

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE RUIDO PARA LOS TRABAJADORES DEL CENTRO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA DIPOR S.A.

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

CARLOS OLMEDO ANDRADE RUIZ

DIRECTOR: ING. WILLIAM VILLACÍS OÑATE MSc.

CODIRECTOR: ING. FRANCISCO SALGADO MSc.

Quito, diciembre 2014

© Escuela Politécnica Nacional (2014)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Carlos Andrade Ruiz, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Carlos Olmedo Andrade Ruiz

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Andrade Ruiz, bajo mi supervisión.

Ing. William Villacís MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Francisco Salgado, MSc.

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a mi papá y mamá, quienes con su sabiduría, amor y apoyo incondicional me han ayudado a elegir lo correcto y han sabido guiarme por el camino de la vida, diferenciando lo bueno de lo malo.

A mis amigos de la maestría Willy, Pancho, Isa, Jimmy y Eve, con quienes compartimos momentos inolvidables.

Al Ing. Ernesto de la Torre y a la Ing. Alicia Guevara por su motivación y apoyo a lo largo de la maestría.

Al Ing. Francisco Salgado por su guía y oportunos consejos que me ayudaron a culminar este proyecto.

Al Ing. William Villacís quien supo alentarme para seguir adelante.

A mi gran amiga Eve Criollo, quien fue parte fundamental en el desarrollo de este proyecto.

A la Sra. Silvia Muriel por toda su ayuda durante el tiempo de desarrollo de esta carrera.

A la Ing. Eliana Manangón por su apoyo en el desarrollo del proyecto.

Por último agradezco a una persona que se ha tornado muy importante en mi vida, mi esposa, Karina King Baca, quien con su amor, empuje y apoyo constante me ha permitido culminar mi carrera y sobrellevar los problemas que se han dado a lo largo del camino.

Y a todas aquellas personas que fueron un aporte durante este proyecto.

.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia y en especial mis padres ya que, gracias a su esfuerzo, he llegado a ser un profesional de éxito y una persona más humana, pues ellos con su amor y experiencia han sabido enseñarme el camino de la vida.

Como parte fundamental, se la dedico a mi esposa, quien me ha ayudado en todo sentido por medio de su amor, conocimiento y orientación.

.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | PÁGINA |
|--|---------------|
| RESUMEN | xvii |
| INTRODUCCIÓN | xix |
| 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 1 |
| 1.1 Ruido | 1 |
| 1.1.1 Tipos de ruido | 3 |
| 1.1.1.1 Ruido continuo estable | 3 |
| 1.1.1.2 Ruido continuo fluctuante | 3 |
| 1.1.1.3 Ruido de impulso o de impacto | 3 |
| 1.1.2 Componentes de las ondas de ruido | 4 |
| 1.1.3 Unidad de medida | 4 |
| 1.1.4 Nivel de presión sonora | 5 |
| 1.1.5 Nivel de presión sonora continuo equivalente | 5 |
| 1.1.6 Nivel de banda de octava | 5 |
| 1.1.7 Nivel sonoro criterio (NSC) | 6 |
| 1.1.8 Tasas de intercambio | 6 |
| 1.2 Efectos del ruido en la salud | 7 |
| 1.2.1 Audición humana | 7 |
| 1.2.2 Efectos fisiológicos | 12 |
| 1.2.3 Efectos psicológicos | 13 |
| 1.2.4 Pérdida de la audición | 14 |
| 1.2.5 Interferencia conversacional | 17 |
| 1.3 Equipos para la medición la medición del ruido | 17 |
| 1.3.1 Sonómetro | 17 |
| 1.3.2 Calibración de los equipos acústicos | 20 |
| 1.3.3 Parámetros utilizados para la medición y evaluación de ruido | 20 |
| 1.4 Control de ruido | 22 |
| 1.4.1 Formas de transmisión del ruido | 22 |
| 1.4.2 Técnicas de control de ruido | 23 |
| 1.4.3 Importancia del control de ruido | 33 |
| 1.4.4 Audiometrías | 34 |
| 1.5 Marco legal | 35 |
| 1.5.1 Legislación nacional | 35 |
| 1.5.2 Legislación internacional | 37 |
| 2 METODOLOGÍA | 38 |
| 2.1 Identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo | 38 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2 | Evaluación de ruido | 39 |
| 2.2.1 | Medición de ruido | 39 |
| 2.3 | Implementación de medidas de prevención y control de ruido | 44 |
| 2.3.1 | Modelamiento de un acondicionamiento acústico para la oficina ubicada en el segundo piso | 45 |
| 2.3.2 | Plan de mantenimiento preventivo del generador | 46 |
| 2.3.3 | Plan de rotación del personal expuesto a ruido | 49 |
| 2.3.4 | Plan de capacitación sobre los efectos del ruido en la salud | 50 |
| 2.3.5 | Selección de protectores auditivos acordes al tipo de ruido | 52 |
| 2.3.5.1 | Comparación de protectores existentes en el mercado | 52 |
| 2.3.5.2 | Análisis espectral del protector auditivo | 52 |
| 2.3.5.3 | Método Noise Reduction Rate (NRR) | 53 |
| 2.3.6 | Señalización de obligatoriedad de utilizar equipos de protección personal | 54 |
| 2.3.7 | Audiometrías | 54 |
| 2.4 | Verificación de la eficacia de las medidas de prevención y control de ruido implementadas | 57 |
| 2.4.1 | Evaluación de las medidas de control implementadas | 58 |
| 2.4.1.1 | Medidas de control de ingeniería | 58 |
| 2.4.1.2 | Plan de mantenimiento del generador | 58 |
| 2.4.1.3 | Plan de rotación del personal expuesto | 59 |
| 2.4.1.4 | Plan de capacitación | 59 |
| 2.4.1.5 | Protectores auditivos | 60 |
| 2.4.1.6 | Señales de seguridad | 61 |
| 2.4.1.7 | Audiometrías | 61 |
| 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 62 |
| 3.1 | Resultados obtenidos en la evaluación de ruido | 62 |
| 3.1.1 | Identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo | 62 |
| 3.1.2 | Resultados obtenidos en la medición de ruido | 65 |
| 3.2 | Determinación de medidas preventivas y correctivas para el control de ruido | 73 |
| 3.2.1 | Acondicionamiento acústico | 73 |
| 3.2.1.1 | Dimensiones del Centro de Generación de Energía | 78 |
| 3.2.1.2 | Área total de absorción | 80 |
| 3.2.1.3 | Coeficiente medio de absorción | 81 |
| 3.2.1.4 | Reducción del nivel sonoro | 82 |
| 3.2.1.5 | Atenuación en cada puesto de trabajo | 83 |
| 3.2.1.6 | Verificación de la eficacia del acondicionamiento acústico de la oficina ubicada en el segundo piso | 87 |
| 3.2.2 | Plan de mantenimiento preventivo del generador | 88 |
| 3.2.3 | Plan de rotación del personal | 91 |
| 3.2.4 | Plan de capacitación | 94 |
| 3.2.4.1 | Programa de capacitación | 94 |
| 3.2.4.2 | Registro de asistencia | 95 |

| | | |
|----------|---|-------------|
| 3.2.4.3 | Resultados de las evaluaciones de los cursos | 96 |
| 3.2.5 | Implementación de protectores auditivos | 96 |
| 3.2.6 | Implementación de señales de seguridad | 100 |
| 3.3 | Resultados de las audiometrías | 102 |
| 3.4 | Verificación de la eficacia de las medidas de prevención y control de ruido implementadas | 109 |
| 3.4.1 | Verificación de la eficacia del plan de mantenimiento preventivo del generador | 109 |
| 3.4.2 | Verificación de la eficacia del plan de rotación del personal expuesto | 110 |
| 3.4.3 | Verificación de la eficacia del plan de capacitación | 112 |
| 3.4.4 | Verificación de la eficacia de la implementación de protectores auditivos | 113 |
| 3.4.5 | Verificación de la eficacia de la implementación de señales de seguridad | 114 |
| 3.4.6 | Verificación del estado de la salud auditiva mediante audiometrías | 116 |
| 4 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 129 |
| 4.1 | Conclusiones | 129 |
| 4.2 | Recomendaciones | 131 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 132 |
| | ANEXOS | 1366 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | PÁGINA |
|-------------------|--|--------|
| Tabla 1.1. | Niveles sonoros permitidos según el DE 2393 Art. 55, literal 7 | 36 |
| Tabla 2.1. | Especificaciones del sonómetro empleado en la medición de ruido | 43 |
| Tabla 2.2. | Elementos que se deben verificar en el mantenimiento preventivo con sus posibles soluciones | 47 |
| Tabla 2.3. | Elementos que se deben verificar en el mantenimiento preventivo con sus posibles soluciones | 48 |
| Tabla 2.4. | Formato de registro de asistencia a capacitaciones | 51 |
| Tabla 2.5. | Corrección por presbiacusia | 55 |
| Tabla 2.6. | Escala Early Loss Index (ELI) | 56 |
| Tabla 2.7. | Evaluación y significado del índice Speech Average Loss (SAL) | 56 |
| Tabla 2.8. | Porcentaje de pérdida auditiva global en un oído | 57 |
| Tabla 3.1. | Fuentes de ruido por puesto de trabajo | 63 |
| Tabla 3.2. | Análisis de los puestos de trabajo | 64 |
| Tabla 3.3. | Valores de la verificación previo a la medición de ruido | 66 |
| Tabla 3.4. | Datos de la medición de ruido para el puesto “Supervisor de tablero de control” | 66 |
| Tabla 3.5. | Datos de la medición de ruido para el puesto “Electricista” | 68 |
| Tabla 3.6. | Datos de la medición de ruido para el puesto “Mecánico” | 69 |
| Tabla 3.7. | Datos de la medición de ruido para el área del Generador | 71 |
| Tabla 3.8. | Tabla comparativa de los coeficientes de absorción de los materiales existentes en la oficina y los que se utilizarán en el acondicionamiento acústico | 76 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tabla 3.9. | Superficies parciales de la oficina | 79 |
| Tabla 3.10. | Absorción de los materiales propuestos en el acondicionamiento acústico | 80 |
| Tabla 3.11. | Coefficientes medio de absorción de la sala por bandas de frecuencia | 82 |
| Tabla 3.12. | Valores de reducción del nivel sonoro por banda de frecuencia | 82 |
| Tabla 3.13. | Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Supervisor del tablero de control” | 83 |
| Tabla 3.14. | Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Mecánico” | 84 |
| Tabla 3.15. | Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Electricista” | 85 |
| Tabla 3.16. | Reducción del nivel sonoro de los puestos de trabajo ubicados en la oficina del segundo piso después del diseño acústico | 87 |
| Tabla 3.17. | Registro de mantenimiento de los elementos sensibles de provocar ruido en el generador | 90 |
| Tabla 3.18. | Cronograma de rotación del personal | 91 |
| Tabla 3.19. | Resultados de las horas trabajadas por puesto de trabajo dentro del área del generador | 92 |
| Tabla 3.20. | Cronograma de capacitación | 94 |
| Tabla 3.21. | Promedio de calificaciones de los cursos sobre ruido del personal del Centro de Generación de Energía | 96 |
| Tabla 3.22. | Comparación de la atenuación sonora estimada de distintos protectores | 97 |
| Tabla 3.23. | Valores de atenuación del protector auditivo para el área del “Generador” | 99 |
| Tabla 3.24. | Valores obtenidos del método NNR de atenuación del protector auditivo para el área del “Generador” | 99 |
| Tabla 3.25. | Lugares donde se implementaron las señales de seguridad | 101 |
| Tabla 3.26. | Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 1 | 103 |
| Tabla 3.27. | Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 2 | 104 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tabla 3.28. | Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 3 | 105 |
| Tabla 3.29. | Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 4 | 106 |
| Tabla 3.30. | Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 5 | 107 |
| Tabla 3.31. | Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 6 | 108 |
| Tabla 3.32. | Horas trabajadas del personal dentro del Centro de Generación de Energía antes y después de la implementación del plan de rotación | 111 |
| Tabla 3.33. | Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 1 | 116 |
| Tabla 3.34. | Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 2 | 118 |
| Tabla 3.35. | Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 3 | 120 |
| Tabla 3.36. | Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 4 | 122 |
| Tabla 3.37. | Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 5 | 124 |
| Tabla 3.38. | Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 6 | 126 |
| Tabla I.1. | Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el puesto Supervisor de Tablero de Control | 137 |
| Tabla I.2. | Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el puesto Supervisor de Tablero de Control | 138 |
| Tabla I.3. | Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el puesto Mecánico | 139 |
| Tabla I.4. | Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el puesto del Mecánico | 140 |
| Tabla I.5. | Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el puesto Electricista | 141 |
| Tabla I.6. | Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el puesto del Electricista | 142 |
| Tabla I.7. | Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el generador | 143 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Tabla I.8. | Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el área del generador | 144 |
| Tabla II.1. | Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 125 Hz | 145 |
| Tabla II.2. | Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 125 Hz | 146 |
| Tabla II.3. | Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 250 Hz | 147 |
| Tabla II.4. | Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 250 Hz | 148 |
| Tabla II.5. | Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 500 Hz | 149 |
| Tabla II.6. | Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 500 Hz | 150 |
| Tabla II.7. | Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 1 000 Hz | 151 |
| Tabla II.8. | Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 1 000 Hz | 152 |
| Tabla II.9. | Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 2 000 Hz | 153 |
| Tabla II.10. | Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 2 000 Hz | 154 |
| Tabla II.11. | Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 4 000 Hz | 155 |
| Tabla II.12. | Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 4 000 Hz | 156 |
| Tabla III.1. | Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Supervisor del tablero de control” | 157 |
| Tabla III.2. | Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Mecánico” | 157 |
| Tabla III.3. | Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Electricista” | 157 |
| Tabla IV.1. | Resultados de las horas trabajadas por puesto de trabajo dentro del área del generador | 158 |
| Tabla V.1. | Audiometría de inicio del Trabajador 1 | 159 |
| Tabla V.2. | Audiometría de inicio del Trabajador 2 | 160 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Tabla V.3. | Audiometría de inicio del Trabajador 3 | 161 |
| Tabla V.4. | Audiometría de inicio del Trabajador 4 | 162 |
| Tabla V.5. | Audiometría de inicio del Trabajador 5 | 163 |
| Tabla V.6. | Audiometría de inicio del Trabajador 6 | 164 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | PÁGINA |
|--|---------------|
| Figura 1.1. Forma de onda del ruido | 3 |
| Figura 1.2. Oído humano | 8 |
| Figura 1.3. Órgano de Corti | 8 |
| Figura 1.4. Membrana Basilar | 10 |
| Figura 1.5. Curvas de sensibilidad del oído humano | 11 |
| Figura 1.6. Mapa corporal de los efectos del ruido en la salud | 12 |
| Figura 1.7. Daños al ser humano al relacionar la frecuencia (Hz) con la intensidad sonora (dB) | 15 |
| Figura 1.8. Esquema de funcionamiento de un sonómetro | 18 |
| Figura 1.9. Curvas de ponderación frecuencial | 19 |
| Figura 1.10. Formas de transmisión del ruido | 23 |
| Figura 1.11. Control del riesgo sobre el foco, medio o receptor | 24 |
| Figura 1.12. Diseño de barrera acústica | 25 |
| Figura 1.13. Diseño de cabina para generador con uso de celosías y silenciadores | 26 |
| Figura 1.14. Diseño de montaje de maquinaria sobre amortiguadores | 27 |
| Figura 1.15. Diseño de acondicionamiento acústico | 28 |
| Figura 1.16. Diseño de silenciadores resistivos | 29 |
| Figura 1.17. Equipos de protección personal para atenuar el nivel de ruido | 30 |
| Figura 1.18. Vías de escape en el protector auditivo tipo tapón moldeable | 32 |
| Figura 1.19. Vías de escape en el protector auditivo tipo auricular | 32 |
| Figura 2.1. Esquema conceptual sobre la identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo | 39 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 2.2. | Esquema conceptual sobre la medición de ruido | 42 |
| Figura 2.3. | Sonómetro utilizado en las mediciones de ruido | 43 |
| Figura 3.1. | Centro de Generación de Energía | 62 |
| Figura 3.2. | Medición del puesto de trabajo “Supervisor tablero de control” | 67 |
| Figura 3.3. | Medición de ruido del puesto de trabajo “Electricista” | 68 |
| Figura 3.4. | Medición de ruido del puesto de trabajo “Mecánico” | 70 |
| Figura 3.5. | Medición de ruido del área del Generador | 71 |
| Figura 3.6. | Mapa de ruido distributivo del Centro de Generación de Energía | 72 |
| Figura 3.7. | Alfombra de lana de 1,2 kg/m ² dispuesta para el piso | 74 |
| Figura 3.8. | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al 50% dispuesta para las ventanas | 74 |
| Figura 3.9. | Sonex de 0,035 m dispuesta como material absorbente entre el techo y el cielorraso | 75 |
| Figura 3.10. | Panel cielorraso de gypsum dispuesto para el techo | 75 |
| Figura 3.11. | Comparación de coeficientes de absorción de los materiales existentes y propuestos en el diseño acústico para el piso de la oficina | 77 |
| Figura 3.12. | Comparación de coeficientes de absorción de los materiales existentes y propuestos en el diseño acústico para el techo de la oficina | 77 |
| Figura 3.13. | Comparación de coeficientes de absorción de los materiales existentes y propuestos en el diseño acústico para las ventanas de la oficina | 78 |
| Figura 3.14. | Dimensiones y vista aérea del Centro de Generación de Energía | 79 |
| Figura 3.15. | Comparación del área total de absorción de la oficina sin y con acondicionamiento acústico | 81 |
| Figura 3.16. | Comparación del nivel de ruido con y sin acondicionamiento acústico para el puesto “Supervisor de tablero de control” | 83 |
| Figura 3.17. | Comparación del nivel de ruido con y sin acondicionamiento acústico para el puesto “Mecánico” | 84 |
| Figura 3.18. | Comparación del nivel de ruido con y sin acondicionamiento acústico para el puesto “Electricista” | 85 |
| Figura 3.19. | Mapa de ruido distributivo en los diferentes puestos de trabajo después del acondicionamiento acústico | 86 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 3.20. | Reducción de los niveles de ruido en los puestos de trabajo acondicionados acústicamente | 88 |
| Figura 3.21. | Personal en mantenimiento del generador | 89 |
| Figura 3.22. | Comparación de las horas trabajadas dentro del área del generador para cada uno de los empleados del Centro de Generación de Energía | 93 |
| Figura 3.23. | Porcentaje de asistencia a los cursos de seguridad y salud ocupacional | 95 |
| Figura 3.24. | Protector Auditivo Tipo Auricular Marca Bilsom, Modelo V3 | 98 |
| Figura 3.25. | Gráfico de atenuación del Protector Auditivo Tipo Auricular Marca Bilsom, Modelo V3 | 98 |
| Figura 3.26. | Imagen del personal utilizando el protector auditivo Bilsom V3 | 100 |
| Figura 3.27. | Pictograma de la señal de obligatoriedad utilizado | 102 |
| Figura 3.28. | Curva audiométrica del Trabajador 1 | 103 |
| Figura 3.29. | Curva audiométrica del Trabajador 2 | 104 |
| Figura 3.30. | Curva audiométrica del Trabajador 3 | 105 |
| Figura 3.31. | Curva audiométrica del Trabajador 4 | 106 |
| Figura 3.32. | Curva audiométrica del Trabajador 5 | 107 |
| Figura 3.33. | Curva audiométrica del Trabajador 6 | 108 |
| Figura 3.34. | Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento a los elementos sensibles de provocar ruido del generador antes y después de la implementación del plan | 110 |
| Figura 3.35. | Comparación de las horas trabajadas antes y después de la implementación del plan de rotación del personal | 111 |
| Figura 3.36. | Comparación del promedio de calificaciones de los cursos sobre ruido del personal del Centro de Generación de Energía con la nota mínima para aprobar los cursos | 112 |
| Figura 3.37. | Gráfico de atenuación de ruido del protector Bilsom V3 con respecto al nivel de ruido emitido por el generador | 114 |
| Figura 3.38. | Comparación del porcentaje de entendimiento del tipo de señal con el mínimo requerido para aceptar los resultados de la encuesta | 115 |
| Figura 3.39. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 1 oído derecho | 117 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Figura 3.40. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 1 oído izquierdo | 117 |
| Figura 3.41. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 2 oído derecho | 119 |
| Figura 3.42. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 2 oído izquierdo | 119 |
| Figura 3.43. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 3 oído derecho | 121 |
| Figura 3.44. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 3 oído izquierdo | 121 |
| Figura 3.45. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 4 oído derecho | 123 |
| Figura 3.46. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 4 oído izquierdo | 123 |
| Figura 3.47. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 5 oído derecho | 125 |
| Figura 3.48. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 5 oído izquierdo | 125 |
| Figura 3.49. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 6 oído derecho | 127 |
| Figura 3.50. | Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 6 oído izquierdo | 127 |
| Figura I.1. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas “Supervisor de tablero de control” | 137 |
| Figura I.2. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “Supervisor de tablero de control” | 138 |
| Figura I.3. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas “Mecánico” | 139 |
| Figura I.4. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “Mecánico” | 140 |
| Figura I.5. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas “Electricista” | 141 |
| Figura I.6. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “Electricista” | 142 |
| Figura I.7. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas “generador” | 143 |
| Figura I.8. | Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “generador” | 144 |
| Figura V.1. | Curva audiométrica del Trabajador 1 | 159 |
| Figura V.2. | Curva audiométrica del Trabajador 2 | 160 |
| Figura V.3. | Curva audiométrica del Trabajador 3 | 161 |

| | | |
|--------------------|-------------------------------------|-----|
| Figura V.4. | Curva audiométrica del Trabajador 4 | 162 |
| Figura V.5. | Curva audiométrica del Trabajador 5 | 163 |
| Figura V.6. | Curva audiométrica del Trabajador 6 | 164 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| ANEXO I Cálculos de la diferencia de las medias poblacionales de las mediciones de ruido efectuadas en el centro de generación de energía | 137 |
| ANEXO II Cálculos del diseño del acondicionamiento acústico para la oficina ubicada en el segundo piso | 145 |
| ANEXO III Cálculos de reducción del nivel sonoro para los diferentes puestos de trabajo evaluados | 157 |
| ANEXO IV Bitácora de horas trabajadas desde enero a abril de los empleados del centro de generación de energía | 158 |
| ANEXO V Audiometrías realizadas a los trabajadores del Centro de Generación de Energía | 159 |

GLOSARIO

Accidente: Es un suceso imprevisto que interfiere la continuidad del trabajo, capaz de ocasionar daño a los trabajadores o bienes materiales (Cortés, 2007, p. 81).

