas de reflectores de baja tensión para la iluminación de expositores, así como en equipos de proyección.

Sensibilidad a la tensión: todas las lámparas de filamentos son sensibles a las variaciones de tensión, viéndose afectadas en términos de rendimiento lumínico y vida útil. Se está consiguiendo “armonizar” la tensión de alimentación a 230 V en toda Europa ampliando las tolerancias de trabajo de las autoridades que regulan la generación de electricidad. Se tiende a un $\pm 10\%$, que es una gama de tensiones de 207 a 253 V. En esta gama no es

razonable trabajar con lámparas incandescentes ni con lámparas halógenas de tungsteno, por lo que será necesario adaptar la tensión de alimentación efectiva a la potencia de las lámparas (véase la Figura 46.4).

Figura 46.4 • Lámparas de filamento GLS y tensión de alimentación.



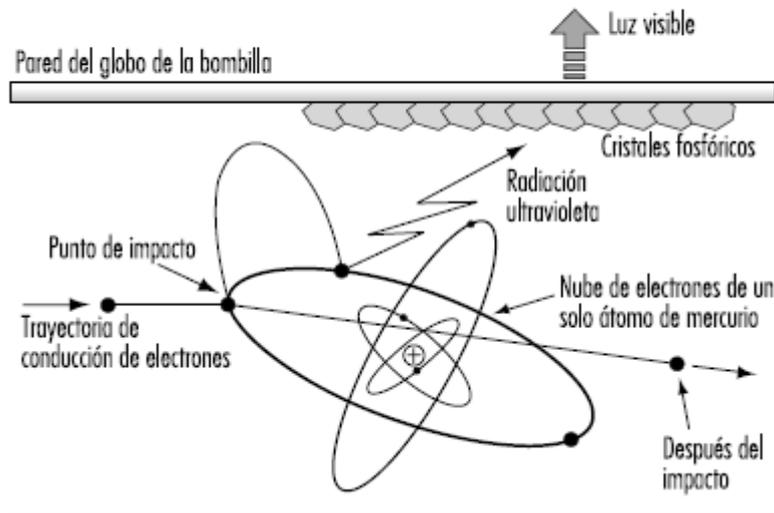
Las lámparas de descarga también se verán afectadas por tan grandes variaciones de tensión, de modo que será importante la correcta especificación del equipo de control.

Lámparas fluorescentes tubulares

Son lámparas de mercurio de baja presión que están disponibles en versiones de “cátodo caliente” y “cátodo frío”. La primera versión es el tubo fluorescente convencional para fábricas y oficinas; “cátodo caliente” se refiere al cebado de la lámpara por precalentamiento de los electrodos para que la ionización del gas y del vapor de mercurio sea suficiente para realizar la descarga.

Las lámparas de cátodo frío se utilizan principalmente en letreros y anuncios publicitarios (véase la Figura 46.5).

Figura 46.5 • Principio de la lámpara fluorescente.



Las lámparas fluorescentes necesitan equipo de control externo para efectuar el cebado y para regular la corriente de la lámpara. Además de la pequeña cantidad de vapor de mercurio, hay un gas de cebado (argón o criptón).

La baja presión del mercurio genera una descarga de luz de color azul pálido. La mayor parte de la radiación está en la región ultravioleta a 254 nm, una frecuencia de radiación característica del mercurio. En el interior de la pared del tubo hay un fino revestimiento fosfórico, que absorbe los rayos ultravioleta e irradia la energía en forma de luz visible. El color de la luz viene determinado por el revestimiento fosfórico. Existe toda una gama de materiales fosfóricos con diversas características de coloración y reproducción del color.

Durante el decenio de 1950 los materiales fosfóricos disponibles ofrecían la posibilidad de elegir entre una eficiencia razonable (60 lúmenes/vatio) con una luz deficiente en rojos y azules, o una mejor reproducción del color a partir de materiales fosfóricos “de lujo” pero de menor eficiencia (40 lúmenes/vatio).