Acondicionamiento acústico: Es la aplicación de técnicas mediante la absorción, reflexión y difusión de los materiales para lograr que el sonido que llega de una fuente sea lo más uniforme posible (Miyara, 1999, p. 2-10).

Audiometría: Hace referencia a la medición de la respuesta del oído frente a estímulos en diferentes bandas de frecuencia (Miyara, 1999, p. 2-22).

Coefficiente de absorción: Indica la cantidad de energía acústica que absorbe un material en relación con la energía que incide sobre el mismo material (Harris, 1990, p. 2.1).

Eficacia: Es la capacidad de lograr el efecto deseado acorde a una actividad (Giraldo, 2008, p. 104).

Evaluación de riesgo: Es un proceso dirigido a determinar la magnitud del riesgo mediante una metodología para recabar la información necesaria para tomar acciones para su respectivo control (Giraldo, 2008, p. 26).

Tiempo de exposición: Es el lapso de tiempo a lo largo de la jornada laboral que el trabajador está expuesto a un factor de riesgo durante su actividad en el puesto de trabajo (Henao, 2007, p. 67).

Factor de riesgo: Es un “fenómeno físico, mecánico, psicológico, biológico o social que se relaciona con la aparición de accidentes o enfermedades profesionales” (Floría y González, 2006, p. 53).

Mantenimiento preventivo: Acciones que ayudan a la conservación de maquinarias mediante la revisión de sus componentes antes que lleguen a deteriorarse por completo (Deutz, 2002, p. 5.1).

Materiales absorbentes: Son materiales capaces de absorber parte de la energía acústica que incide y convertirla en energía calórica (Harris, 1990, p. 2.1).

Medidas preventivas: Forma sistémica de corregir eventos adversos antes que se conviertan en un problema (Giraldo, 2008, p. 104).

Medidas correctivas: Forma reactiva de solucionar eventos adversos que ya han sucedido (Giraldo, 2008, p. 103).

Normas de seguridad: Medidas destinadas a cuidar el bienestar y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de manuales y procedimientos destinados a prevenir accidentes y/o enfermedades profesionales (Giraldo, 2008, p. 117).

Peligro: Fuente o situación capaz de ocasionar daños a los trabajadores, ambiente o bienes en general (Giraldo, 2008, p. 19).

Prevención: Técnica de actuación sobre los peligros antes que se generen situaciones adversas y perjudiciales (Cortés, 2007, p. 32).

Protección: Técnica preventiva de actuación sobre los peligros y riesgos para evitar consecuencias perjudiciales sobre una persona, colectividad o su entorno (Cortés, 2007, p. 32).

Riesgo: Es la probabilidad de ocurrencia de daños a la salud de los trabajadores. (Cortés, 2007, p. 32).

Señalización de seguridad: Carteles que indican obligación, advertencia, peligro o información relacionadas a la seguridad ocupacional a través de imágenes o símbolos (Giraldo, 2008, p. 163).

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objeto la implementación de medidas de prevención y control de ruido para el Centro de Generación de Energía de la empresa Dipor S.A., con el fin de salvaguardar la salud auditiva de los trabajadores y mantener un ambiente de trabajo libre de contaminación acústica.

Se identificaron fuentes de ruido y actividades inherentes en los puestos de trabajo capaces de causar daño a la audición o causar molestias para la realización de actividades intelectuales y de supervisión. Con estos antecedentes se evaluaron los niveles de presión sonora en los lugares de trabajo idóneos para la medición mediante un sonómetro calibrado y bajo la norma UNE-EN ISO 9612:2009.

Los resultados obtenidos durante la medición demostraron que los niveles de ruido en el área del generador y en las oficinas ubicadas en el segundo piso, sobrepasan el límite máximo permisible de 85 dBA y 70 dBA respectivamente; límites establecidos por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de trabajo 2393.

Para garantizar que los trabajadores que ingresan al área del generador minimicen el riesgo de pérdida auditiva, se dictaminó el uso obligatorio de protectores auditivos; asimismo, se diseñó un plan de rotación del personal con el fin de disminuir el tiempo de exposición a ruido de cada uno de los trabajadores.

En las oficinas se diseñó y modeló un acondicionamiento acústico con el que se pretende bajar el nivel de ruido y evitar que las actividades de carácter intelectual se vean interferidas por el ruido excesivo en el ambiente. Cabe recalcar que esta medida se diseñó con el fin que se la implemente en un futuro.

Otra medida de control fue la ejecución de un plan de capacitación para los trabajadores, con el fin de dar a conocer los efectos del ruido en la salud y las medidas de control implementadas por la empresa.

Dentro del plan de vigilancia de la salud de la empresa, se realizaron audiometrías a los trabajadores antes y después de la implementación del proyecto; esto con el fin de verificar el estado de salud auditiva inicial y constatar si a lo largo del tiempo sufrieron alteraciones.

Como medidas complementarias, se implementaron señales de seguridad a lo largo del Centro de Generación de Energía y un plan de mantenimiento preventivo de los elementos mecánicos susceptibles de causar ruido dentro del generador.

Cada una de las medidas de prevención y control implementadas fueron verificadas con el fin de garantizar que surtan el efecto deseado y así cumplir con el objetivo propuesto dentro del presente estudio.

INTRODUCCIÓN

Entre los factores de riesgo a los que un trabajador está expuesto, en áreas industriales, el ruido es uno de los más comunes. Sus efectos en el trabajador van “desde un deterioro temporal de la audición con recuperación parcial o total al cesar la exposición, hasta la pérdida permanente e irreversible de la audición” (Henao, 2007, p. 24). Existen también otros efectos fisiológicos como afectaciones en los aparatos circulatorio, muscular, digestivo, respiratorio; y efectos a nivel psicológico, como disminución de la concentración, la efectividad, la productividad, interferencias en las conversaciones y aumento en la frecuencia de accidentes (Henao, 2007, p. 24).

En el Ecuador se han expedido normativas como el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393, que regula los límites máximos de exposición a los que un trabajador puede estar sometido durante su jornada laboral. En este contexto legal, es obligación de las empresas, controlar regularmente los niveles de ruido a los que están expuestos los trabajadores e implementar medidas de prevención.

DIPOR S.A. preocupada por la salud y seguridad de sus trabajadores busca, preservar la salud auditiva y capacidad de concentración de quienes laboran en el Centro de Generación de Energía, a través de la implementación de medidas de prevención y control de ruido en sus puestos de trabajo, que cumplan con esta normativa legal de salud y seguridad.

Para una selección adecuada de estas medidas, fue necesario identificar las fuentes y el tipo de ruido, proponer estrategias de control en la fuente, en el medio o en el receptor y establecer una verificación de las medidas implementadas de prevención y control de ruido.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Toda actividad humana conlleva riesgos. Este es el principio para entender que su gestión inmiscuye a personas y empresas por igual. En la industria, todo trabajador está expuesto a riesgos relacionados a su actividad y puesto de trabajo; si estos riesgos no se gestionan adecuadamente pueden devenir en incidentes o accidentes de seguridad así como en enfermedades profesionales. (Siles, 2005, p. 31).

La exposición o no a un riesgo difiere según la actividad y puesto de trabajo de un trabajador; no todos los trabajadores de una empresa estarán expuestos al mismo riesgo y si así fuere, el nivel de exposición puede variar de acuerdo a cada caso. Aun así, aplicando las medidas preventivas correctivas necesarias, estos riesgos pueden controlarse, incluso eliminarse, salvaguardando por ende la integridad del personal y las instalaciones de la empresa; de ahí que la identificación oportuna de riesgos en cada puesto de trabajo es clave (Siles, 2005, p. 33).

En Ecuador, desde 1986, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo dispone, entre otras cosas, la prevención de riesgos físicos asociados al ruido y las vibraciones, factores que afectan el normal desarrollo de los trabajadores.

1.1 RUIDO

Los riesgos físicos son producto de los diferentes elementos en el entorno o medio ambiente de trabajo; por ejemplo, el ruido, el calor o frío, entre otros que puedan provocar un deterioro en la salud de un trabajador.

Los riesgos físicos, pueden causar daño en la salud de los trabajadores dadas las características ambientales de los objetos y/o sus propiedades físicas, los mismos que dan como resultado de su actividad laboral y de las condiciones del medio ambiente en que ésta se realiza (Carvajal, 2005, p. 144).

Dependiendo de su intensidad y del grado de exposición del trabajador, los efectos de este tipo de riesgos pueden ser psicológicos, biológicos o fisiológicos y desencadenar enfermedades profesionales; de ahí la importancia de una continua medición para constatar que estos no superen los niveles permitidos o valores umbral límites establecidos en la legislación referente a seguridad y salud ocupacional (Cortés, 2007, p. 32).

Se menciona a la intensidad o concentración de un riesgo y al grado de exposición de un trabajador como los factores determinantes para que los riesgos físicos puedan desencadenar afecciones en la salud del personal.

El trabajar sobre una o sobre estas dos variables para su reducción, a través de medidas de control o prevención, dependerá de la naturaleza del agente contaminante y de su forma de contacto con el trabajador.

Este trabajo puede darse sobre el receptor, sobre el medio o sobre el foco a fin de lograr la reducción o eliminación del riesgo y el consecuente cumplimiento con la normativa local sobre estos (Rubio, 2006, p. 207).

El ruido es un sonido desagradable que puede causar trastornos físicos y psicológicos en los trabajadores.

Se define como una mezcla compleja y aleatoria de ondas sonoras en el rango de frecuencias audibles (Henao, 2007, p. 5).

La exposición continua o prolongada a niveles perjudiciales de ruido en el lugar de trabajo puede afectar a la salud auditiva de los trabajadores, disminuir la concentración y ocasionar accidentes ya que se torna difícil la normal comunicación (Sota y López, 2003, p. 33).

En la Figura 1.1 se muestra gráficamente la forma de onda del ruido.

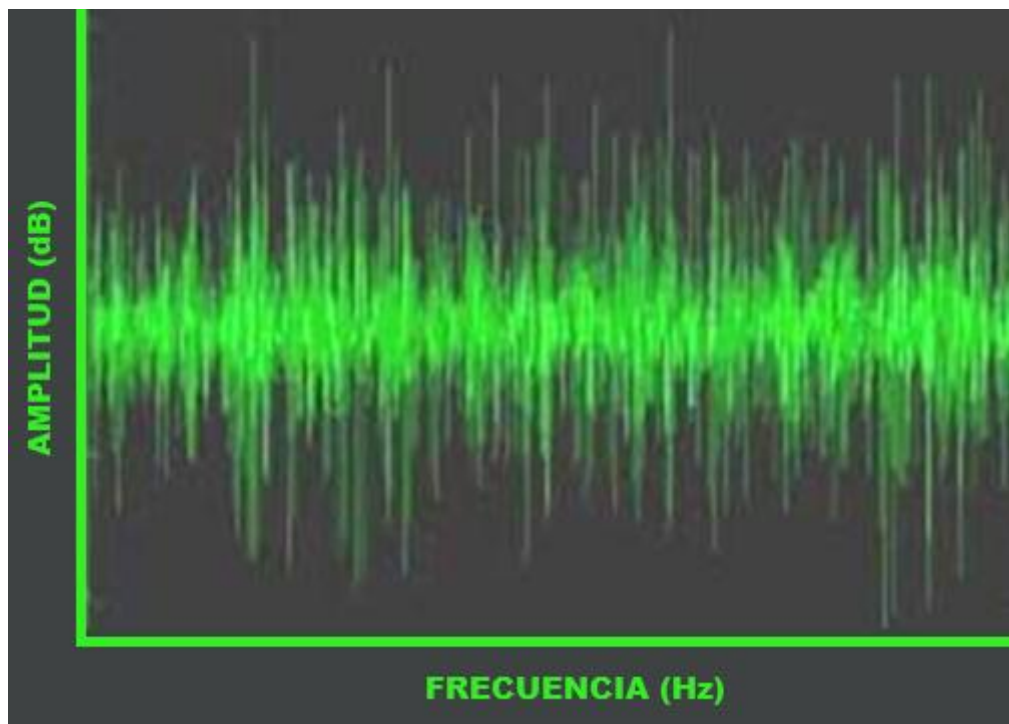


Figura 1.1. Forma de onda del ruido
(Hena, 2007, p. 6)

1.1.1 TIPOS DE RUIDO

1.1.1.1 Ruido continuo estable

Es un ruido con fluctuaciones menores a 5 dBA, es un ruido con nivel de presión sonora constante (Cortés, 2007, p. 438).

1.1.1.2 Ruido continuo fluctuante

Es un ruido con fluctuaciones iguales o sobre los 5 dBA, es un ruido variable que puede formarse por varios ruidos estables (Cortés, 2007, p. 438).

1.1.1.3 Ruido de impulso o de impacto

Es un tipo de ruido que eleva su nivel de presión sonora por periodos cortos de tiempo y de manera brusca (Hena, 2007, p. 21).

1.1.2 COMPONENTES DE LAS ONDAS DE RUIDO

Las ondas de ruido son ondas longitudinales que están caracterizadas por diferentes componentes dentro de los cuales se describen los siguientes:

1. La amplitud de las ondas es el valor máximo de una cantidad sinusoidal (Everest, 1997, p. 273).
2. La frecuencia es la cantidad de oscilaciones de la onda que ocurren en un segundo (Henao, 2007, p. 12).
3. El periodo es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la oscilación (Cortés, 2007, p. 430).
4. La fase es la relación en grados entre un punto de referencia fijo y la perturbación causada por una onda (Cortés, 2007, p. 430).

1.1.3 UNIDAD DE MEDIDA

La unidad de medida del ruido es el decibel (dB), el mismo que se define como una relación logarítmica entre una presión medida y una presión de referencia que equivale a la presión mínima que necesita el oído para percibir el sonido (Sota y López, 2003, p. 34).

Se define según la siguiente ecuación 1.1:

$$\text{Log } R = \frac{1}{10} [dB] \quad [1.1]$$

Donde:

R : razón de energía, potencia o intensidad

1.1.4 NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Es la variación de presión detectable por el oído humano. La presión sonora mínima para percibir el las ondas de sonido incidentes es de 2×10^{-5} [Nw/m²] (Gerges y Arenas, 2004, p. 6).

Se define según la siguiente ecuación 1.2:

$$Lp = 10 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right) [dB] \quad [1.2]$$

Donde:

p_0 : presión sonora de referencia 2×10^{-5} [Pa]

1.1.5 NIVEL DE PRESIÓN SONORA CONTINUO EQUIVALENTE

Es el nivel de presión que contiene la misma cantidad de energía que el nivel de ruido medido en un lapso de tiempo. Se define según la ecuación 1.3 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2005).

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \quad [1.3]$$

Donde:

T : tiempo de integración

P_0 : presión sonora de referencia 2×10^{-5} [Pa]

$P(t)$: presión sonora instantánea

1.1.6 NIVEL DE BANDA DE OCTAVA

Se divide el rango de frecuencias audibles (20 – 20 000 Hz) en bandas cuyo ancho es una octava (Harris, 1991, p. 2.1).

El espectro audible se lo divide en 10 bandas u octavas (16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 y 16 000 Hz) e, incluso, si el estudio lo amerita, se pueden establecer bandas menores o tercio de octava (Carrión, 1998, p. 42).

1.1.7 NIVEL SONORO CRITERIO (NSC)

Es un nivel sonoro con ponderación A que corresponde a la máxima exposición diaria al ruido permitida en una jornada de 8 horas especificada en una norma o regla medida. Se utilizan niveles sonoros criterios de 85 dBA, según la EPA (Environment Protection Agency); y 90 dBA, según la OSHA (Occupational Safety & Health Administration). En el Ecuador se utiliza un NSC de 85 dBA para 8 horas (Gerges y Arenas, 2004, p. 61; EPA, 1999).

1.1.8 TASAS DE INTERCAMBIO

Una tasa de intercambio expresa la variación del nivel sonoro para determinar el riesgo de pérdida auditiva cuando se duplica la duración de la exposición.

Las más utilizadas son las de 3, 4 y 5 dB; la que se utiliza en el Ecuador es la de 5 dB (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34):

85 dBA en 8 h

90 dBA en 4 h

95 dBA en 2 h

100 dBA en 1 h

105 dBA en 0.5 h

110 dBA en 0.25 h

1.2 EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD

1.2.1 AUDICIÓN HUMANA

En el ser humano, la audición es un proceso extremadamente complejo. Las ondas sonoras son captadas y procesadas por el oído y estas señales acústicas tienen luego que convertirse en impulsos nerviosos para ser transmitidos al cerebro y luego este último procesará la información a nivel neural para decodificarlas (Álvarez, 2009, p. 106).

La captación de los estímulos sonoros, su procesamiento y transducción se da al interior del oído. A esta sección se la conoce como periférica; es aquí donde el sonido aún es una onda mecánica.

Luego, las sensaciones auditivas son decodificadas a través de un proceso neural en el cerebro.

Durante este proceso las señales mecánicas se convierten en electroquímicas lo que nos permite percibir a los sonidos como sensaciones. Esta segunda sección es conocida como central (Gómez, 2006, p. 31).

La región periférica, comúnmente conocida como oído está dividida en tres zonas de acuerdo a su proximidad al cerebro: oído externo, oído medio y oído interno.

Es difícil detallar a este nivel cómo los estímulos sonoros pasan de ser señales mecánicas a señales electroquímicas (esta conversión se conoce como transducción), pues este proceso no es lineal y las transformaciones se van sucediendo indistintamente en las tres zonas del oído, lo que permite percibir las ondas mecánicas incidentes y procesarlas hasta convertirlas en sensaciones auditivas. La Figura 1.2 muestra como se encuentra conformado el oído humano y las distintas secciones por donde pasa la onda mecánica hasta convertirse en estímulo nervioso (Gómez, 2006, p. 38).

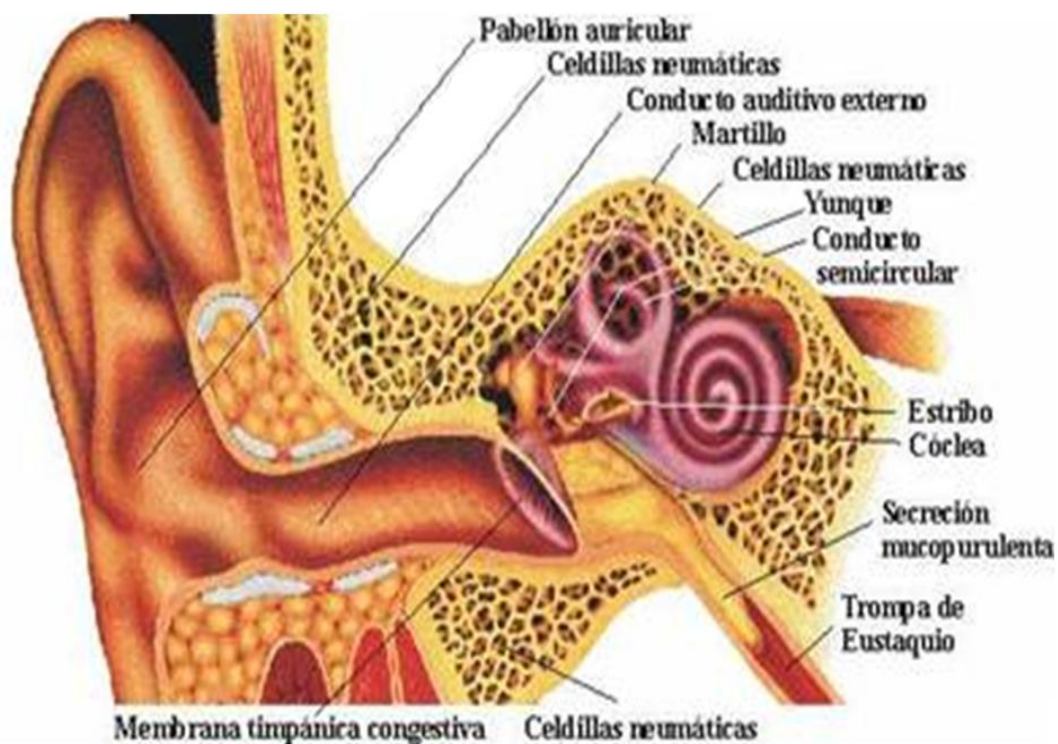


Figura 1.2. Oído humano
(Gómez, 2006, p. 32)

Lo cierto es que el órgano de Corti es fundamental en el proceso de transducción. El órgano de Corti está ubicado sobre la membrana basilar, tal y como se muestra en la Figura 1.3 (Gómez, 2006, p. 41).

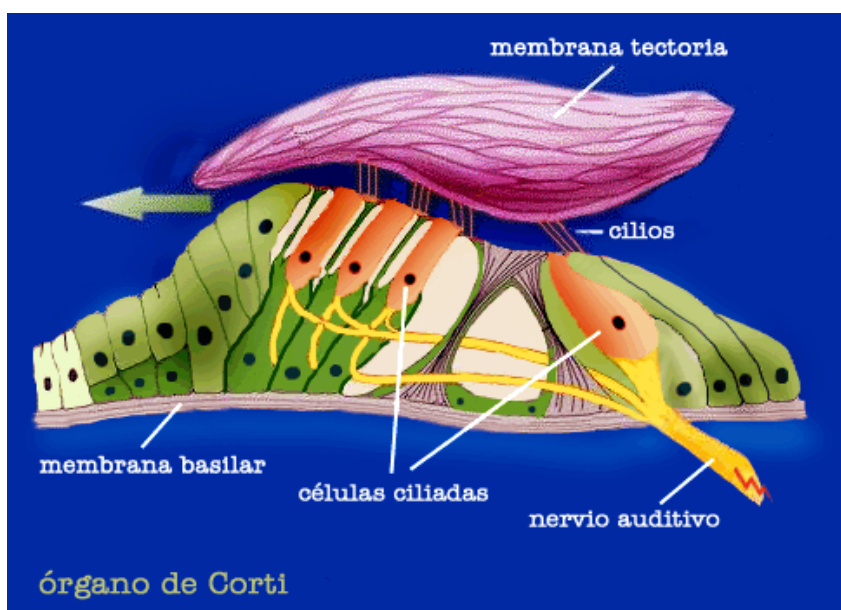


Figura 1.3. Órgano de Corti
(Gómez, 2006, p. 41)

La membrana basilar, al ser estimulada por las vibraciones, vibra verticalmente; lo mismo sucede con la membrana tectorial, que está sobre los transductores o células ciliares.

El resultado de estos movimientos es un desplazamiento de la membrana tectorial de un lado hacia otro de la membrana basilar, lo que provoca que los cilios de las células ciliares externas se muevan de un lado u otro (Gómez, 2006, p. 40).

Las células ciliares internas, pese a no colindar con la membrana tectorial, sufren un efecto similar a los externos debido a los desplazamientos del líquido y su alta viscosidad (Gómez, 2006, p. 41).

En las células internas los desplazamientos del líquido y la viscosidad presente hace que los cilios se tuerzan en una misma dirección aun cuando no se encuentran en contacto con la membrana tectorial (Gómez, 2006, p. 43).

La cóclea presenta dos fluidos: la perilinfa y la endolinfa, cada uno con concentraciones de iones distintas. La perilinfa posee una energía positiva que difiere de la energía producida por los movimientos de los cilios.

Esta diferencia de potenciales hace que las alteraciones en la membrana terminen produciendo una corriente eléctrica que corre a través de las células ciliares. Si los cilios se doblan en dirección opuesta, la capacidad de conducción de la membrana es menor, por lo que los impulsos eléctricos se inhiben y la onda no es transmitida correctamente (Gómez, 2006, p. 43).

Una disminución en el potencial de las células internas activa los terminales nerviosos aferentes y envía impulsos nerviosos hacia el cerebro. Son precisamente las fibras aferentes los sensores del oído al tener la conexión que tienen con las células ciliares internas.

Estas últimas actúan como la musculatura del sistema más que como receptores al ser capaces de variar las oscilaciones en la membrana basilar como se observa en la Figura 1.4 (Gómez, 2006, p. 44).

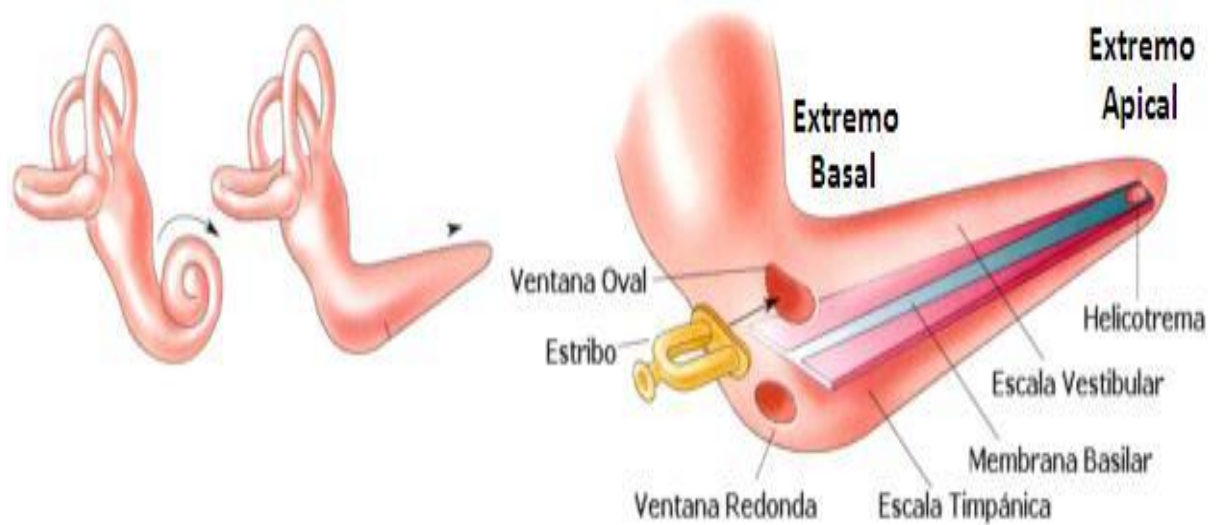


Figura. 1.4. Membrana Basilar
(Corzo, 2004, p. 10)

En la parte externa, las células ciliares actúan dependiendo de la intensidad de las señales; sin estas son elevadas, el fluido que rodea las células internas es capaz de doblarlas y terminan saturándolas.

Si las señales son bajas, los desplazamientos internos son insuficientes para activar el mecanismo; entonces las células externas se alargan para aumentar la magnitud de las oscilación y lograr su saturación (Gómez, 2006, p. 44).

En este proceso, las células ciliadas externas se constituyen en un modo automático para el control con el fin de aumentar la sensibilidad del oído (Gómez, 2006, p. 44).

En la industria, un trabajador está expuesto a un sinnúmero de riesgos; uno de los más comunes y “engañosos” es el ruido, debido a que los trabajadores no suelen percibir sus efectos inmediatamente y pueden llegar a acostumbrarse a trabajar en entornos con niveles de ruido nocivos.

Los daños a los que un trabajador se expone van desde daños temporales en la audición, con una recuperación total o parcial tras suspenderse la exposición, o daños irreversibles que lleven a la pérdida permanente de la audición hasta problemas físicos que atacan en especial al sistema nervioso central (Henao, 2007, p. 24).

El sonido está siempre presente en el entorno y es parte de la cotidianidad, pero puede convertirse en algo agresivo, contaminante y producir ciertas patologías si se transforma en ruido; la Figura 1.5 muestra la sensibilidad del oído en relación del nivel de presión sonora con la frecuencia (Ramírez, 1992, p.161).



Figura 1.5. Curvas de sensibilidad del oído humano
(Cortés, 2007, p. 432)

A continuación en la Figura 1.6 se puede ver la descripción gráfica de los efectos del ruido en la salud.

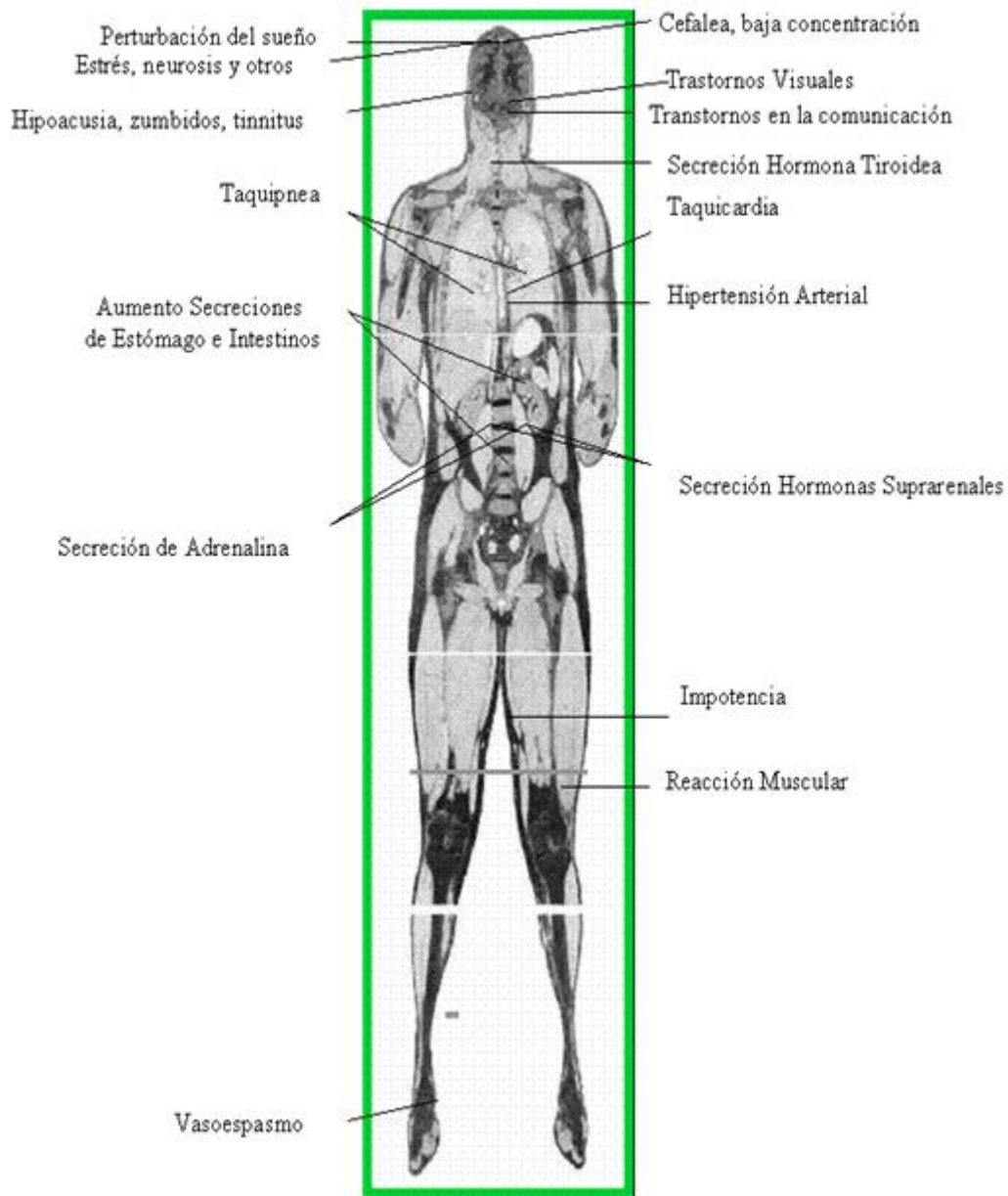


Figura 1.6. Mapa corporal de los efectos del ruido en la salud
(Corzo, 2004, p. 12)

1.2.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS

El ruido puede provocar varios trastornos a nivel fisiológico, como incremento de la presión sanguínea o la actividad cardíaca, cambios en el metabolismo, en algunas secreciones hormonales o en las funciones digestivas, reproductivas, producir cefalea, mal humor, cansancio, entre otros (Miyara, 1999, p. 2-32).

El efecto más común puede ser la pérdida de la capacidad auditiva de la persona. Existen dos tipos de lesiones:

1. El trauma acústico que es provocado por un ruido intenso de corta duración que deviene en una pérdida auditiva repentina y por lo general dolorosa. (Miyara, 1999, p. 2-22).
2. La hipoacusia neurosensorial es dada por exposición a ruidos no tan intensos, que destruyen las estructuras del oído medio. Puede incluir disminución de la capacidad de discriminación y distorsión de los sonidos.

Las lesiones en el oído interno se dan a nivel de los receptores sensoriales en la cóclea e incluso en las células de sostén. Mientras que las células ciliadas pueden destruirse o lesionarse y causar alteraciones en la función auditiva en su mayoría irreversibles (Miyara, 1999, p. 2-19).

1.2.3 EFECTOS PSICOLÓGICOS

Se atribuyen al ruido algunos efectos psicológicos como distracciones que disminuyen la capacidad de concentración e incrementan la tasa de errores en el trabajo, estrés, irritabilidad, perturbación del sueño y descanso, síntomas depresivos y un aturdimiento de muchas funciones psíquicas y motrices (Henao, 2007, p.30).

En el puesto de trabajo, el ruido puede tener los siguientes efectos:

1. Efectos sobre el nivel de alerta del trabajador, quien acostumbrado a ruidos fuertes ocasionales, disminuirá su capacidad de reacción frente a otros riesgos. Lo mismo ocurre cuando existe un fondo acústico continuo, el trabajador se acostumbra a este y puede no notar afectaciones; un cambio en este ambiente puede mejorar el nivel de vigilancia del trabajador (Cortés, 2007, p. 431).
2. Efectos sobre su auto control, dado a una exposición a ruido que perturbe su ánimo (Gómez, 2006, p. 269).
3. Efectos sobre la atención y manera de realizar la tarea.

El ruido suele asociarse con un incremento en los índices de accidentalidad, aunque existen variables como los años y la experiencia de los trabajadores o la propia intensidad del ruido. La productividad y concentración puede afectarse, ya que el tener empleados expuestos a niveles de ruido, desconcentrados o con afecciones auditivas, resulta en falencias en el normal desenvolvimiento de las labores diarias (Gómez, 2006, p. 269).

1.2.4 PÉRDIDA DE LA AUDICIÓN

Cuando existe una interrupción de la transmisión del sonido entre el oído externo y el interno, se habla de una pérdida conductiva de la audición; si la lesión es en el oído interno o en el nervio auditivo, se habla de una pérdida neurosensorial (Miyara, 1997, p. 2-22).

Además de la exposición a ruido industrial, pueden existir otros factores asociados a la pérdida de la audición, de ahí la importancia de una evaluación de la salud de los trabajadores antes de desempeñar sus funciones. Aún a pesar de esto, exponer al trabajador a ruidos intensos, durante un tiempo prolongado, puede provocar deterioro en su capacidad auditiva (Heno, 2007, p. 27).

El ruido afecta especialmente en la frecuencia 1 500 Hz a 6 000 Hz, frecuencia en la que el oído es más sensible. En el trabajo, la pérdida de audición se caracteriza por (Miyara, 1999, p. 2-11):

1. Lesión en las células cocleares lo que provoca una pérdida auditiva.
2. Exposición por largos periodos de tiempo a ruidos nocivos que paulatinamente terminan provocando pérdidas en su capacidad auditiva.
3. La pérdida de la audición no presenta síntomas en un inicio, se agrava con el paso de los años y se percibe solo cuando empieza a afectar la comunicación.
4. La pérdida de la audición no es igual para ambos oídos.
5. Los trabajadores que han perdido su capacidad auditiva por exposición a ruido en el trabajo, mantienen una buena discriminación del habla en ambientes tranquilos.

6. Si el trabajador deja de exponerse a un ruido o se expone durante periodos de tiempo cortos, sus lesiones auditivas se estabilizan. Esto también puede darse con la provisión de equipo de protección personal o si su ambiente de trabajo se adecua para controlar el ruido en la fuente, en el medio o en el receptor.
7. La pérdida auditiva asociada al ruido depende mucho de la nocividad del ruido al que los trabajadores se exponen y se toman en cuenta 4 factores fundamentales (Henao, 2007, p. 24):

- **Nivel de presión sonora:** No se debe exponer a niveles de ruido sobre los 85 dBA sin protección ya que pueden presentarse daños a la salud.
- **Tiempo de exposición:** El tiempo de exposición es un factor desencadenante de lesiones auditivas.
- **Frecuencia:** Los ruidos que contienen las frecuencias en las cuales el oído es más sensible, son los más nocivos y causantes de una pérdida auditiva.
- **Intervalos de descanso entre las exposiciones:** Los intervalos ayudan a minimizar el riesgo de pérdida auditiva.

Un gráfico acerca de las consecuencias que pueden provocar dichos factores se muestra en la Figura 1.7.

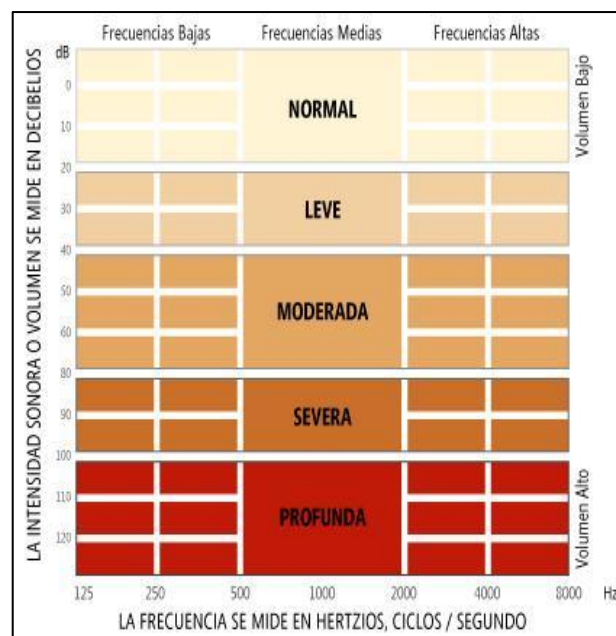


Figura 1.7. Daños al ser humano al relacionar la frecuencia (Hz) con la intensidad sonora (dB)
(Sota y López, 2003, p. 33)

De igual manera, la pérdida de la audición se la puede asociar a factores que no se encuentran relacionados directamente con el trabajo y se la puede clasificar de la siguiente manera:

1. Ingesta de medicamentos ototóxicos: Estos medicamentos son tóxicos para la salud auditiva debido al efecto nocivo que sus componentes ejercen al oído. Los daños que producen por lo general se manifiestan con síntomas cocleares como acúfenos e hipoacusia neurosensorial; así como síntomas vestibulares como mareo, vértigo e inestabilidad. En algunas ocasiones los síntomas antes mencionados pueden ser o no asociados al consumo de los medicamentos ototóxicos; sin embargo, pueden dar lugar a síndromes vestibulares, cocleares o cocleovestibulares (Gómez, 2006, p. 82).

2. Presbiacusia: Las personas al pasar los años van perdiendo la audición de manera paulatina, a esto se le conoce como presbiacusia. No está definido si una causa específica como el trauma acústico puede llevar a que se acentúe la presbiacusia; sin embargo, parece existir una predisposición genética.

La presbiacusia se presenta en un 25% en personas que han superado los 55 años; sin embargo, se presenta en un mayor porcentaje en las personas que tienen más de 65 años de edad (Gómez, 2006, p. 79).

3. Hipoacusia: Las vellosidades que se encuentran dentro del oído son los causantes que las personas escuchen ya que recogen las ondas provenientes de una fuente y las convierten en señales eléctricas nerviosas que el cerebro interpreta como sonido. Cuando dichas vellosidades sufren alteraciones o mueren se denomina hipoacusia. Las células pilosas no se regeneran ni vuelven a crecer lo que conlleva a que la pérdida de la capacidad auditiva sea permanente e irreversible (Gómez, 2006, p. 86).

El trastorno o pérdida de las vellosidades dentro del oído por lo general es causada por alteraciones en el oído interno que ocurren con el pasar de los años; sin embargo, la herencia genética y exposición a ruidos nocivos pueden agravar o acentuar la hipoacusia.

Existen algunos factores que contribuyen a la hipoacusia relacionada con la edad (Gómez, 2006, p. 87):

- Deformaciones congénitas.
- Herencia genética y antecedentes familiares.
- Exposición prolongada a niveles de ruido nocivos.
- Consumo de tabaco (Gómez, 2006, p. 82).

1.2.5 INTERFERENCIA CONVERSACIONAL

Un área de trabajo acústicamente mal diseñada puede inhibir la comunicación entre trabajadores y su concentración en las tareas que ejecutan, lo que redundaría en una disminución de la seguridad en el puesto de trabajo; es decir, en una mayor posibilidad de incidentes y accidentes que pueden implicar pérdidas económicas o hasta humanas (Miyara, 1999, p. 2-26).

1.3 EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DEL RUIDO

El nivel de presión acústica se lo puede medir mediante la utilización de un sonómetro (Burbano, 1997, p. 60).

1.3.1 SONÓMETRO

También conocido como decibelímetro, es un instrumento de medición acústica simple y diseñado para medir el nivel de presión sonora, percibe el sonido de forma similar al oído humano y arroja medidas de su nivel (Henao, 2007, p. 34).

El equipo está conformado por los siguientes elementos:

- 1. Integrador:** Los sonómetros cuentan con un componente que varía el tiempo de integración o constante de tiempo (*Slow, Fast, Impulse y Peak*) (Henao, 2007, p. 35).

2. **Filtros de ponderación (A, B, C y lineal):** Están conformados por componentes de atenuación diseñados para acercar el valor del nivel sonoro total a la respuesta humana al ruido (Henao, 2007, p. 35).
3. **Amplificador:** Componentes que aumentan la ganancia de la señal para que cubra el margen dinámico del micrófono (Henao, 2007, p. 35).
4. **Micrófono:** Transductor que capta la energía acústica y la transforma en tensión eléctrica (Henao, 2007, p. 34).
5. **Rectificador del valor eficaz (RMS):** componente que rectifica la señal

En la Figura 1.8 se muestran los distintos bloques que integran un sonómetro: (Cortés, 2007, p. 439).