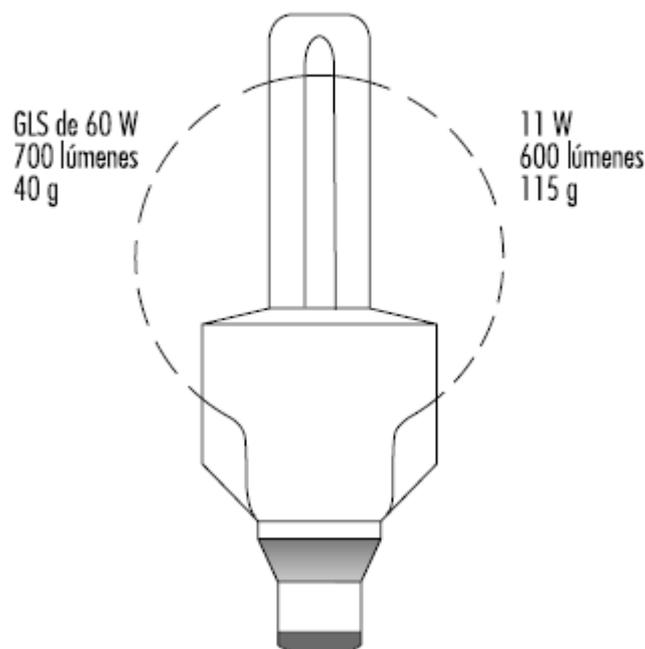
En el decenio de 1970 ya se habían desarrollado nuevos materiales fosfóricos de banda estrecha que irradiaban luz roja, azul y verde por separado, pero que, en combinación, producían luz blanca. El ajuste de las proporciones dio lugar a toda una gama de coloraciones diferentes, todas ellas con similares y excelentes propiedades de reproducción del color. Se trata de materiales trifosfóricos más eficaces que los primeros tipos y representan la solución de iluminación más económica, aunque las lámparas sean más caras. La mayor eficiencia reduce los costes de explotación e instalación.

El principio del material trifosfórico ha venido a ampliarse con las lámparas multifosfóricas en situaciones donde la reproducción del color es esencial, como en galerías de arte y en la comparación de colores en la industria. Los modernos materiales fosfóricos de banda estrecha son más duraderos, mejoran la constancia del flujo luminoso y aumentan la vida útil de la lámpara.

Lámparas fluorescentes de tamaño reducido

El tubo fluorescente no es un sustituto práctico para la lámpara incandescente debido a su forma alargada. Pueden hacerse tubos cortos y estrechos de aproximadamente el mismo tamaño que la lámpara incandescente, pero esto impone una carga eléctrica muy superior al material fosfórico. Para que la lámpara tenga una vida útil aceptable es esencial utilizar trifosfóricos (véase la Figura 46.6).

Figura 46.6 • Fluorescente de tamaño reducido de cuatro patas.



En todas las lámparas fluorescentes de tamaño reducido se utilizan trifosfóricos, de modo que, si se utilizan junto con las alargadas, también deberán utilizarse en estas últimas, para mantener la coherencia de los colores. Algunas lámparas de tamaño reducido incluyen el equipo de control necesario para crear dispositivos de conversión para lámparas incandescentes.

La gama va en aumento y permite actualizar fácilmente las instalaciones de alumbrado ya existentes para utilizar más eficazmente la energía. En el caso

de que los controles originales lo permitieran, estas unidades integradas no serían adecuadas para el efecto de atenuación.

Equipo electrónico de control de alta frecuencia: si la frecuencia normal de alimentación de 50 o 60 Hz aumenta a 30 kHz, se produce un 10 % de aumento en la eficiencia de los tubos fluorescentes.

Los circuitos electrónicos pueden manejar las lámparas individualmente a tales frecuencias. El circuito electrónico está diseñado para proporcionar el mismo rendimiento lumínico que el equipo de control de hilo bobinado, con menor potencia en la lámpara. Con ello es posible compatibilizar el paquete lumínico, con la ventaja de que la menor carga en la lámpara aumentará notablemente la vida útil de ésta. El equipo de control electrónico puede trabajar en toda una gama de tensiones de alimentación.

No existe una norma común para el equipo de control electrónico y el rendimiento de las lámparas puede diferir de la información publicada por los fabricantes.

El uso de equipo electrónico de alta frecuencia elimina el problema normal de parpadeo de la luz, al que algunos ocupantes pueden ser sensibles.