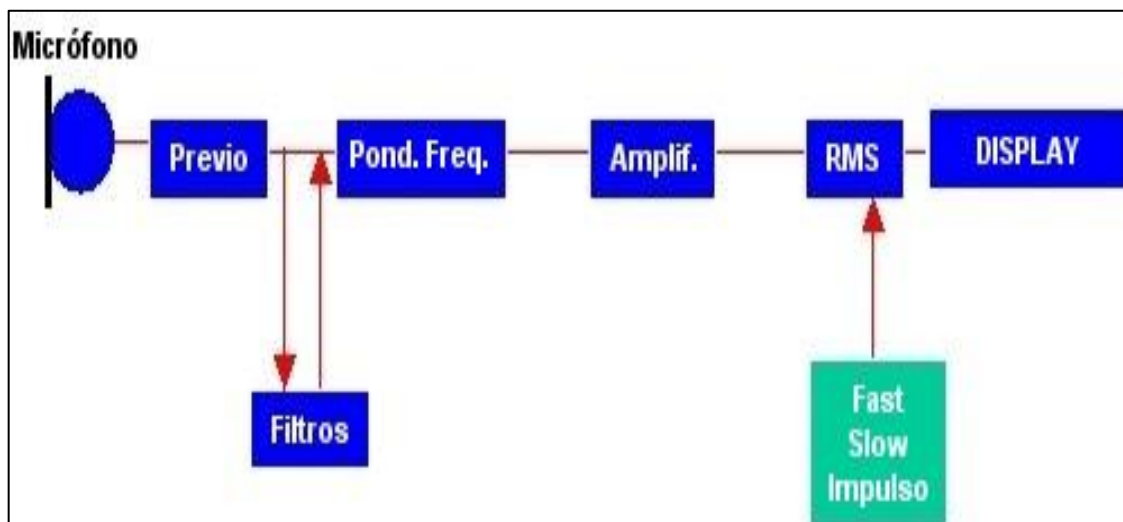


Figura 1.8. Esquema de funcionamiento de un sonómetro
(Cortés, 2007, p. 439)

Los sonómetros mantienen ponderaciones en frecuencias con el fin de cambiar la sensibilidad del equipo con respecto a la frecuencia, esta alteración sirve para que los resultados de la medición de niveles de presión sonora se asemejen a aquellas frecuencias a las que el oído humano es más o menos sensible (Harris, 1991, p. 2.2).

Las ponderaciones existentes en el sonómetro se las puede apreciar gráficamente en la Figura 1.9 y son las siguientes:

1. **Ponderación A (dBA):** Se asemeja al oído humano. Sirve para determinar el riesgo que sufre el trabajador al estar expuesto a niveles de ruido elevados. Es la más utilizada para diagnosticar el nivel de ruido en los puestos de trabajo (Gerges y Arenas, 2004, p. 51).
2. **Ponderación B (dBB):** Su función es medir la respuesta del oído ante intensidades medias (Gerges y Arenas, 2004, p. 51).
3. **Ponderación C (dBC):** Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad y bajas frecuencias (Gerges y Arenas, 2004, p. 51).

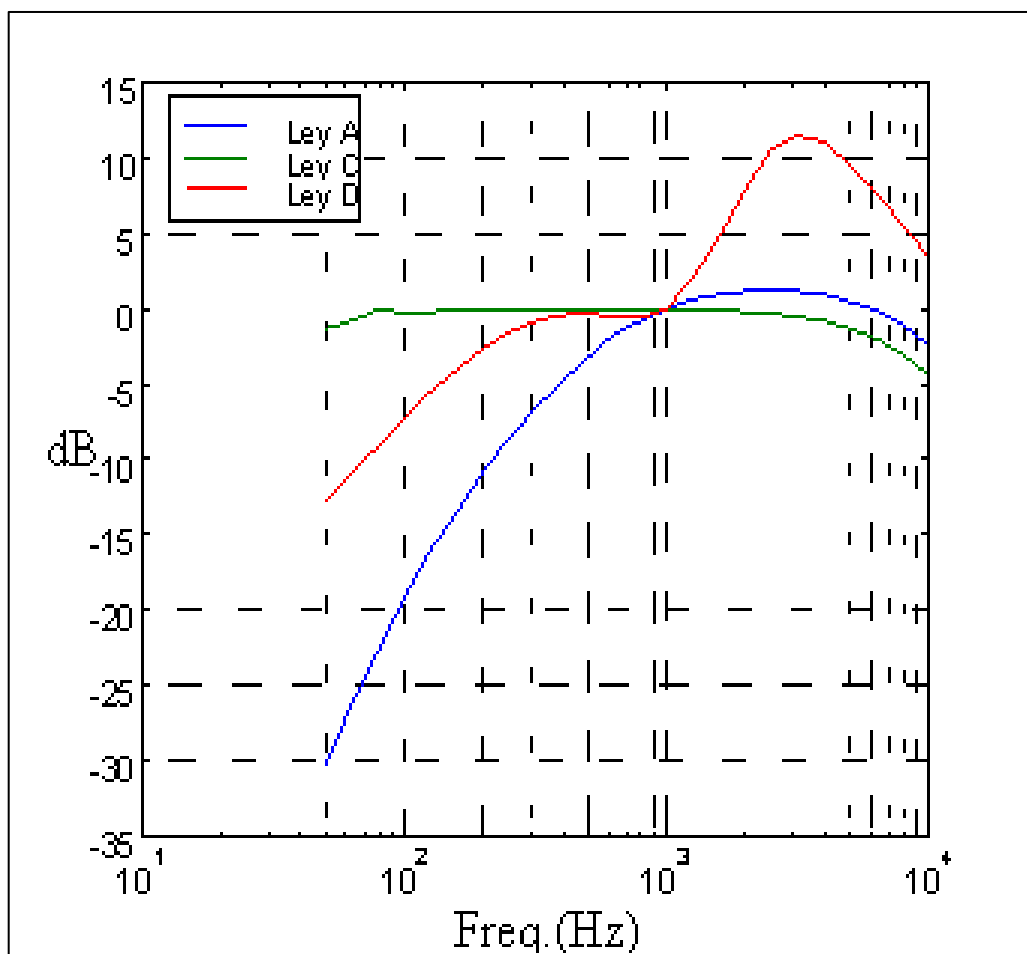


Figura 1.9. Curvas de ponderación frecuencial
(Cortés, 2007, p. 440)

De igual manera, el sonómetro muestrea el valor eficaz con ponderaciones en el tiempo, que no es más que la velocidad con que son tomadas las muestras.

Las ponderaciones en el tiempo con las que se pueden medir el nivel de ruido son las siguientes (Cortés, 2007, p. 440):

1. **Lento (Slow, S):** Valor eficaz de las tomas que dura aproximadamente un segundo.
2. **Rápido (Fast, F):** Valor eficaz de las tomas con una duración de 125 milisegundos. Son más efectivos ante ruido fluctuante.
3. **Por Impulso (Impulse, I):** Valor eficaz con una duración de 35 milisegundos. Mide la respuesta del oído ante sonidos de corta duración.

1.3.2 CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS ACÚSTICOS

Los equipos destinados a mediciones de ruido tienen que ser calibrados frecuentemente para ajustar y compensar la sensibilidad del micrófono y la ganancia del amplificador ya que varía a lo largo del tiempo (Henaó, 2007, p. 38).

La calibración se la ejecuta mediante un pistófono, el mismo que debe tener una exactitud de 0,5 dB. Adicional, el pistófono debe ser revisado y calibrado cada año (Fenner, 2006, p. 85).

1.3.3 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO

Los parámetros que se consideran para la medición y evaluación de ruido son los siguientes:

1. **Nivel sonoro continuo equivalente (Leq):** es el nivel de presión sonora, con ponderaciones A y Slow que tiene igual energía que el ruido medido (Niebel, 1990, p. 244).

Este se calcula con la ecuación 1.4 que se muestra a continuación:

$$L_{eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} z \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right]^2 \right] . dt \quad [1.4]$$

Donde:

- T : período de medición = $T_1 - T_2$
 $P_A(t)$: presión sonora en el tiempo requerido
 P_0 : presión de referencia 2×10^{-5} [Pa]

2. Nivel sonora máximo (LA_{max}): es el nivel de presión sonora con el máximo de energía encontrado en la toma, expresado en decibeles A (Niebel, 1990, p. 245).

3. Nivel sonoro mínimo (LA_{min}): es el nivel de presión sonora con el mínimo de energía encontrado en la toma, expresado en decibeles A (Niebel, 1990, p. 245).

4. Nivel sonoro criterio (NSC): es la medida normalizada de 8 h que corresponde a la máxima exposición diaria al ruido permitida y especificada en una norma o regla. En el Ecuador se utiliza un NSC de 85 dBA para 8 h (Gerges y Arenas, 2004, p. 61)

5. Bandas de frecuencias (Hz): es un indicador que permite conocer el espectro del ruido y el efecto sobre el oído en diferentes frecuencias y presión sonora (Henao, 2007, p. 19).

6. Tiempo de reverberación: es el tiempo necesario para que la energía disminuya a su millonésima parte, es decir, tiempo que decae 60 dB una vez que se ha apagado la fuente. Viene definida por la siguiente ecuación 1.5 (Everest, 1997, p. 8):

$$T_{60} = 0,16 \frac{V}{A} \quad [1.5]$$

Donde:

- V : volumen de la sala
 A : absorción de la sala

1.4 CONTROL DE RUIDO

El control de ruido es la aplicación de técnicas y medidas para obtener un nivel de ruido aceptable, de acuerdo con consideraciones económicas, operativas y legales. El ambiente aceptable puede ser preciso para una persona, un grupo o una sala de equipamiento, cuyo funcionamiento se ve afectado por el ruido (Ramírez, 1992, p. 163).

Para emprender acciones que ayuden a controlar el ruido, se debe analizar el problema sistemáticamente y en forma individual con el fin de detectar y establecer las condiciones necesarias para lograr el objetivo de la manera más económica y sin que se interfiera en las operaciones normales de los trabajadores (Harris, 1991, p. 2.21).

1.4.1 FORMAS DE TRANSMISIÓN DEL RUIDO

El ruido en las industrias puede llegar a los trabajadores a través de múltiples vías, ya sea por transmisiones áreas o estructurales tal como lo muestra la Figura 1.10.

Es así que al momento de presentarse una actividad que genere algún tipo de ruido, ya sea ocasionada por las máquinas o herramientas de trabajo, parte de éste va a ser transmitido a través de una vía área directa hacia los trabajadores.

Otra parte del ruido va a golpear las paredes, forzándolas a una pequeña vibración.

De igual manera otra parte de la energía vibratoria se puede comunicar a través de la máquina generadora de ruido hacia el piso, lo que ocasiona que el suelo vibre y que irradie sonido a través del piso y a la vez por la estructura (Henao, 2007, p. 5; Gerges y Arenas, 2004, p. 194).

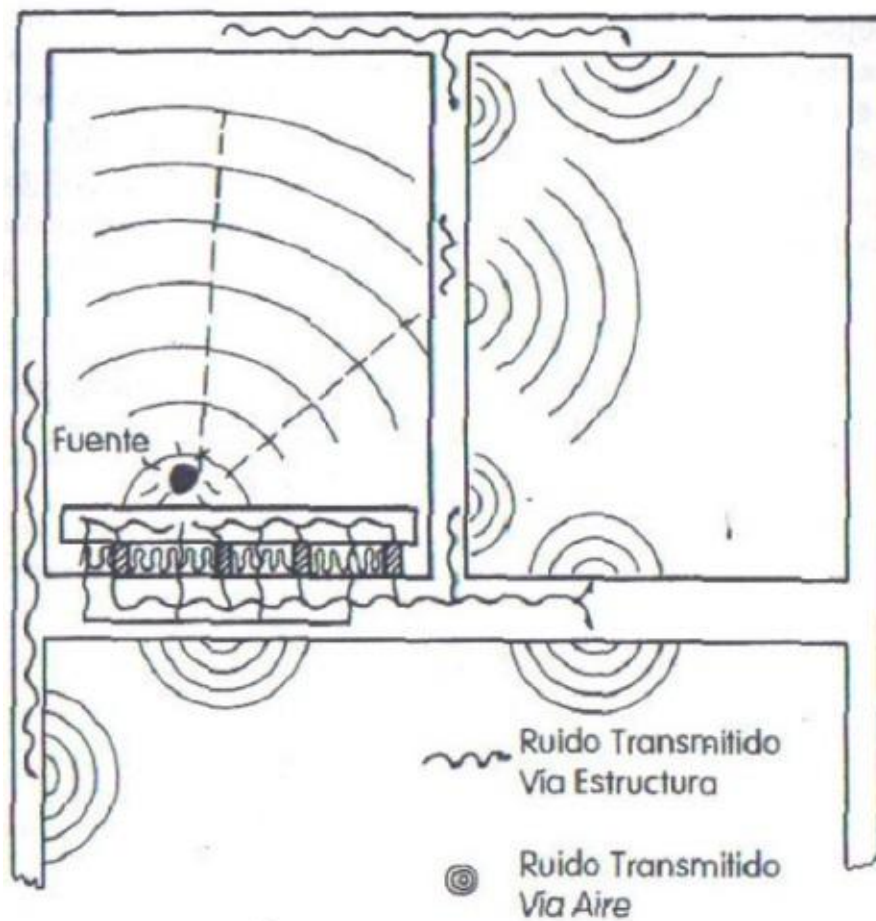


Figura 1.10. Formas de transmisión del ruido
(Miyara, 1999, p. 2-10)

1.4.2 TÉCNICAS DE CONTROL DE RUIDO

El control de ruido se vuelve imprescindible cuando llega a niveles capaces de causar daños a la salud auditiva, alteración del sistema nervioso o causar molestias para la comunicación y correcto desarrollo de actividades de carácter intelectual. Para controlar el ruido técnicamente de un establecimiento, se consideran 3 métodos tal como lo muestra la Figura 1.11 (Rubio, 2006, p. 207):

1. Control de ruido en la fuente
2. Control de ruido en el medio de transmisión.
3. Uso de medidas protectoras contra el ruido en el receptor.

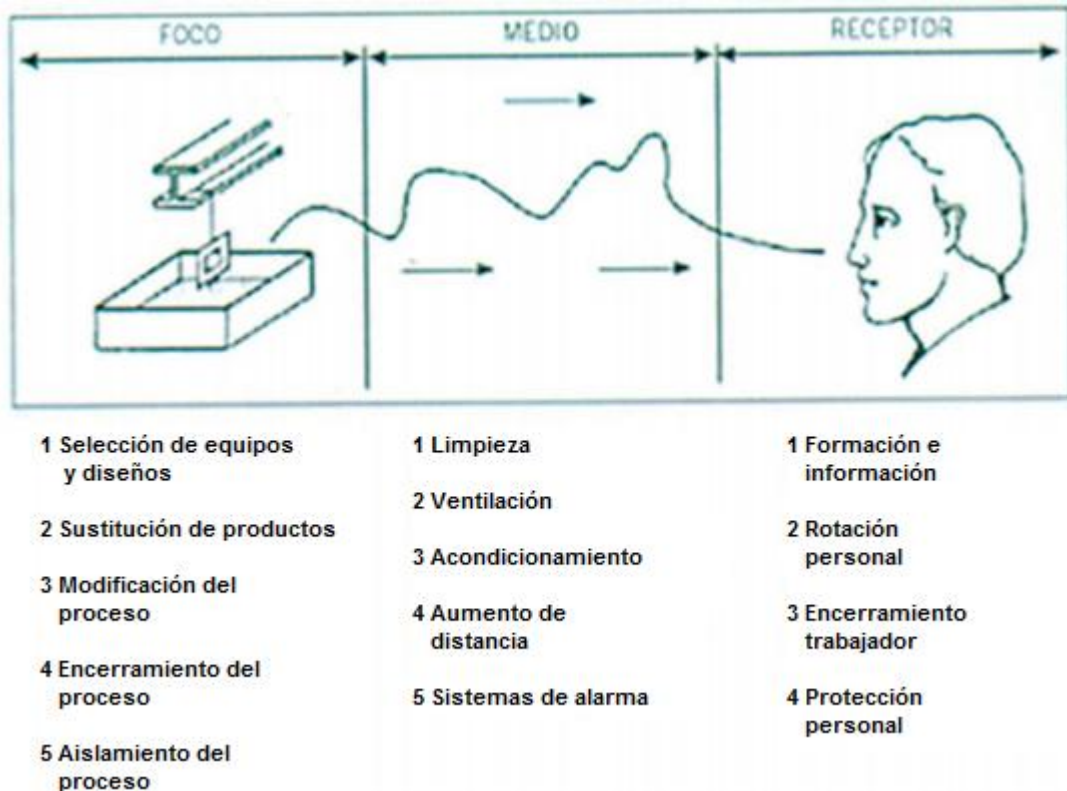


Figura 1.11. Control del riesgo sobre el foco, medio o receptor
(Miyara, 1999, p. 2-10)

El método o combinación de ellos que se emplee, depende de la cantidad de atenuación de ruido que se pretenda obtener y de las consideraciones económicas y operativas.

Al momento de resolver un problema de control de ruido, hay que evaluar el beneficio específico que se obtiene con la aplicación de cada técnica y compararlo con sus costos.

Para determinar los métodos de control y adoptar medidas preventivas, se debe considerar la siguiente jerarquía (Trujillo, 2012, p. 77):

1. Eliminación
2. Sustitución
3. Controles de ingeniería
4. Controles administrativos
5. Equipo de protección personal

Existen algunos tipos de soluciones y medidas de control que podrían ser aplicadas en el sector afectado por el ruido, ya sean de tipo administrativo, ingeniería y/o directamente sobre el receptor. A continuación se enumeran algunas medidas de control:

- 1. Barrera Acústica:** Sistema de control de ruido ideal para maquinaria y equipos que se encuentran en ambientes externos excesivamente ruidosos. Además, pueden ser utilizados como sistemas para el control de ruido de tráfico y de impacto medio ambiental. Generalmente sus configuraciones presentan bajos costos y una gran eficiencia en el espectro de frecuencias ya que poseen un índice de reducción homogéneo $R_w = 25$ dB o superior (Gerges y Arenas, 2004, p. 622). La Figura 1.12 muestra un diseño de barrera acústica.

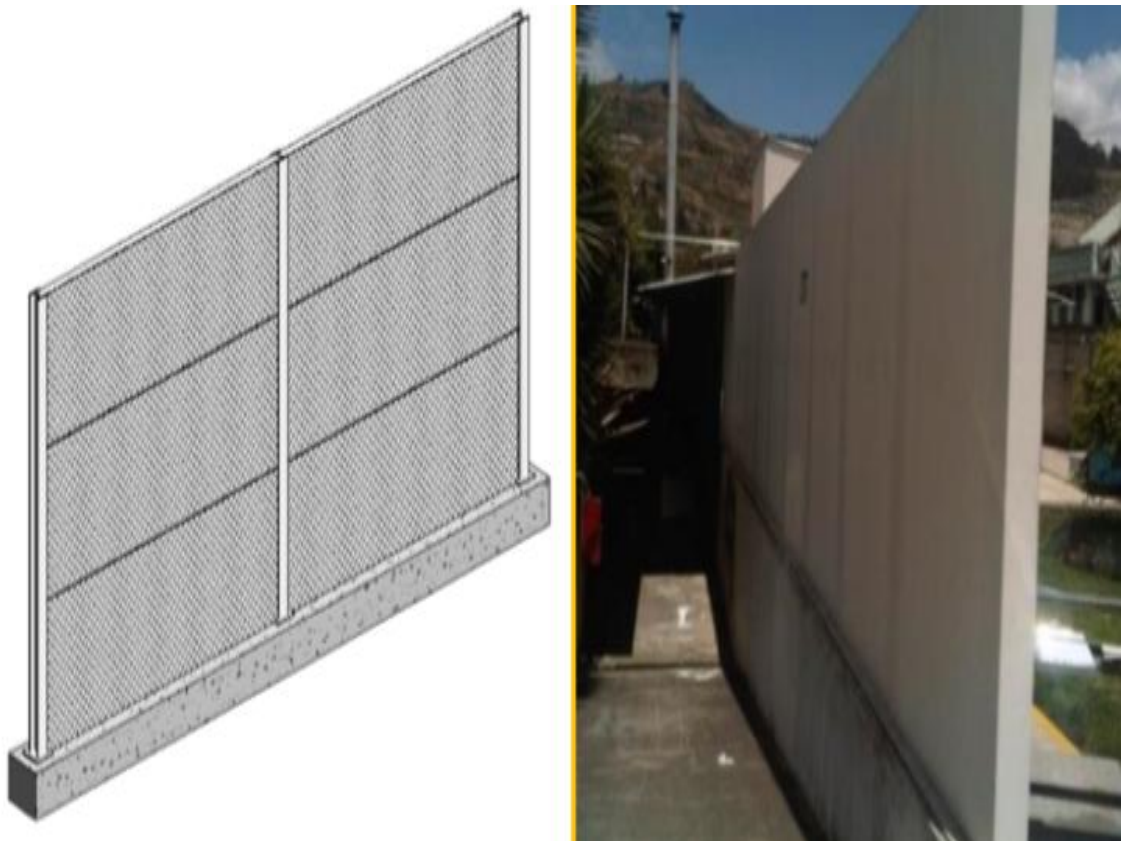


Figura 1.12. Diseño de barrera acústica
(Everest, 1997, p. 198)

2. **Encierro Acústico:** Son cabinas diseñadas para reducir los niveles de ruido de forma eficiente en maquinaria muy ruidosa. Cabe señalar que estos dispositivos pueden contar con puertas acústicas, iluminación y sistemas de ingreso y salida de aire calculados para mantener la temperatura y el flujo constante de aire al interior de la cabina (Gerges y Arenas, 2004, p. 623). La Figura 1.13 muestra un diseño de encierro acústico.



Figura 1.13. Diseño de cabina para generador con uso de celosías y silenciadores (Everest, 1997, p. 200)

- 3. Aislamiento de Vibraciones:** Este tipo de tratamiento puede ser realizado en la cimentación que soporta cualquier máquina, especialmente en aquellas que generan elevados niveles de ruido y vibración debido a la operatividad de las mismas. El aislamiento se basa en la implementación de sistemas reductores de vibración como juntas flexibles para tubería y evitar fracturas estructurales en losas y elementos rígidos conectados (Gerges y Arenas, 2004, p. 493). La Figura 1.14 muestra un sistema de amortiguación de vibraciones.



Figura 1.14. Diseño de montaje de maquinaria sobre amortiguadores
(Everest, 1997, p. 206)

4. **Acondicionamiento Acústico:** Esta técnica de control de ruido incide directamente en los elementos de la construcción del recinto; lo que hace es aumentar el coeficiente de absorción para disminuir el tiempo de reverberación (T_{60}). Por lo general, se colocan materiales con coeficientes de absorción altos en el piso, techos y/o paredes (Everest, 1997, p. 8). La Figura 1.15 muestra un diseño de acondicionamiento acústico.



Figura 1.15. Diseño de acondicionamiento acústico
(Everest, 1997, p. 9)

5. **Silenciadores Resistivos:** La implementación de sistemas de absorción resistivos tipo silenciador se utilizan en lugares donde se requiera un flujo de aire constante. Estos diseños presentan una pérdida de carga baja y mínima regeneración del ruido, además toman en cuenta los valores de caudal de ventilación y la pérdida de carga (Gerges y Arenas, 2004, p. 371). La Figura 1.16 muestra un diseño de silenciadores resistivos.



Figura 1.16. Diseño de silenciadores resistivos
(Gerges y Arenas, 2004, p. 372)

- 6. Turnos rotativos:** La pérdida de la audición está relacionada directamente al tiempo de exposición del individuo al nivel de ruido nocivo, por lo que es indispensable repartir la jornada entre varios trabajadores con el fin que la Dosis de Ruido de cada uno no sobrepase el valor límite permisible.
- 7. Capacitación:** Los trabajadores deben recibir capacitación sobre los efectos del ruido en la salud y la importancia de conocer las medidas preventivas y de control que se han diseñado para evitar una potencial pérdida de la audición.
- 8. Equipos de Protección Personal:** Los equipos de protección auditiva ayudan a disminuir la intensidad de ruido que recibe el trabajador. Dentro de los más comunes se encuentran los tapones, los mismos se alojan dentro del canal auditivo externo y sellan totalmente el canal auditivo; mientras que los auriculares producen un cierre sobre la oreja y bloquean el canal auditivo.

Los tapones o auriculares pueden reducir el nivel de ruido entre 15 a 30 dBA, aunque esto depende mucho del espectro de frecuencias del ruido al que se expone el trabajador (Gerges y Arenas, 2004, p. 647).

Los equipos de protección personal son indispensables cuando no se puede controlar técnicamente los riesgos que se presentan en las fuentes emisoras o en el medio de propagación dentro del área de trabajo; sin embargo, los equipos de protección personal también son utilizados como medida complementaria de control, esto con el fin de maximizar el control y así prevenir cualquier accidente, incidente o enfermedad profesional. En la Figura 1.17 se muestra algunos tipos equipos de protección personal para atenuar el nivel de ruido que le llega al trabajador.



Figura 1.17. Equipos de protección personal para atenuar el nivel de ruido
(3M, 2008, p. 3-8)

Los protectores auditivos colocados adecuadamente son capaces de atenuar el nivel de ruido entre 15 y 30 dBA, aunque esto dependa mucho del espectro de frecuencias del ruido al que se expone el trabajador.

La atenuación de los tapones moldeables dependen de la profundidad de la inserción y van desde 30 a 45 dB en frecuencias por encima de los 1 000 Hz, y de 20 a 40 dB en frecuencias por debajo de 2 000 Hz; mientras que la atenuación de los protectores auditivos, a 2 000 Hz, se acerca al límite impuesto por la conducción ósea, aproximadamente 40 dB. La atenuación decrece unos 9 dB por octava, desde aproximadamente 1 000 Hz a 125 Hz y da una media de 35 dB para frecuencias por encima de 2 000 Hz (Cortés, 2007, p. 496).

Cuando el canal auditivo de una persona está obstruido eficazmente por el tapón moldeable, el ruido puede llegar al oído interno a través de cuatro vías tal como lo muestra la Figura 1.18 (Gerges y Arenas, 2004, p. 648):

- 1. Escapes de aire (A):** Reducen la atenuación entre 5 y 15 dBA a lo largo de una gama amplia de frecuencias, sin embargo la principal reducción se produce en frecuencias bajas (Harris, 1991, p. 21.3).
- 2. Vibración (B):** Los tapones auditivos pueden vibrar a modo de pistón debido a la elasticidad de la piel del canal auditivo; este efecto limita su atenuación en especial para bajas frecuencias, aproximadamente 40 dBA en 125 Hz. (Harris, 1991, p. 21.3).
- 3. A través de los materiales (C):** El ruido se transmite directamente a través de los materiales de los protectores auditivos (Harris, 1991, p. 21.3).
- 4. Conducción a través de Huesos y Tejidos (D):** El ruido puede alcanzar el oído interno a través de la conducción ósea y es aproximadamente entre 40 y 50 dBA menor que el nivel del ruido que llega al oído a través del canal auditivo abierto (Harris, 1991, p. 21.3).

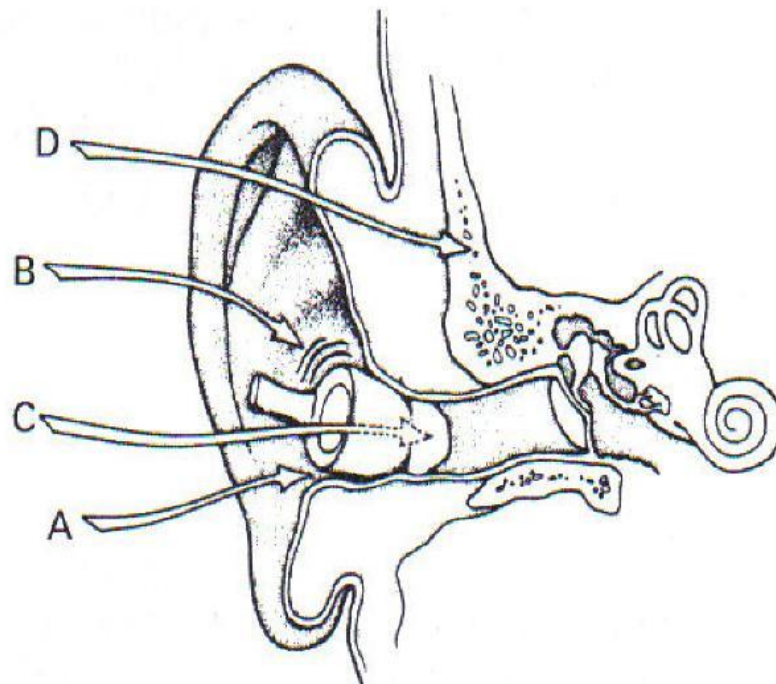


Figura 1.18. Vías de escape en el protector auditivo tipo tapón moldeable
(Harris, 1991, p. 21.3)

Asimismo si cuando el canal auditivo de una persona está obstruido eficazmente por el auricular, el ruido puede llegar al oído interno a través de cuatro vías como lo muestra la Figura 1.19 (Gerges y Arenas, 2004, p. 648):

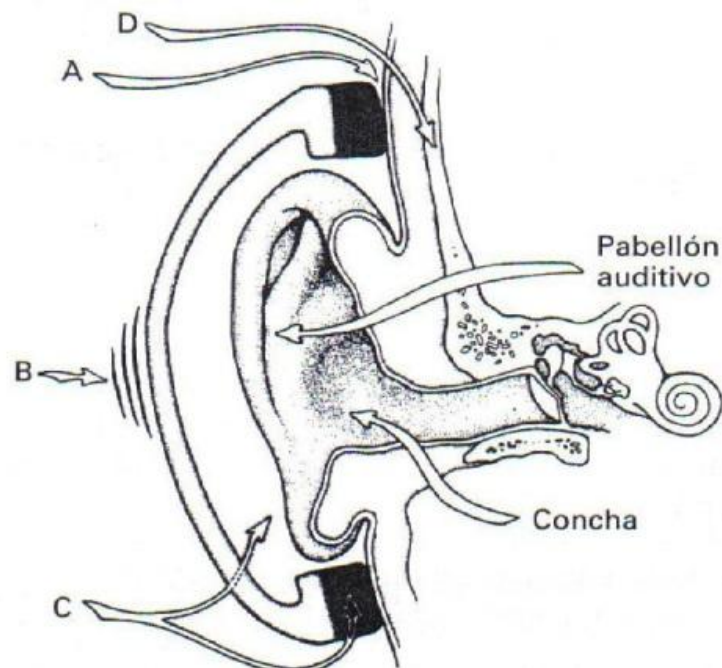


Figura 1.19. Vías de escape en el protector auditivo tipo auricular
(Harris, 1991, p. 21.3)

1. **Escapes de Aire (A):** Reducen la atenuación que logra el protector entre 5 y 15 dBA a lo largo de una gama amplia de frecuencias, sin embargo la principal reducción se produce en frecuencias bajas (Harris, 1991, p. 21.3).
2. **Vibración (B):** Los cascos de los auriculares pueden vibrar contra la cabeza como un sistema de masa-resorte. La rigidez del resorte depende de la flexibilidad de la almohadilla del casco, la flexibilidad de la piel que rodea al oído y el volumen de aire atrapado bajo el casco. Estas acciones limitan la atenuación de los auriculares a 25 dBA en 125 Hz aproximadamente (Harris, 1991, p. 21.3).
3. **A través de los Materiales (C):** El ruido se transmite directamente a través de los materiales de los protectores auditivos. La magnitud de la transmisión del ruido depende de la masa, rigidez y amortiguación de los materiales del casco y la almohadilla, así como de la absorción de los materiales dentro del casco. La reducción de la atenuación para cascos y almohadillas de auriculares suele ser significativa sólo a frecuencias por encima de los 1 000 Hz (Harris, 1991, p. 21.3).
4. **Conducción a través de Huesos y Tejidos (D):** El ruido puede alcanzar el oído interno a través de la conducción ósea y es aproximadamente entre 40 y 50 dBA menor que el nivel del ruido que llega al oído a través del canal auditivo abierto (Harris, 1991, p. 21.3).

1.4.3 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE RUIDO

El ruido en la actualidad se ha convertido en un problema de gran importancia económica para las empresas puesto que si llega a niveles lo suficientemente elevados como para interferir en la comunicación, se producen pérdidas.

Los casos de compensación que implican demandas, en algunos casos millonarios, son consecuencia de la exposición a ruidos nocivos por largos

períodos, y que producen lesiones auditivas permanentes y por ende, gastos por compensación de parte de la empresa (Harris, 1991, p. 22-20).

Otro aspecto de la importancia económica del ruido se muestra mediante su efecto sobre el valor de las propiedades inmobiliarias, de tal forma que el ruido producido por una industria, influye directamente en el valor de las propiedades aledañas a la industria.

Por otro lado, con el fin de evitar indemnizaciones o gastos judiciales, algunas industrias realizan un considerable esfuerzo para mantener silenciosas las oficinas y puestos de trabajo, no obstante, todavía existen industrias que se preocupan muy poco de la seguridad auditiva de sus trabajadores al momento de asignar un presupuesto para lograr ambientes de trabajo acordes a lo que dicta la ley. Estas acciones se ven traducidas en una caída de la eficiencia y producción por parte de sus empleados y que generan como consecuencia un producto final menguado en su calidad (Harris, 1991, p. 22-20).

El ruido afecta a la concentración y es una posible causa para que se presenten graves problemas en el desenvolvimiento de las personas expuestas, las mismas que desembocan en errores humanos con graves alteraciones y pérdidas en la producción normal (Harris, 1991, p. 22-20).

1.4.4 AUDIOMETRÍAS

La audiometría es una prueba funcional que sirve para determinar el estado de salud auditiva de los trabajadores.

Cabe recalcar que la audiometría no es una técnica de prevención debido a que no impide ni disminuye los efectos adversos ocasionados por la exposición al ruido, sin embargo, permite detectar de manera anticipada su desarrollo, y ayuda a tomar acciones correctivas para evitar que los daños existentes se agudicen.

De igual manera, las audiometrías brindan información muy útil para el establecimiento de medidas de prevención y control de ruido, es por eso que su

realización debe ser periódica para poder dar un correcto seguimiento de la eficacia de las medidas adoptadas (Miyara, 1999, p. 2-12).

Es de conocimiento que las frecuencias en las que se sostiene una conversación oscilan entre 125 y 2 000 Hz, de ahí que esta zona se denomine conversacional. Por sobre esta zona, entre 2 000 y 8 000 Hz, están las frecuencias agudas, responsables de las lesiones producidas por el ruido o traumas acústicos (Henao 2007, p. 15).

1.5 MARCO LEGAL

1.5.1 LEGISLACIÓN NACIONAL

Desde 1998, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, (Decreto Ejecutivo No. 2393, Registro Oficial No. 249), promueve la prevención de riesgos en el trabajo y el mejoramiento del medio ambiente en el que está inserto el trabajador. En su Capítulo V, refiere algunas pautas para la gestión de los riesgos, entre ellos, ruidos y vibraciones (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34):

- 1. Artículo 53:** Establece una jerarquía ideal de control para la prevención de riesgos en los procesos industriales con contaminantes: 1) evitar la generación de contaminantes; 2) evitar la emisión de contaminantes; 3) evitar la transmisión de contaminantes; o, por último, 4) usar equipos de protección personal o limitar la exposición a los contaminantes.
- 2. Artículo 55:** Detalla la metodología para prevenir riesgos relacionados a ruido o vibraciones; a decir:
 - a) Intervención en máquinas que produzcan ruidos o vibraciones a través de técnicas para estabilizarlas o aislarlas.
 - b) Establecimiento de programas de mantenimiento para las máquinas identificadas como riesgosas.
 - c) Prohibición de máquinas adosadas a paredes o columnas.

- d) Fijación del límite máximo de presión sonora en 85 decibeles para puestos de trabajo en general y en 70 decibeles para puestos de trabajo en los que se requiera concentración o alta actividad intelectual.
- e) Fijación de niveles máximos de exposición según tiempo de exposición:

Tabla 1.1 Niveles sonoros permitidos según el DE 2393 Art. 55, literal 7

| Nivel Sonoro / dBA | Tiempo de exposición |
|--------------------|----------------------|
| 85 | 8 |
| 90 | 4 |
| 95 | 2 |
| 100 | 1 |
| 110 | 0,25 |
| 115 | 0,125 |

(Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34)

- f) Provisión de equipo de protección personal al personal expuesto a máquinas que producen ruido o vibraciones.
- g) Establecimiento de programas de control de la salud de los trabajadores expuestos a este tipo de factores de riesgo.

3. Artículo 179: Refiere el uso obligatorio de protección auditiva para los trabajadores en puestos donde sobrepasen los niveles de ruido permitidos. Estos equipos, de uso exclusivamente personal, no deberán contener materiales nocivos para la salud de trabajador y deberán proveer la atenuación suficiente de acuerdo a las características del ruido. Podrán ser protectores internos o externos y estar en óptimas condiciones para su uso (sin deformaciones, fisuras o roturas e higienizados).

Otro reglamento a considerarse en el presente proyecto es el Reglamento Interno de Seguridad y Salud de la empresa aprobado por el Ministerio de Relaciones Laborales; que en su capítulo IV habla sobre la prevención de riesgos del trabajo propio de empresas como Dipor S.A. sobre el factor de riesgo ruido, refiere que

en todos los puestos de trabajo, los niveles de ruido deberán estar por debajo de los 85 dBA. De existir áreas en las que se sobrepasen estos niveles, se tratará de aplicar medidas de control en la fuente o en el ambiente, y si esto no fuera posible, se dispondrá el uso de equipos de protección auditiva para atenuar los niveles de presión sonora (Andrade, 2013, p. 23).

1.5.2 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

El Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo determina en su capítulo V, artículo 26, que el empleador, en su plan o programa de prevención de riesgos debe prever todos aquellos factores de riesgo (químicos, físicos, psicosociales, ergonómicos o biológicos) para adoptar las medidas necesarias para su prevención (Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo 957, 2005, p. 17).

2 METODOLOGÍA

El presente trabajo sirvió para la implementación de medidas correctivas y preventivas con el fin de controlar los niveles de ruido existentes dentro del centro de Generación de Energía de la Empresa Dipor S.A. y minimizar al máximo el riesgo de pérdida de la audición de los trabajadores.

2.1 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO Y PUESTOS DE TRABAJO

El objetivo de esta etapa previa fue conseguir la mayor información posible sobre todas las condiciones de trabajo. El análisis de esta información ayudó a decidir si es necesario o no la medición de los niveles de ruido en todos los puestos de trabajo (Cortés, 2007, p. 441).

Se comenzó con la toma de datos sobre las fuentes generadoras de ruido, mediante el análisis de:

1. Localización de los puestos de trabajo y maquinaria generadora de ruido.
2. Actividades o equipos que generen ruidos de corta duración (ruido impulsivo).

Luego, se recopiló información acerca de las características inherentes del puesto de trabajo, características de los trabajadores y el lugar de ubicación del puesto de trabajo dentro del Centro de Generación de Energía.

Los factores que se analizaron en cada puesto de trabajo fueron:

1. Identificación de las tareas que se repiten a lo largo de la jornada de trabajo.
2. Número de trabajadores que ocupan cada puesto.

La Figura 2.1 muestra un mapa conceptual sobre la identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo.

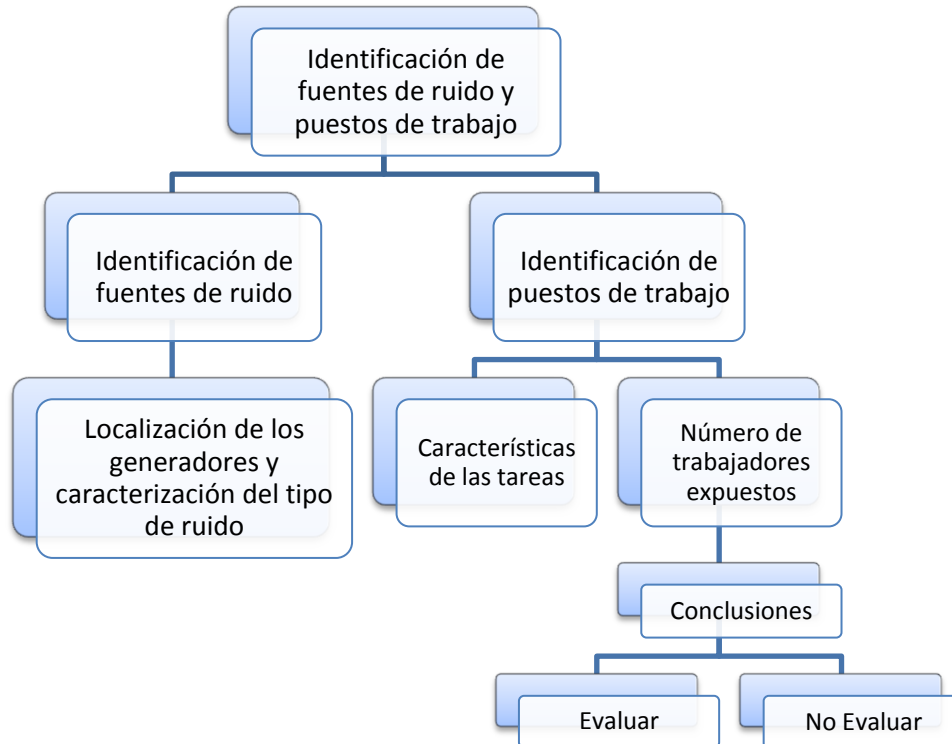


Figura 2.1. Esquema conceptual sobre la identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo
(Harris, 1991, p. 22.2)

2.2 EVALUACIÓN DE RUIDO

Una vez que se obtuvo toda la información acerca de la identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo, se definió una estrategia de medición para que con un número mínimo de mediciones garantice la representatividad de las condiciones de trabajo del puesto a evaluar (Cortés, 2007, p. 441).

2.2.1 MEDICIÓN DE RUIDO

Para realizar la medición de ruido laboral, se utilizó el procedimiento específico DP.PEE.MAS.5.4.04, cumpliendo la norma UNE-EN ISO 9612:2009 título Acústica, que refiere sobre la determinación de la exposición al ruido en el trabajo.