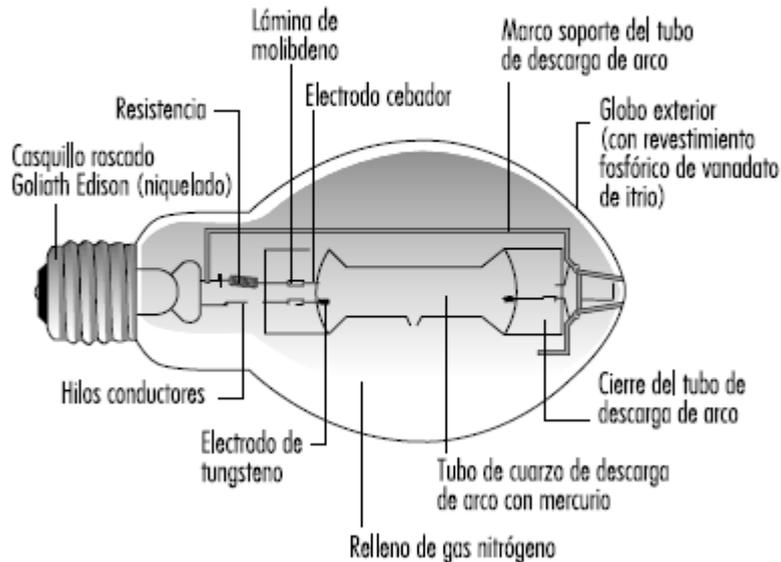
Lámparas de inducción

Recientemente han aparecido en el mercado lámparas que utilizan el principio de inducción. Son lámparas de mercurio de baja presión con revestimientos trifosfóricos y cuya producción de luz es similar a la de las lámparas fluorescentes. La energía se transmite a la lámpara por radiación de alta frecuencia, aproximadamente a 2,5 MHz, desde una antena situada en el centro de la lámpara. No existe conexión física entre la bombilla y la bobina. Sin electrodos u otras conexiones alámbricas, la construcción del recipiente de descarga es más sencilla y duradera. La vida útil de la lámpara se determina principalmente por la fiabilidad de los componentes electrónicos y la constancia del flujo luminoso del revestimiento fosfórico.

Lámparas de mercurio de alta presión

Las descargas de alta presión son más compactas y tienen mayores cargas eléctricas; por consiguiente, requieren tubos de descarga de arco hechos de cuarzo para soportar la presión y la temperatura. El tubo de descarga de arco va dentro de una envoltura exterior de vidrio con una atmósfera de nitrógeno o argón-nitrógeno para reducir la oxidación y el chisporroteo. La bombilla filtra eficazmente la radiación ultravioleta del tubo de descarga de arco (véase la Figura 46.7).

Figura 46.7 • Componentes de una lámpara de mercurio.



A alta presión, la descarga de mercurio es principalmente radiación azul y verde. Para mejorar el color, un revestimiento fosfórico aplicado a la bombilla añade luz roja. Existen versiones de lujo con mayor contenido de rojo, que proporcionan un mayor rendimiento lumínico y reproducen mejor el color.

A todas las lámparas de descarga de alta presión les cuesta alcanzar su pleno rendimiento. La descarga inicial se realiza a través del gas conductor interior y el metal se evapora a medida que aumenta la temperatura de la lámpara. A presión estable, la lámpara no se vuelve a cebar inmediatamente sin un equipo de control especial. Se produce una demora mientras la lámpara se enfría suficientemente y se reduce la presión, de modo que basta la tensión de alimentación normal o el circuito de ignición para restablecer el arco.

Las lámparas de descarga tienen una característica de resistencia negativa, por lo que es necesario el equipo de control externo para regular la corriente. Existen pérdidas debidas a los componentes de estos equipos de control, de modo que el usuario deberá tener en cuenta el vataje total al estudiar los costes de explotación y la instalación eléctrica. Las lámparas de mercurio de alta presión constituyen una excepción, y uno de sus tipos contiene un filamento de tungsteno que actúa como dispositivo limitador de corriente y además agrega colores cálidos a la descarga verde/azul. Con lo cual, las lámparas incandescentes pueden reemplazarse directamente.

Aunque las lámparas de mercurio tienen una larga vida útil, de alrededor de 20.000 horas, su rendimiento lumínico disminuye hasta aproximadamente el

55 % del inicial al final de este período y, por consiguiente, su vida económica puede ser menor.

Lámparas de haluro metálico

Es posible mejorar el color y el rendimiento lumínico de las lámparas de descarga de mercurio añadiendo diferentes metales al arco de mercurio. La dosis es pequeña en cada lámpara y, a efectos de precisión en la aplicación, es más conveniente manejar los metales en polvo, en forma de haluros, que se disgrega cuando la lámpara se calienta y libera el metal.

Una lámpara de haluro metálico puede utilizar varios metales diferentes, cada uno de los cuales emite un color característico específico. Entre ellos cabe citar:

- disprosio — verde-azul de banda ancha
- indio — azul de banda estrecha
- litio — rojo de banda estrecha
- escandio — verde-azul de banda ancha
- sodio — amarillo de banda estrecha
- talio — verde de banda estrecha
- estaño — rojo-naranja de banda ancha

No existe una mezcla estándar de metales, por lo que puede ser que las lámparas de haluro metálico de diferentes fabricantes no sean compatibles en aspecto o funcionamiento. En las lámparas de menor vataje, de 35 a 150 W, existe una compatibilidad física y eléctrica más próxima a una norma común.