Este método se basa en hacer mediciones en los puestos de trabajo críticos, los mismos que, según la identificación de fuentes de ruido y puestos de trabajo

previa arrojó que era necesaria una medición y evaluación de ruido (Cortés, 2007, p. 441).

Previo a la medición se debió hacer una verificación en terreno del instrumento según las instrucciones entregadas por el fabricante (manual del usuario del Sonómetro SC-30, Iden. DP.DE.NC.4.3.10), ya que condiciones ambientales como temperatura, velocidad del aire y humedad relativa, pueden afectar parcialmente la respuesta del instrumento. Además, fue indispensable la calibración mediante el pistófono en áreas donde no esté exista a ruido ya que este interfiere en la calibración (Quest, 2004, p. 7).

Una vez que se comprobó y calibró el sonómetro se realizaron las mediciones; las mismas que se efectuaron en 2 horarios, matutino y vespertino, con el fin de garantizar que se representen los valores de nivel de presión sonora tanto para el turno de la mañana como para el turno de la tarde y noche.

El sonómetro, específicamente el micrófono, fue ubicado en una posición orientada hacia la fuente, a la altura del oído del trabajador cuando se encuentra sentado (1,35 m), además se verificó que no se entorpezcan las tareas realizadas por el trabajador. En el caso del generador de energía, se colocó el sonómetro a una distancia de 1 m de la fuente y a una altura de 1,55 m. Cabe recalcar que el tiempo de medición fue de 10 minutos por puesto de trabajo.

Una vez que se obtuvieron los datos de las mediciones realizadas tanto en el horario matutino como vespertino, fue necesario garantizar que la diferencia de las medias poblacionales sea insignificante para cada una de las mediciones; esto se prueba a través de la diferencia de medias para lo que se aplicó la "Prueba t de Student" (Lind, Marchal y Mason, 2004, p. 384).

Esta prueba se utilizó debido a que el tamaño muestral es inferior a 30 mediciones y se lo modela mediante el siguiente procedimiento:

1. Se debió comprobar que las varianzas son iguales en cada una de las mediciones mediante la prueba F. Para esto se utilizó la ecuación 2.1

$$F_{test} = \frac{\text{Varianza muestral mayor}}{\text{Varianza muestral menor}} \quad [2.1]$$

El resultado debe estar dentro del rango de aceptación de hipótesis nula de varianzas iguales.

2. Se planteó una hipótesis de diferencia de medias; se hace referencia a que la diferencia de medias son iguales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad [2.2]$$

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \quad [2.3]$$

3. Se estableció el “estadístico crítico” mediante la identificación del nivel de confianza y significancia de la tabla de valores críticos t para el nivel de confianza planteado para una prueba industrial.

$$\beta = 95\%$$

$$\alpha = 5\%$$

4. Se determinó la regla de decisión, para identificar la zona de aceptación y rechazo de la hipótesis nula.
5. Se calculó el estadístico de prueba mediante la ecuación 2.4:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\bar{u}_1 - \bar{u}_2)}{\sqrt{\frac{S_p^2}{n_1} + \frac{S_p^2}{n_2}}} \quad [2.4]$$

Donde:

\bar{x}_1 : media muestral 1

\bar{x}_2 : media muestral 2

\bar{u}_1 : media poblacional 1

u_2 : media poblacional 2

| | |
|---------|----------------------|
| S_p | Varianza mancomunada |
| n_1 : | tamaño muestral 1 |
| n_2 : | tamaño muestral 2 |

6. Si el estadístico de prueba se encuentra dentro de la zona de aceptación, se aprueba la hipótesis nula; caso contrario se aprueba la hipótesis alternativa.

Después de haber comprobado que la diferencia de las medias poblacionales de las mediciones fue insignificante, se aceptaron los datos obtenidos en las mediciones de ruido efectuadas.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores mínimos indicados en el Capítulo V, artículo 55 referente a Ruidos y Vibraciones del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 (Henao, 2007, p. 48; Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

La Figura 2.2 muestra un mapa conceptual sobre la medición de ruido.

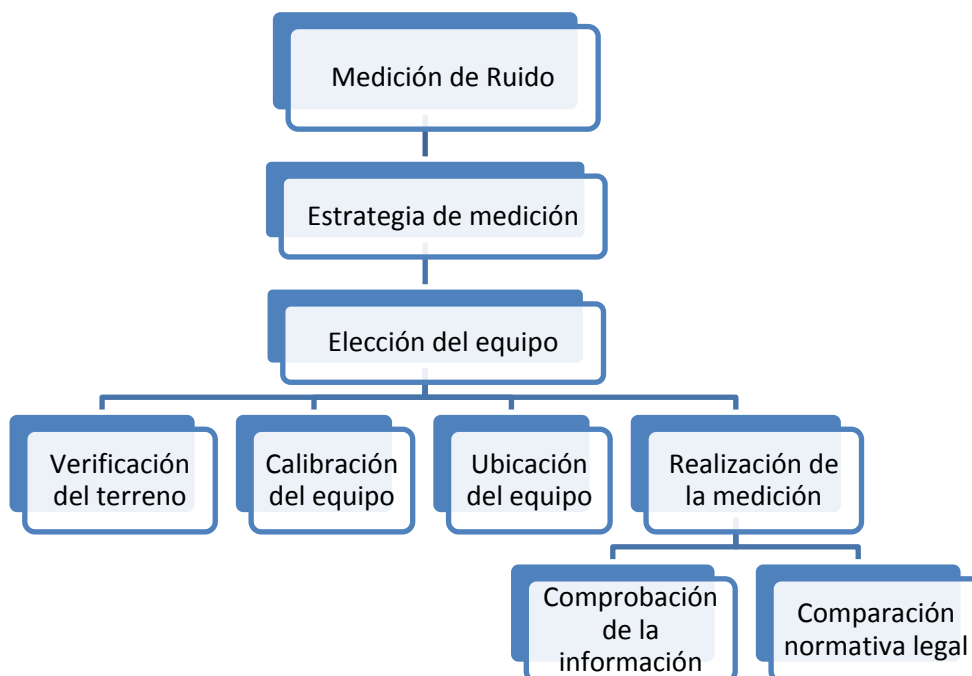


Figura 2.2. Esquema conceptual sobre la medición de ruido
(Henao, 2007, p. 48)

Para las mediciones se utilizó un sonómetro previamente calibrado en filtro de ponderación “A” y respuesta en modo “*Slow*” rigiéndose en las distintas normas establecidas. La Tabla 2.1 muestra las características del equipo utilizado (Cortés, 2007, p. 442).



Figura 2.3. Sonómetro utilizado en las mediciones de ruido

Tabla 2.1. Especificaciones del sonómetro empleado en la medición de ruido

| | |
|-----------------------|---|
| Marca | Quest |
| Modelo | SoundPro DL-2-1/1 |
| Calibrador | 114dB a 1 000Hz |
| Rango Dinámico | Banda ancha: (8) a seleccionar. 100dB rango dinámico, ATR: 3dB arriba lectura escala completa |
| Normativa | Clase 1, ANSI S1.11-2004, EN-IEC 616260 |

(Quest, 2004, p. 5).

2.3 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE RUIDO

Después de la evaluación de los niveles de ruido en los distintos puestos de trabajo, se diseñaron e implementaron medidas de prevención y control de ruido con el fin de garantizar que los trabajadores no tengan daños en su salud a causa de este riesgo físico.

Adicional, el diseño permite que los trabajadores ejecuten tareas que requieran cierto grado de concentración sin que se vean afectadas por causa del nivel de ruido elevado que existe en el ambiente (Gómez, 2006, p. 270).

Dentro de las medidas determinadas e implementadas se destacan controles de ingeniería, administrativo y equipos de protección personal:

1. Diseño de un acondicionamiento acústico en la oficina ubicada en el segundo piso.
2. Plan de mantenimiento preventivo del generador.
3. Plan de rotación de turnos del personal que trabaja en los puestos de electricista, mecánico y supervisión del tablero de control y que por sus actividades tienen que permanecer en el área del generador por un lapso de tiempo.
4. Plan de capacitación sobre los efectos del ruido en la salud para los trabajadores del Centro de Generación de Energía y trabajadores que visitan periódicamente el lugar.
5. Protectores auditivos acordes al tipo de ruido existente dentro del área donde se encuentra el generador.
6. Señalización de obligatoriedad de utilizar equipos de protección personal ubicados en lugares estratégicos a lo largo del Centro de Generación de Energía.
7. Realización de audiometrías a los trabajadores con prolongados tiempo de exposición.

2.3.1 MODELAMIENTO DE UN ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PARA LA OFICINA UBICADA EN EL SEGUNDO PISO

Debido a que los trabajadores pasan el mayor tiempo en las oficinas, se diseñó y modeló un acondicionamiento acústico en la oficina con el fin de reducir el nivel de ruido a un valor menor a 70 dBA.

Para el diseño del acondicionamiento acústico de la oficina, se añadieron algunos materiales que ofrecen un mayor coeficiente de absorción tales como: alfombra en el piso, cortinas en las ventanas y techo falso con sonex de 0,035 m, con lo que se obtuvo un valor de reducción del nivel sonoro (R) mucho más alto (Everest, 1997, p. 270).

Para poder calcular los diferentes valores que se requieren para el acondicionamiento acústico se siguió el siguiente procedimiento:

1. Calcular las diferentes superficies parciales de la oficina que tienen el mismo coeficiente de absorción (Henao, 2007, p. 70).
2. Calcular el área total de absorción con la ecuación 2.5 (Henao, 2007, p. 70):

$$Absorción_1 = \sum_{k=1}^n \alpha_k \times S_k [sab/m^2] \quad [2.5]$$

Donde:

α : coeficiente de absorción del material para cada una de las frecuencias

S : superficie del material

3. Obtener el coeficiente medio de absorción de la oficina mediante la ecuación 2.6 (Henao, 2007, p. 71):

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{Absorción_1}{S_{total}} \quad [2.6]$$

Donde:

$Absorción_1$: área total de absorción.

S : superficie total de los materiales existentes en la oficina.

4. Realizar el mismo ejercicio pero con los nuevos materiales que se proponen para el acondicionamiento acústico (Henao, 2007, p. 71).
5. Calcular la reducción del nivel sonoro para cada banda de frecuencia mediante la siguiente ecuación 2.7 (Henao, 2007, p. 71):

$$R = 10 \text{Log} \left(\frac{\bar{\alpha}_2}{\bar{\alpha}_1} \right) [dB] \quad [2.7]$$

Donde:

R : reducción del nivel sonoro

$\bar{\alpha}_2$: coeficiente medio de absorción con los nuevos materiales propuestos en el acondicionamiento acústico

$\bar{\alpha}_1$: coeficiente medio de absorción con los materiales iniciales existentes en la oficina.

6. Restar el valor R obtenido para cada banda de frecuencia del nivel de presión sonora medido en la oficina. El valor obtenido en el cálculo se lo tomó como base para verificar que la cantidad de reducción del nivel sonoro de la oficina, una vez tratada acústicamente, arroje un valor por debajo de 70 dBA como indica la norma (Henao, 2007, p. 71; Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

2.3.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR

Los componentes mecánicos del motor a combustión del generador durante su operación normal producen fricción entre ellos, lo que provoca elevados niveles de ruido, por lo que es importante y necesario mantener un correcto mantenimiento de sus componentes de tal manera que la fricción sea mínima y así bajar los niveles de ruido (Deutz, 2002, p. 5.1).

El plan de mantenimiento preventivo del generador es dictaminado por el fabricante; sin embargo, fue importante establecer los puntos mínimos que se deben verificar para un correcto control y seguimiento con el fin de garantizar el buen funcionamiento del generador.

En el generador existen condiciones y elementos susceptibles de provocar ruido si no funcionan correctamente, es por eso que la Tabla 2.2 muestra las principales causas mecánicas que, si no funcionan de manera normal, aumentan el nivel de ruido (Gerges y Arenas, 2004, p. 592).

Tabla 2.2. Elementos que se deben verificar en el mantenimiento preventivo con sus posibles soluciones

| Tipo de condición | Elementos a verificar | Posible solución |
|--------------------------|------------------------------|---|
| Impacto | Cojinetes lisos | Ajustar el anillo y reducir la holgura longitudinal del eje |
| | Rodamientos | Reducir la holgura radial Reducir la tolerancia eje-bastidor |
| | Láminas sueltas | Mejorar la sujeción de las láminas |
| Rozamiento | Rodamientos | Lubricación del rodamiento |
| Desequilibrio | Eje | Alineación y balanceo del eje |
| Causas aerodinámicas | Varillas del motor | Alineación del rotor |
| | Turbulencia | Filtro disipativo |

Una vez que se supo cuáles son los elementos a los que se les debe dar seguimiento, se diseñó un formato con el propósito que se consideren los aspectos mínimos a revisar y así verificar que el proveedor ha dado el correcto mantenimiento.

El formato se lo llena cada vez que el proveedor realiza algún tipo de mantenimiento en el generador, mientras que el control y seguimiento es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento.

La Tabla 2.3 muestra el diseño del formato que se utiliza para el control y seguimiento del mantenimiento.

Tabla 2.3. Elementos que se deben verificar en el mantenimiento preventivo con sus posibles soluciones

| REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS SENSIBLES DE PROVOCAR RUIDO | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------------------------|-----------------|-------------|--------|--------------------|--------------|----------------------|-------|
| DATOS GENERALES | | | | | | | | | |
| Generador: | | | | | Motor: | | | | |
| Marca: | Modelo: | No de Serie: | | | Marca: | Modelo: | No de Serie: | | |
| WEG | 6TA25S117 | 1708580607 | | | DEUTZ | BFGM1013FC | 10423382 | | |
| PROVEEDOR | | | | | | | | | |
| Nombre del proveedor: | | Electroecuatorialiana | | | | | | | |
| Responsable del servicio: | | | | | | | | | |
| Servicio requerido: | | Mantenimiento preventivo | | | | | | | |
| MANTENIMIENTO | | | | | | | | | |
| Fecha Mnto | ASPECTOS A REVISAR | | | | | | | Responsable Revisión | Firma |
| | Cojinetes lisos | Rodamientos | Láminas sueltas | Rodamientos | Eje | Varillas del motor | Turbulencia | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Nota: En caso que alguno de los elementos se encuentre en mal estado, el proveedor debe dar una solución en menos de 24 horas | | | | | | | | | |

Por otro lado, existe un mantenimiento general del generador, el mismo que se lo ha venido realizando de manera periódica bajo la responsabilidad del jefe de mantenimiento y responde a los siguientes cuidados (Deutz, 2002, p. 5.1):

1. Después de las primeras 100 h de trabajo:

- a) Cambiar el filtro y el aceite del motor.
- b) Cambiar el filtro de combustible.
- c) Ajustar el juego de las válvulas.
- d) Reajustar todos los tornillos.

2. Diariamente

- a) Revisar el nivel de aceite y rellenarlo si fuera necesario.
- b) Revisar si el motor no tiene pérdida de aceite, y el estado de las mangueras.

3. Cada 250 h

- a) Reemplazar el elemento del filtro de combustible.

4. Cada 500 h

- a) Cambiar el aceite y filtro de aceite del motor; usar siempre aceite multiviscoso SAE 15W40 - API CE o superior.

Todos los trabajos deben adecuarse a lo establecido en este procedimiento de mantenimiento preventivo o correctivo.

2.3.3 PLAN DE ROTACIÓN DEL PERSONAL EXPUESTO A RUIDO

Debido a que los efectos del ruido en la salud de los trabajadores dependen del tiempo de exposición, se diseñó un plan de rotación semanal en los puestos de trabajo matutino y vespertino; esto con el fin de disminuir el tiempo de exposición de los trabajadores que por sus actividades deben permanecer en el área del generador donde el nivel de ruido es elevado (Marcillo, 2009, p. 12).

El Centro de Generación de Energía tiene a su disposición seis trabajadores, que han sido capacitados para desempeñar múltiples funciones: dos supervisores de tablero de control, dos electricistas y dos mecánicos. Un primer grupo trabaja en el primer turno (de 07h00 a 16h00) y el segundo grupo en el turno vespertino (de 16h00 a 23h00). Los turnos son fijos y solo el personal del turno matutino tiene que realizar actividades en el área del generador; por este motivo, solo tres de los seis trabajadores del Centro se encuentran dentro del límite permisible de exposición a ruido, es así que unos minutos extra en el área del generador puede significar sobrepasar la norma.

En caso de ausencia de uno o más trabajadores se dará prioridad a las labores matutinas. En caso necesario, tanto el puesto de mecánico como el electricista podrán funcionar, momentáneamente, con un solo trabajador.

En este contexto se decidió establecer un plan de rotación mediante turnos rotativos para que la exposición se reduzca a la mitad.

El plan de rotación define los siguientes aspectos: (Harris, 1991, p. 22.4).

1. Nombre de los trabajadores del Centro de Generación de Energía, específicamente de los puestos de electricista, mecánico y supervisión del tablero de control.
2. Tiempo de exposición al ruido.
3. Tiempo máximo de exposición permisible por la normativa aplicable.
4. Cronograma de rotación de los puestos de trabajo (Harris, 1991, p. 22.4).

2.3.4 PLAN DE CAPACITACIÓN SOBRE LOS EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD

Se diseñó un plan de capacitación continua sobre los efectos del ruido en la salud, especialmente para el personal que trabaja en el Centro de Generación de Energía.

Dentro del plan de capacitación se destacan las acciones que la empresa ha realizado con el fin de minimizar los riesgos, el compromiso que mantiene con los trabajadores en temas de seguridad y salud ocupacional, la obligatoriedad de asistir a las charlas informativas que se realicen y los responsables de dictar las charlas.

El plan de capacitación pone a consideración los siguientes elementos (Harris, 1991, p. 22.5)

1. Temas.
 - Efectos físicos y psicológicos del ruido en la salud.
 - Hipoacusia y trauma acústico.
 - Medidas de control de ruido implementadas.
 - Protectores auditivos.
 - Exposición a ruido fuera de la jornada laboral.
2. Número de personas a capacitar que permita ofrecer una capacitación personalizada.
3. Tiempo requerido para cada tema del plan de capacitación.

De igual manera el plan dispone que todas las charlas y capacitaciones deben mantener un registro de asistencia mediante un formato “Registro de asistencia”; el mismo que se lo muestra en la Tabla 2.4 y considera los siguientes aspectos:

1. Tema de la capacitación
2. Fecha de la capacitación
3. Horas de capacitación
4. Nombre del facilitador
5. Empresa que ofrece la capacitación (en caso de personal externo)
6. Número de participantes
7. Nombre y firma de los participantes

Tabla 2.4. Formato de registro de asistencia a capacitaciones

| REGISTRO DE ASISTENCIA | | | |
|-------------------------------|--------|--------------------------------|-------|
| NOMBRE DEL CURSO: | | | |
| FECHA: | | | |
| EMPRESA PROVEEDORA: | | NOMBRE DEL FACILITADOR: | |
| TEMAS PROPUESTOS: | | | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| N° | NOMBRE | PUESTO DE TRABAJO | FIRMA |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

Para poder verificar que las charlas y capacitaciones tienen un buen nivel de recepción por parte de los trabajadores, al final de cada charla se realizó una evaluación de los temas impartidos ya que la calificación mínima para aprobar el curso es de 7 puntos sobre 10.

2.3.5 SELECCIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS ACORDES AL TIPO DE RUIDO

Debido a que los trabajadores permanecen dentro del lugar donde se ubica el generador, es obligatorio el uso de protectores auditivos.

Para una correcta elección de los equipos de protección personal, primero se analizó si era conveniente protectores tipo auricular o tapones moldeables, para lo cual se realizó el estudio y análisis de 2 tipos de protectores auditivos y se consideraron los siguientes aspectos:

1. Atenuación de los tapones moldeables y los protectores auditivos tipo auricular para que el nivel de ruido que el trabajador tenga bajo el protector esté por debajo de los 85 dBA (Cortés, 2007, p. 496).
2. Vías de llegada del ruido hasta el oído interno para que el canal auditivo del trabajador se encuentre obstruido eficazmente por el protector auditivo ya que el ruido puede llegar al oído interno a través de cuatro: escapes de aire, vibración, a través de los materiales del protector y la conducción a través de huesos y tejidos (Gerges y Arenas, 2004, p. 648).

2.3.5.1 Comparación de protectores existentes en el mercado

Una vez que se decidió el tipo, se consideró el punto más importante, analizar la atenuación por banda de octava que ofrecen ciertos protectores auditivos que existen en el mercado, con el fin de verificar si son idóneos o no para el tipo de ruido existente en el ambiente.

2.3.5.2 Análisis espectral del protector auditivo

Para poder implementar los protectores en el área del generador, fue necesario un análisis espectral para verificar su atenuación frente al ruido que emite la maquinaria y llega a los posibles receptores.

Para obtener la estimación más precisa del nivel sonoro bajo los auriculares, se siguió un procedimiento, el mismo que se describe a continuación:

1. Se definieron los niveles de banda de octava con ponderación A del ruido, medidos en el área de trabajo (Gerges y Arenas, 2004, p. 648).
2. Se determinó la atenuación aportada por los auriculares, dato obtenido de la ficha técnica (Gerges y Arenas, 2004, p. 648).
3. Se hizo una corrección para representar los valores de atenuación de los auriculares en el lugar de trabajo, es decir, se sumó la desviación estándar multiplicada por 2; dato obtenido de la ficha técnica de los protectores auditivos (Gerges y Arenas, 2004, p. 648).
4. Para obtener los niveles de bandas de octava estimados bajo el protector se restó el valor corregido, de los valores del nivel de ruido por banda de octava, con lo que se obtiene un valor de atenuación aportado por los auriculares para cada frecuencia (Gerges y Arenas, 2004, p. 648).

2.3.5.3 Método Noise Reduction Rate (NRR)

Un método más sencillo y también válido para comprobar la atenuación de los protectores fue mediante la utilización del NRR (Noise Reduction Rating), este dato lo entrega el fabricante y mediante una operación matemática se pudo obtener el nivel de ruido que le llegará al trabajador cuando está colocado los protectores auditivos de manera adecuada. Para esto se utilizó la ecuación 2.8 (Gerges y Arenas, 2004, p. 667).

$$L' = Leq - NRR \quad [2.8]$$

Donde:

L' nivel de ruido estimado bajo el protector

Leq nivel de ruido equivalente medido

NRR Noise Reduction Rating otorgado por el fabricante

2.3.6 SEÑALIZACIÓN DE OBLIGATORIEDAD DE UTILIZAR EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Dado que en el Centro de Generación de Energía hay lugares donde los niveles de ruido sobrepasan los niveles permisibles, se dispuso como obligación, la instalación de señales informativas acerca del uso de protectores auditivos (Cortés, 2007, p. 455).

Las señales informativas constan de pictogramas sencillos y de fácil comprensión. Son de un material resistente a las inclemencias ambientales y a los golpes.

El tamaño y color de las señales se basaron en la Norma INEN 439 para garantizar una buena visibilidad y comprensión así como en la normativa del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT) de España (INSHT, 1982, p. 48; INEN 439, 1982, p. 54).

2.3.7 AUDIOMETRÍAS

La manera más importante para evaluar y vigilar la salud auditiva de los trabajadores, es mediante la realización de audiometrías; para esto se contrató un laboratorio calificado, quienes realizaron audiometrías al personal tanto al inicio del proyecto como 5 meses después de haber implementado las medidas de control de ruido.

Para efectuar una audiometría se utilizó un audiómetro previamente calibrado, el mismo emite tonos en distintas frecuencias que actúan sobre el oído y producen una sensación sonora en la persona explorada (Miyara, 1999, p. 2-12).

En una gráfica se apuntaron los resultados registrados en el umbral inferior, los cuales señalan la pérdida de audición de la persona estudiada. En este umbral, cada tono tiene diferente intensidad, y al unir todos los puntos o resultados hallados se obtendrá una curva audiométrica (Miyara, 1999, p. 2-13).

Para poder evaluar la pérdida auditiva de los trabajadores expuestos al ruido, desde un punto de vista no médico, fue necesario utilizar índices que ayudaron a cuantificar el grado de pérdida y el rango de bandas de frecuencia en el que el trabajador ha desarrollado una disminución de la audición.

El trauma acústico se evaluó a través de la pérdida auditiva en la frecuencia 4 000 Hz, mediante el índice ELI (*Early Loss Index* = Índice de pérdida precoz), el mismo que clasifica la pérdida auditiva mediante una escala creciente A-B-C-D-E (Henao, 2007, p. 81).

Para calcular el índice de pérdida precoz (ELI) se restó el valor de la presbiacusia (pérdida por envejecimiento) que se da en la Tabla 2.5 del valor de la pérdida a 4 000 Hz.

Tabla 2.5. Corrección por presbiacusia

| CORRECCIÓN POR PRESBIACUSIA A 4 000 Hz (dB) | | |
|--|----------------|----------------|
| Edad | Mujeres | Hombres |
| 25 | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 3 |
| 35 | 3 | 7 |
| 40 | 5 | 11 |
| 45 | 8 | 15 |
| 50 | 12 | 20 |
| 55 | 15 | 26 |
| 60 | 17 | 32 |
| 65 | 1 | 38 |

(Henao, 2007, p. 28)

Una vez que se obtuvo el valor corregido, se comparó con los valores de la escala ELI dictaminados en la Tabla 2.6 con lo que se pudo determinar el índice ELI correspondiente y la calificación cualitativa del trauma.

Tabla 2.6. Escala *Early Loss Index* (ELI)

| ESCALA ELI | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------------|
| Pérdida audiométrica corregida (dB) | Grado ELI | Clasificación |
| < 8 | A | Normal excelente |
| 8 – 14 | B | Normal buena |
| 15 – 22 | C | Normal |
| 23 – 29 | D | Sospecha de sordera |
| > 30 | E | Claro indicio de sordera |

(Henao, 2007, p. 83)

Otro parámetro importante fue verificar si el trabajador tiene una audición normal, ya sea en frecuencias conversacionales (500 Hz – 2 000 Hz) o en su audición global. Para esto se evaluó la pérdida en las frecuencias conversacionales mediante otro índice denominado SAL (*Speech Average Loss*) que no es más que la media aritmética de la pérdida auditiva en las frecuencias conversacionales (500 Hz, 1 000 Hz y 2 000 Hz) y establece una clasificación en grado o escala A-B-C-D-E-F-G. La Tabla 2.7 muestra la clasificación, evaluación y el significado del índice ELI (Henao, 2007, p. 83).

Tabla 2.7. Evaluación y significado del índice *Speech Average Loss* (SAL)

| EVALUACIÓN Y SIGNIFICADO DEL ÍNDICE SAL | | | |
|---|------------------------------|------------------------|--|
| Grado | SAL (dB) | Nombre de la clase | Características |
| A | 16 Oído peor | Normal | Los dos oídos están dentro de los límites normales, sin dificultades en conversaciones en voz baja |
| B | 16 – 30 uno de los oídos | Casi normal | Tiene dificultades en conversaciones en voz baja nada más |
| C | 31 – 45 oído mejor | Ligero empeoramiento | Tiene dificultades en una conversación normal pero no si levanta la voz |
| D | 46 – 60 oído mejor | Serio empeoramiento | Tiene dificultades incluso cuando se levanta la voz |
| E | 61 – 90 oído mejor | Grave empeoramiento | Solo puede oír una conversación amplificada |
| F | 90 oído mejor | Profundo empeoramiento | No puede entender ni una conversación amplificada |
| G | Sordera total en ambos oídos | | No puede oír sonido alguno |

(Henao, 2007, p. 83)

De igual manera se determinó la pérdida global, la misma se evaluó en función de la suma de las pérdidas a las frecuencias de 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz y 3 000 Hz. La Tabla 2.8 indica el porcentaje (%) de pérdida de un oído (monoaural) (Henao, 2007, p. 85).

Tabla 2.8. Porcentaje de pérdida auditiva global en un oído

| DS | %Pérd | DS | %Pérd | DS | %Pérd | DS | %Pérd | DS | %Pérd | DS | %Pérd |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 100 | 0,0 | 120 | 7,5 | 160 | 22,5 | 200 | 37,5 | 240 | 52,5 | 280 | 67,5 |
| 105 | 1,9 | 130 | 11,2 | 170 | 26,2 | 210 | 41,2 | 250 | 56,2 | 290 | 71,2 |
| 110 | 3,8 | 140 | 15,0 | 180 | 30,0 | 220 | 45,0 | 260 | 60,0 | 300 | 75,0 |
| 115 | 5,6 | 150 | 18,8 | 190 | 33,8 | 230 | 48,9 | 270 | 63,8 | 310 | 78,8 |

(Henao, 2007, p. 85)

De igual manera, para determinar la pérdida binaural, se tuvo que aplicar la siguiente ecuación 2.9 (Henao, 2007, p. 85):

$$\frac{5\% \times (\text{oído mejor}) + 1\% \times (\text{oído peor})}{6} = \% \text{ de pérdida auditiva global} \quad [2.9]$$

De las gráficas y los resultados de los indicadores ELI, SAL, pérdida monoaural y binaural, se pudo deducir si existe disminución de audición o si hay trauma acústico y a qué frecuencias afecta.

2.4 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE RUIDO IMPLEMENTADAS

Todas las medidas de control y prevención de ruido implementadas fueron debidamente verificadas en su eficacia con el fin de constatar que son idóneas y ayudan a minimizar el riesgo de pérdida de la audición de los trabajadores así como garantizar un ambiente de trabajo óptimo para la ejecución de tareas que

conlleven un grado de concentración (Confederación de Empresarios de La Coruña, 2007).

2.4.1 EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE CONTROL IMPLEMENTADAS

2.4.1.1 Medidas de control de ingeniería

Una vez que se diseñó el acondicionamiento acústico de la oficina ubicada en el segundo piso, fue indispensable verificar que el nivel de ruido emitido por el generador se haya visto atenuado hasta llegar a un valor menor a 70 dBA.

Para esto se hicieron los cálculos matemáticos con base en los materiales que se utilizaron para el diseño del acondicionamiento acústico. Los cálculos se basaron en restar los valores de reducción sonora obtenidos en el diseño acústico, del nivel de presión sonora medido con el sonómetro en cada uno de los puestos de trabajo (Everest, 1997, p. 217).

Los valores obtenidos se debieron comparar con los valores esperados (< 70 dBA) para determinar que las medidas de prevención y control de ruido si disminuyen el nivel de ruido, para que los trabajadores pueden desarrollar tareas de supervisión y que conlleven un grado de concentración en la oficina sin que el ruido que emite el generador les sea molesto (Henao, 2007, p. 76).

2.4.1.2 Plan de mantenimiento del generador

El plan de mantenimiento preventivo que se realiza en el generador fue evaluado y verificado periódicamente por el Jefe de Mantenimiento de Dipor S.A., quien generó reportes de trabajos realizados dentro de cada mantenimiento y las acciones correctivas implementadas por el proveedor con el fin de que no haya alteraciones en el normal funcionamiento diario.

Por otro lado, se identificaron elementos y condiciones dentro del generador susceptibles de provocar ruido, por lo que se implementó un formato de control y

seguimiento del mantenimiento de dichos elementos, con el fin que se pueda verificar que el proveedor ha revisado y que se encuentran en óptimas condiciones de funcionamiento.

Para un correcto seguimiento y control se comparó el número de mantenimientos realizados versus el número de veces que se ha revisado el buen funcionamiento de los elementos sensibles de tal manera que se pueda sacar un indicador porcentual del cumplimiento.

2.4.1.3 Plan de rotación del personal expuesto

El plan de rotación del personal fue diseñado para reducir el tiempo de exposición a ruido dentro del área del generador. En el plan se dispuso el cronograma de rotación y los tiempos máximos permitidos por cada trabajador dentro del área del generador.

Para verificar que el plan cumple con lo programado, se implementó una bitácora de registro de asistencia al lugar de trabajo, con lo que se puede comprobar que el empleado realmente estuvo en dicho lugar.

Las bitácoras sirven para verificar al final del mes el tiempo de exposición que tuvo cada uno de los trabajadores en el área del generador y que sea acorde a lo programado, de tal manera que se pueda comprobar que el tiempo de exposición disminuyó en un 50% y que no sobrepasa el límite máximo permisible que es de 30 min al día.

2.4.1.4 Plan de capacitación

Otra medida implementada fue el plan de capacitación; su evaluación fue mediante ensayos escritos con el fin de poner a prueba los conocimientos adquiridos por los trabajadores en cada una de las capacitaciones concernientes a los temas propuestos en el plan de capacitación.

Los aspectos a evaluar en el plan son los siguientes:

1. Nivel de comprensión y entendimiento luego de la charla, conferencia, actividad o taller.
2. Verificación, mediante inspecciones, la implementación de medidas de seguridad dispuestas en las capacitaciones.

Las evaluaciones del nivel de comprensión y entendimiento fueron mediante pruebas escritas y las mismas deben tener un puntaje mínimo de 7 puntos sobre 10 para aprobar los diferentes cursos.

En el caso que el trabajador no apruebe algún curso, deberá volver a tomarlo y será evaluado nuevamente.

Si el trabajador no aprobara, una vez que ha repetido el curso, la empresa está en la obligación de cambiarle de puesto de trabajo donde no exista un nivel de ruido excesivo.

2.4.1.5 Protectores auditivos

Para poder verificar que los protectores auditivos escogidos son idóneos para el tipo de ruido se debió realizar un análisis espectral de los valores de atenuación que ofrece el protector por cada banda de frecuencia.

El análisis espectral contempla una comparación del nivel de ruido medido en el puesto de trabajo versus el valor de atenuación que dictamina el fabricante del protector, esto con el fin de estimar el nivel de ruido que recibe el posible receptor.

Los resultados obtenidos en el análisis espectral se los debió comparar con la norma establecida por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 con el fin de avalar que el nivel de ruido estimado bajo el protector este por debajo de los 85 dBA (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

2.4.1.6 Señales de seguridad

Para verificar que las señales de seguridad implementadas son un aporte para la prevención de enfermedades profesionales, se realizó una pequeña encuesta a los trabajadores de la empresa de las diferentes áreas con el fin que describan el significado de la señal observada y mencionen si ese tipo de señal era de obligatoriedad o advertencia.

Los datos que se obtuvieron de la encuesta fueron tabulados para poder verificar el porcentaje de personas que entendieron el significado de manera correcta.

Para poder aceptar los resultados y afirmar que la mayoría de los trabajadores entendían el significado de las señales de seguridad, al menos el 70% de los encuestados tenían que definir el significado de manera correcta.

2.4.1.7 Audiometrías

Para poder verificar el estado de la salud auditiva de los trabajadores expuestos a ruido fue necesario realizar una segunda audiometría con el fin de verificar si existe alguna variación en los índices SAL, ELI, pérdida monoaural o binaural en relación a la primera audiometría.

En la segunda audiometría se siguió el mismo procedimiento y bajo las mismas condiciones que la primera, de tal manera que se pueda comparar si existe alguna variación que indique que el trabajador ha sufrido daños en su salud auditiva después de haber implementado medidas de prevención y control de ruido en los diferentes puestos de trabajo.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenidos los valores de nivel de presión sonora en los puestos de trabajo críticos, éstos se analizaron y compararon con valores de referencia que sirvieron para poder implementar medidas de prevención y control de ruido y así prevenir una posible pérdida de la audición de los trabajadores expuestos así como el normal desenvolvimiento de las tareas en ambientes donde se requiere un grado de concentración.

3.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE RUIDO

3.1.1 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO Y PUESTOS DE TRABAJO

En esta etapa, se identificaron las distintas fuentes de ruido existentes en los lugares de trabajo, se caracterizó el tipo de ruido proveniente de las máquinas y se analizaron los puestos de trabajo. El análisis de esta información ayudó a decidir si era necesaria o no la medición de los niveles de ruido de cada área. La Figura 3.1 muestra la vista aérea del Centro de Generación de Energía con sus respectivos puestos de trabajo.

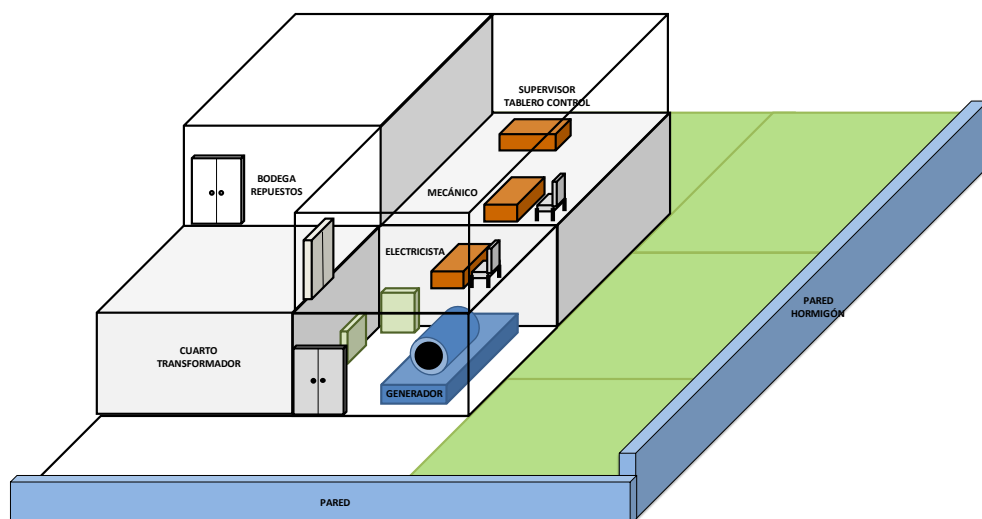


Figura 3.1. Centro de Generación de Energía

A continuación la Tabla 3.1 muestra la identificación de fuentes de ruido dentro del Centro de Generación de Energía, la misma que está clasificada en orden aleatorio y detalla el puesto de trabajo, fuentes de ruido existentes en cada lugar, tipo de ruido y si era o no necesaria una medición con una posterior evaluación.

Tabla 3.1. Fuentes de ruido por puesto de trabajo

| Área y/o Puesto de Trabajo | Fuentes de Ruido | Tipo de Ruido | Conclusión |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------|-----------------|
| Supervisión de tablero de control | Generador de Electricidad | Estable | Medir y Evaluar |
| Electricista | Generador de Electricidad | Estable | Medir y Evaluar |
| Mecánico | Generador de Electricidad | Estable | Medir y Evaluar |
| Cuarto transformadores | Generador de Electricidad | Estable | No evaluar |
| Bodega de repuestos | Generador de Electricidad | Estable | No evaluar |
| Área generador | Generador de Electricidad | Estable | Medir y evaluar |

Como se puede ver en la Tabla 3.1, 4 de los 6 puestos de trabajo dentro del Centro de Generación de Energía se identificaron como idóneos para la medición; esto debido a que el generador permanece encendido durante las 24 horas del día y el nivel de ruido estable que emite afecta a los sitios de trabajo durante sus jornadas laborales.

Dentro del estudio preliminar, otros parámetros importantes que se consideraron fueron identificar las tareas que se repiten cíclicamente y que generen ruido, así como el número de personal expuesto, personal con algún tipo de discapacidad, tiempo de exposición y si existen o no actividades ruidosas causadas por los trabajadores que puedan causar daño a la salud auditiva.

A continuación la Tabla 3.2 detalla los diferentes parámetros que se analizaron en cada puesto de trabajo:

Tabla 3.2. Análisis de los puestos de trabajo

| Puesto de Trabajo | Actividades | Núm Personal Expuesto | Personal grupo vulnerable | Tiempo Exposición | Actividades Ruidosas Causadas por los Trabajadores | Conclusión |
|-----------------------------------|--|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---|-------------------|
| Supervisión de tablero de control | Verificación de la línea de alimentación de energía | 2 | No | 7,5 h | No | Medir y Evaluar |
| | Ingreso al área del generador | | | 0,5 h | | |
| Electricista | Verificación de circuitos eléctricos, estado funcional del sistema y diagnóstico y reparación de circuitos del sistema | 2 | No | 7,5 h | No | Medir y Evaluar |
| | Ingreso al área del generador | | | 0,5 h | | |
| Mecánico | Verificación de componentes mecánicos, fluidos y verificación del estado funcional del sistema | 2 | No | 7,5 h | No | Medir y Evaluar |
| | Ingreso al área del generador | | | 0,5 h | | |
| Cuarto transformadores | Verificación | 1 | No | 0,12 h por persona | No | No evaluar |
| Bodega de repuestos | Organizar y gestionar la entrega de repuestos para el mantenimiento | 1 | No | 1 h al mes | No | No Evaluar |
| Área generador | Verificación del correcto funcionamiento | 6 | No | 0,5 h por persona | No | Medir y Evaluar |

Para las tareas antes definidas se observó que los puestos de supervisor de tablero de control, mecánico y electricista presentan una demanda de tiempo de trabajo de 7 h con 30 min dentro de la oficina y 30 min dentro del área del generador, lo que significó que los trabajadores se ven expuestos directamente al nivel elevado de ruido emitido por el generador por aproximadamente 30 min por lo que debieron ser evaluados y en el desarrollo de este trabajo se aplicaron las diferentes medidas de prevención y control de ruido.

De igual manera, se pudo constatar que ninguna actividad inherente a los diferentes puestos de trabajo generan ruido capaz de causar daño a la salud auditiva, sin embargo, se percibió que el nivel de ruido proveniente del generador causa molestias dentro de la oficina, el mismo que afecta a la concentración y desarrollo de actividades de carácter intelectual.

Otro lugar que demandó una evaluación, aunque el tiempo de exposición es mínimo pero el nivel de ruido es elevado, es el área donde se encuentra el generador de electricidad ya que 6 trabajadores deben realizar actividades dentro de esta área.

3.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE RUIDO

Los puestos de trabajo identificados en la etapa anterior como idóneos para la medición, fueron evaluados mediante un sonómetro; sin embargo, fue necesario verificar, según las instrucciones del fabricante del sonómetro, varios parámetros para garantizar que los valores de temperatura, velocidad del aire, humedad y calibración se encuentren dentro de los rangos establecidos.

Esto se realizó debido a que dichas condiciones pueden afectar parcialmente la respuesta del instrumento.

Los resultados obtenidos en las mediciones de los diferentes parámetros y las condiciones del terreno se las puede ver en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Valores de la verificación previo a la medición de ruido

| Zona de monitoreo | Temperatura Matutino (°C) | Temperatura Vespertino (°C) | Humedad Matutino (%) | Humedad Vespertino (%) | Velocidad aire Matutino (m/s) | Velocidad de aire Vespertino (m/s) | ¿Cumple especificaciones fabricante ? | Calibrar |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| Supervisor tablero de control | 22,3 | 18,1 | 54,4 | 54,6 | <5 | <5 | Si | 114,0 dB |
| Electricista | 22,5 | 18,0 | 55,1 | 55,0 | <5 | <5 | Si | 114,0 dB |
| Mecánico | 22,5 | 18,1 | 55,1 | 55,1 | <5 | <5 | Si | 114,0 dB |
| Área Generador | 19,8 | 15,4 | 53,3 | 54,6 | <5 | <5 | Si | 114,0 dB |

La Tabla 3.3 muestra que las condiciones del terreno se prestaban para la realización de las mediciones de ruido, por lo que se procedió con la toma de muestras en cada puesto de trabajo.