Las lámparas de haluro metálico necesitan equipo de control, pero la falta de compatibilidad significa que es necesario combinar bien cada lámpara con su equipo para que las condiciones de cebado y funcionamiento sean correctas.

Lámparas de sodio de baja presión

El tubo de descarga de arco tiene un tamaño similar al tubo fluorescente, pero está hecho de un vidrio contrachapado especial con una capa interior resistente al sodio. El tubo de descarga de arco tiene forma de “U” estrecha y va dentro de una envoltura exterior al vacío para asegurar la estabilidad térmica. Durante el cebado, el gas neón del interior de la lámpara produce un intenso resplandor rojo.

La radiación característica del vapor de sodio a baja presión es de un amarillo monocromático. Es un color próximo a la sensibilidad máxima del ojo humano y las lámparas de sodio de baja presión son las más eficaces que existen, a casi 200 lúmenes/vatio. Ahora bien, su aplicación viene limitada por la condición de que la discriminación de los colores no tenga importancia visual, como en el caso de las carreteras principales, los pasos subterráneos y las calles residenciales.

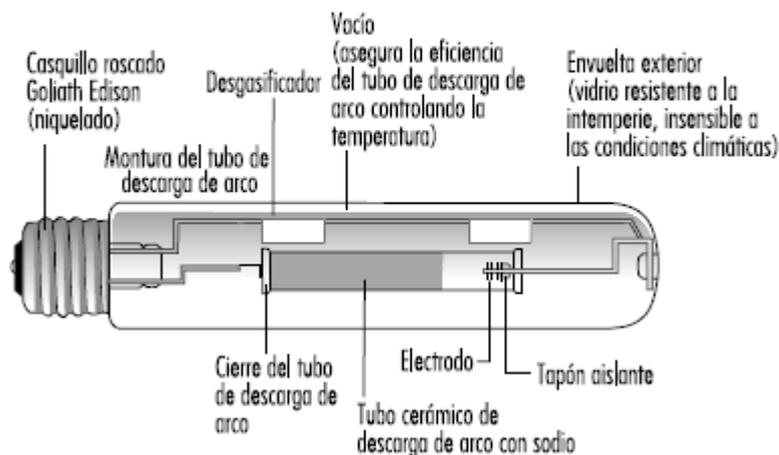
En muchas situaciones estas lámparas están siendo reemplazadas por lámparas de sodio de alta presión. Su menor tamaño ofrece mejor control óptico, particularmente en el alumbrado de carreteras, donde existe cada vez mayor preocupación por el excesivo resplandor del cielo.

Lámparas de sodio de alta presión

Son parecidas a las de mercurio de alta presión, pero ofrecen mejor eficiencia (más de 100 lúmenes/vatio) y una excelente constancia del flujo luminoso. La naturaleza reactiva del sodio requiere que el tubo de descarga de arco se fabrique con alúmina policristalina translúcida, ya que el vidrio o el cuarzo son inadecuados.

El globo de vidrio exterior contiene un vacío para evitar el chisporroteo y la oxidación. La descarga de sodio no emite radiación ultravioleta, por lo que los revestimientos fosfóricos no tienen ninguna utilidad. Algunas bombillas son esmeriladas o revestidas para difuminar la fuente de luz (véase la Figura 46.8).

Figura 46.8 • Componentes de una lámpara de sodio de alta presión.



Al aumentar la presión del sodio, la radiación se convierte en una banda ancha alrededor del pico amarillo y su coloración es de un blanco dorado. Ahora bien, al aumentar la presión, disminuye la eficiencia. Actualmente existen tres tipos independientes de lámparas de sodio de alta presión, como se ilustra en la Tabla 46.5.

Tabla 46.5 • Tipos de lámparas de sodio de alta presión.

Tipo de lámpara (Código)	Color (K)	Rendimiento (lúmenes/vatio)	Vida útil (horas)
Normal	2.000	110	24.000
De lujo	2.200	80	14.000
Blanca (SON)	2.500	50	

Generalmente, se utilizan las lámparas normales para el alumbrado exterior, las lámparas de lujo para los interiores industriales y las blancas son para aplicaciones comerciales y de exposición.

Atenuación de las lámparas de descarga

Las lámparas de alta presión no pueden atenuarse satisfactoriamente, ya que al cambiar la potencia de la lámpara cambia la presión y, por consiguiente, las características fundamentales de la lámpara.

Las lámparas fluorescentes pueden atenuarse utilizando suministros eléctricos de alta frecuencia generados normalmente con el equipo de control electrónico. La coloración permanece muy constante. Además, el rendimiento lumínico es aproximadamente proporcional a la potencia de la lámpara, con el consiguiente ahorro de energía eléctrica cuando se reduce dicho rendimiento. La integración del rendimiento lumínico de la lámpara con el nivel predominante de luz natural puede dar lugar a un nivel de iluminancia casi constante en un interior.

SONOMETRÍA OCUPACIONAL

Ubicación	SPL*db (A)	Ubicación en plano	Ubicación GPS
Tambor de Mezcla de Hormigon	90.1	SO1	E=0618828 N=9758216
Bombeo de Cemento desde vehiculo hacia silo de almacenamiento	90.9	SO2	E=0618781 N=9758212
Lavado de csmón mezclador C.Calidad	83.8	SO3	E=0618865 N=9758160
Bombeo de Hormigon (obra)	86.3	SO4	Fuente de Planta
Garita	70.4	SO5	E=0618876 N=9758198
Taller mant. Mecanico	82.5	SO6	E=0618717 N=9758216
Zona de carga de hormigon	84.5	SO7	E=0618787 N=9758228
Banda transp. Silos de agregados	77.4	SO8	E=0618809 N=9758198
Laboratorio	70.1	SO9	No Aplica *
Control Central	72.1	SO10	No Aplica
Torre banda dosificadoras	76.2	SO11	E=0618819 N=9758116
Motor banda transp. Silos agregados	76.1	SO12	E=0618830 N=9758164
Enfriador de Agua	79.9	SO13	E=0618822 N=9758254
Recicladora	70.2	SO14	E=0618882 N=9758254
Descarga Materia Prima (arena)	72.3	SO15	E=0618773 N=9758178
Carga de pala caterpillar (silos agregados)	73.6	SO16	E=0618811 N=9758170
Compresor Taller	71.8	SO17	E=0618710 N=9758178
Tolva de agregados	80.2	SO18	E=0618819 N=9758172
Tolva para silos de almacenamiento de agregados	66.7	SO19	E=0618765 N=9758164
Recepcion y despacho de combustible	64.1	SO20	E=0618746 N=9758120
Piscina de sedimentacion de aguas lluvias	72.8	SO21	E=0618839 N=9758128
Zona de secado de todos	58.6	SO22	E=0618963 N=9758300
Oficinas	66	SO23	No Aplica *
Generador	93.3	SO24	E=0618780 N=9758250
Dentro tambor carro mezclador (Desprendimiento de Homg. Con taladro ruemastico)	106	SO25	No Aplica *



PLANTA XYZ			
Sonometría Ocupacional			
			1

Plano 2 Sonometría Ocupacional

**TE RECOMIENDO QUE LOS PLANOS LOS HAGAS EN A3 PARA QUE SE
APRECIEN MEJOR**

BIBLIOGRAFÍA

1. REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO, Capítulo V, Art. 53, Art. 55, Art. 56,
<http://www.mintrab.gov.ec/MinisterioDeTrabajo//Documentos/95.pdf>.
2. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, Libro VI, Anexo 5,
http://www.ambiente.gov.ec/paginas_espanol/3normativa/texto_unificado.htm
3. NTP 638: ESTIMACIÓN DE LA ATENUACIÓN EFECTIVA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS, http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_638.htm.
4. NTP 211: ILUMINACIÓN DE LOS CENTROS DE TRABAJO,
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_211.htm
5. NTP 270: EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO.
DETERMINACIÓN DE NIVELES REPRESENTATIVOS,
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_270.htm

6. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Organización Internacional del Trabajo, O.I.T. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Tercera Edición, 2001, Parte VI Riesgos generales, Capítulo 46,
<http://www.mtas.es/Publica/enciclo/general/contenido/tomo2/46.pdf>

7. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Organización Internacional del Trabajo, O.I.T. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Tercera Edición, 2001, Parte IV Herramientas y enfoque, Capítulo 30,
<http://www.mtas.es/Publica/enciclo/general/contenido/tomo1/30.pdf>

8. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO,
Organización Internacional del Trabajo, O.I.T. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Tercera Edición, 2001, Parte VI Riesgos generales, Capítulo 47,
<http://www.mtas.es/Publica/enciclo/general/contenido/tomo2/47.pdf>

9. THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, Manual of Sampling Data Sheets, particulates not otherwise regulated, respirable 0600,
<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0600.pdf>

10. FICHA DE DIVULGACIÓN NORMATIVA, Ruido,
http://www.mtas.es/insht/FDN/FDN_002.htm#punto01