Las tomas se basaron en el procedimiento DP.PEE.MAS.5.4.04, cumpliendo la norma UNE-EN ISO 9612:2009; a continuación se muestran los resultados de las mediciones de ruido realizadas en los diferentes puestos de trabajo dentro del Centro de Generación de Energía.

La Tabla 3.4 muestra los resultados de la medición de ruido en el puesto del supervisor de tablero de control y la Figura 3.2 muestra la fotografía de la medición.

Tabla 3.4. Datos de la medición de ruido para el puesto “Supervisor de tablero de control”

| Ubicación | Nivel de Presión Sonora (dBA) | | | Prueba “T” | Límite permisible (dBA) | Tiempo de exposición (Horas) | ¿Cumple norma 2393? |
|----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|
| | Leq | LAmáx | LAmin | | | | |
| Supervisor de tablero de control | 73,6 | 75,4 | 52,9 | 0,05 | 70,0 | 7,5 | No |



Figura 3.2. Medición del puesto de trabajo “Supervisor tablero de control”

El puesto del supervisor de tablero de control presenta en su entorno de trabajo un nivel de ruido equivalente (L_{eq}) de 73,6 dBA, lo que significa que está fuera del nivel máximo permitido por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 que dicta un nivel máximo de 70 dBA para lugares de supervisión o donde se desarrollen tareas intelectuales; sin embargo, ese nivel de ruido no es susceptible de causar daños a la salud auditiva de los trabajadores ya que está por debajo de 85 dBA (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

El tiempo de exposición del puesto de trabajo ubicado en la oficina del segundo piso es de aproximadamente 7 h con 30 min, periodo en el que ejecuta tareas de supervisión y trabajos que demandan cierto grado de concentración.

Adicional, se verificó que la diferencia de las medias poblacionales de las mediciones son insignificantes (0,05) bajo una confiabilidad del 95% mediante la prueba t de student. Los cálculos se los puede ver en el Anexo I.

Otro puesto de trabajo donde se evaluaron los niveles de ruido fue el del electricista; la Tabla 3.5 muestra los resultados de la medición de ruido en el puesto y la Figura 3.3 muestra la fotografía de la medición.

Tabla 3.5. Datos de la medición de ruido para el puesto “Electricista”

| Ubicación | Nivel de Presión Sonora (dBA) | | | Prueba “T” | Límite permisible (dBA) | Tiempo de exposición (Horas) | ¿Cumple norma 2393? |
|--------------|-------------------------------|------|-------|------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|
| | Leq | LAmx | LAmín | | | | |
| Electricista | 74,4 | 76,1 | 55,3 | 0,05 | 70,0 | 7,5 | No |



Figura 3.3. Medición de ruido del puesto de trabajo “Electricista”

El puesto de trabajo de electricista presenta en su entorno de trabajo un nivel de ruido equivalente (Leq) de 74,4 dBA, lo que significa que está fuera del nivel máximo permitido por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 que dicta un nivel máximo de 70 dBA para lugares de supervisión o que se desarrollen tareas intelectuales; sin embargo, ese nivel de ruido no es susceptible de causar daños a la salud auditiva ya que está por debajo de 85 dBA (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

El tiempo de exposición del puesto de trabajo ubicado en la oficina del segundo piso es de aproximadamente 7 h con 30 min, periodo en el que ejecuta tareas que demandan cierto grado de concentración.

Adicional, se verificó que la diferencia de las medias poblacionales de las mediciones son insignificantes (0,05) bajo una confiabilidad del 95% mediante la prueba t de student. Los cálculos se los puede ver en el Anexo I.

Otro puesto de trabajo donde se evaluaron los niveles de ruido fue el de mecánico; la Tabla 3.6 muestra los resultados de la medición de ruido en el puesto del mecánico y la Figura 3.4 muestra la fotografía de la medición.

Tabla 3.1. Datos de la medición de ruido para el puesto “Mecánico”

| Ubicación | Nivel de Presión Sonora (dBA) | | | Prueba “T” | Límite permisible (dBA) | Tiempo de exposición (Horas) | ¿Cumple norma 2393? |
|-----------|-------------------------------|-------|-------|------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|
| | Leq | LAmáx | LAmin | | | | |
| Mecánico | 75,0 | 76,2 | 54,1 | 0,02 | 70,0 | 7,5 | No |



Figura 3.4. Medición de ruido del puesto de trabajo “Mecánico”

El puesto de trabajo de mecánico presenta en su entorno de trabajo un nivel de ruido equivalente (Leq) de 75,0 dBA, lo que significa que está fuera del nivel máximo permitido por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 que dicta un nivel máximo de 70 dBA para lugares de supervisión o que se desarrollen tareas intelectuales; sin embargo, ese nivel de ruido no es susceptible de causar daños a la salud auditiva ya que está por debajo de 85 dBA (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

El tiempo de exposición del puesto de trabajo ubicado en la oficina del segundo piso es de aproximadamente 7 h con 30 min, periodo en el que ejecuta tareas que demandan cierto grado de concentración.

Adicional, se verificó que la diferencia de las medias poblacionales de las mediciones son insignificantes (0,02) bajo una confiabilidad del 95% mediante la prueba t de student. Los cálculos se los puede ver en el Anexo I.

Por otro lado, se evaluó el nivel de ruido del área del generador; la Tabla 3.7 muestra los resultados de la medición de ruido en el área y la Figura 3.5 muestra la fotografía de la medición.

Tabla 3.7. Datos de la medición de ruido para el área del Generador

| Ubicación | Nivel de Presión Sonora (dBA) | | | Prueba "T" | Límite permisible (dBA) | Tiempo de exposición (Horas) | ¿Cumple norma 2393? |
|------------------|-------------------------------|-------|-------|------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|
| | Leq | LAmáx | LAmin | | | | |
| Cuarto Generador | 106,8 | 107,3 | 99,4 | 0,01 | 85,0 | 0,5 | No |



Figura 3.5. Medición de ruido del área del Generador

El área del generador presenta en su entorno de trabajo un nivel de ruido equivalente (Leq) de 106,8 dBA, lo que significa que está fuera del nivel máximo permitido por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 que dicta un nivel máximo de 85 dBA para lugares donde se ubican máquinas industriales. Cabe recalcar que ese nivel de ruido es susceptible de causar daños a la salud auditiva y provocar efectos adversos en la salud por lo que fue indispensable desarrollar medidas de prevención y control de ruido (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

El tiempo de exposición de los trabajadores dentro del área del generador es de aproximadamente 30 minutos, periodo en el que ejecutan tareas que tienen que estar en contacto físico con el generador.

Adicional, se verificó que la diferencia de las medias poblacionales de las mediciones son insignificantes (0,01) bajo una confiabilidad del 95% mediante la prueba t de student. Los cálculos se los puede ver en el Anexo I.

Para poder representar en un plano los niveles medidos, la Figura 3.6 detalla mediante un mapa de ruido los valores Leq de cada puesto de trabajo.

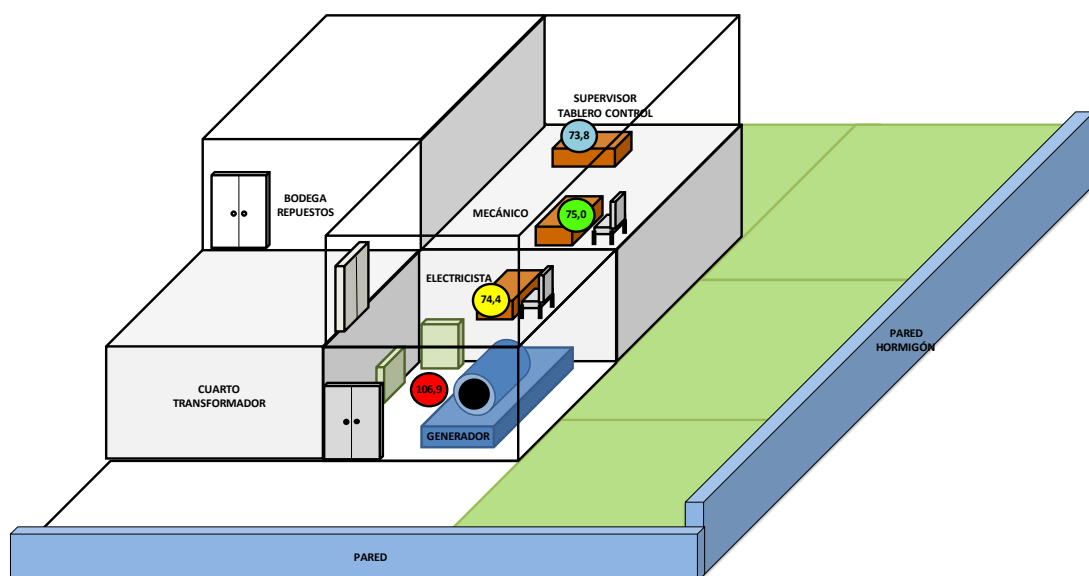


Figura 3.6. Mapa de ruido distributivo del Centro de Generación de Energía

3.2 DETERMINACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS PARA EL CONTROL DE RUIDO

Se tiene como base que la prioridad de actuación para el control de ruido es en la fuente, luego en el medio de transmisión y por último en el receptor; bajo este concepto se diseñaron e implementaron una serie de medidas de prevención y control de ruido tanto para el personal que labora en el Centro de Generación de Energía así como en la infraestructura del lugar con el fin de reducir a valores permitidos el nivel de ruido en los diferentes puestos de trabajo y así cumplir con lo establecido en la ley.

3.2.1 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

En la oficina ubicada en el segundo piso fue indispensable modelar matemáticamente un diseño y acondicionamiento acústico.

Esto se lo hizo con el fin de aumentar el coeficiente de absorción de la sala, de tal manera que se disminuya el tiempo de reverberación de la sala (T_{60}) y así aumentar el valor de la reducción del nivel sonoro (R).

Para lograr atenuar el nivel de presión sonora en los distintos puestos de trabajo, se evaluó matemáticamente la sala utilizando diferentes materiales, en forma de acabados de construcción, que tienen un coeficiente de absorción alto, especialmente en las frecuencias en las que el ruido del generador causa mayor molestia y el oído humano es más sensible (500 – 4 000 Hz).

Las Figuras 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 muestran las fotografías de los diferentes materiales elegidos para el diseño y acondicionamiento acústico referentes a las posibles vías de transmisión del ruido proveniente del generador.



Figura 3.7. Alfombra de lana de $1,2 \text{ kg/m}^2$ dispuesta para el piso



Figura 3.8. Cortina $0,475 \text{ kg/m}^2$ fruncida al 50% dispuesta para las ventanas



Figura 3.9. Sonex de 0,035 m dispuesto como material absorbente entre el techo y el cielorraso



Figura 3.10. Panel cielorraso de gypsum dispuesto para el techo

Una vez que se seleccionaron los materiales que se van a utilizar en el diseño acústico, fue importante calcular el aporte en la reducción de ruido en la oficina. En la Tabla 3.8 se compara de manera general los coeficientes de absorción por banda de frecuencias de cada uno de los materiales existentes en la oficina versus los materiales propuestos en el diseño del acondicionamiento acústico; mientras que en las Figuras 3.11, 3.12 y 3.13 muestran la comparación de los materiales para el piso, techo y ventanas respectivamente.

Tabla 3.8. Tabla comparativa de los coeficientes de absorción de los materiales existentes en la oficina y los que se utilizarán en el acondicionamiento acústico

| COMPARACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES | | | | | | | | | |
|--|---|------------------------|---|--------|--------|-------|-------|-------|----------------------------|
| Estructura | Tipo de material | Área (m ²) | Absorción (sab/m ²) por frecuencias | | | | | | Observaciones |
| | | | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz | |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 1,2 | Material Inicial |
| | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | | 3,1 | 4,9 | 3,4 | 9,2 | 15,3 | 14,4 | Acondicionamiento acústico |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 1,2 | 1,8 | 1,8 | 0,6 | 1,5 | 2,8 | Material Inicial |
| | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | | 1,8 | 6,1 | 13,8 | 21,7 | 29,1 | 27,2 | Acondicionamiento acústico |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,6 | 0,6 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | Material Inicial |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | Material Inicial |
| | Cortina 475 kg/m ² fruncida al 50% | | 0,6 | 2,7 | 4,3 | 6,5 | 6,1 | 5,2 | Acondicionamiento acústico |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | Material Inicial |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | Material Inicial |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | Material Inicial |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | Nº personas en la oficina |

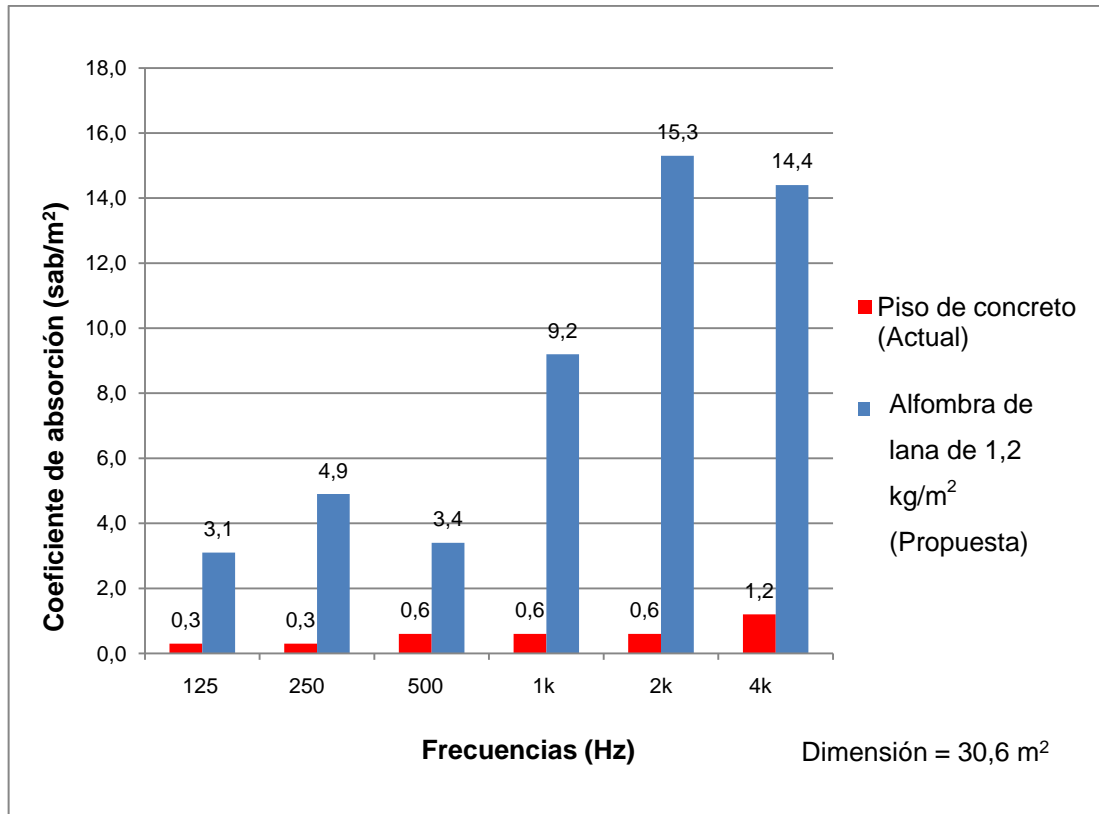


Figura 3.11. Comparación de coeficientes de absorción de los materiales existentes y propuestos en el diseño acústico para el piso de la oficina

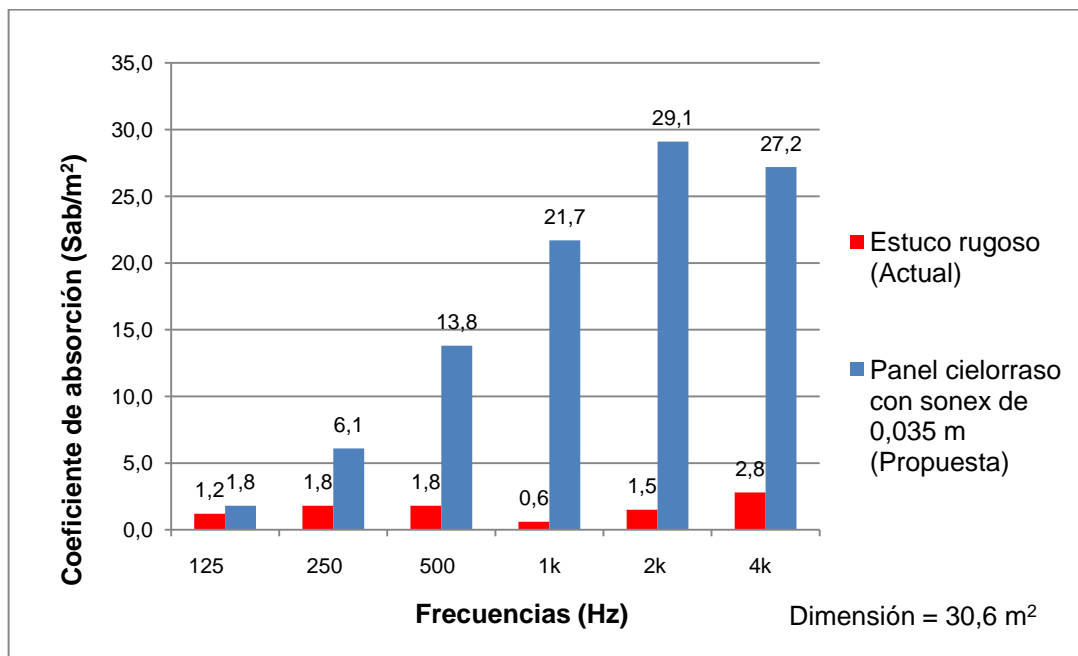


Figura 3.12. Comparación de coeficientes de absorción de los materiales existentes y propuestos en el diseño acústico para el techo de la oficina

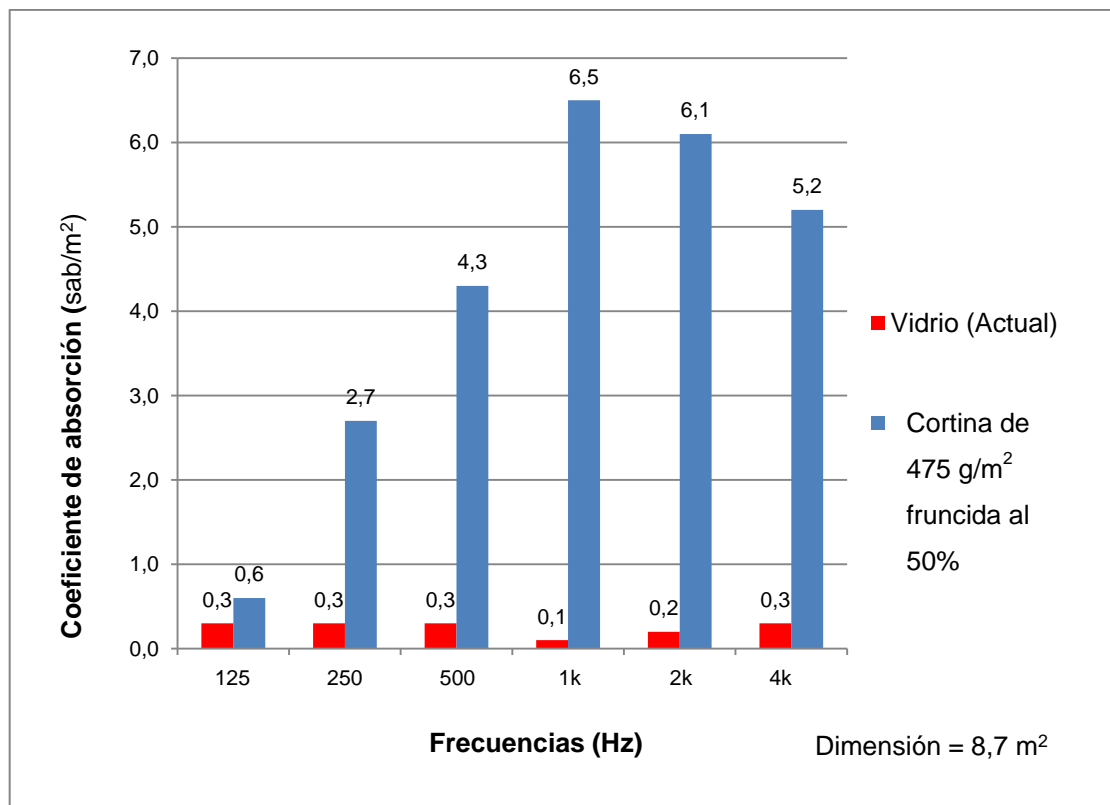


Figura 3.13. Comparación de coeficientes de absorción de los materiales existentes y propuestos en el diseño acústico para las ventanas de la oficina

La Tabla 3.8 y las Figuras 3.11, 3.12 y 3.13 muestran claramente que los materiales propuestos para el acondicionamiento acústico en el piso, techo y ventanas ofrecen un mayor coeficiente de absorción por bandas de frecuencias, los mismos que permiten reducir el tiempo de reverberación de la oficina.

Para poder determinar el nivel de reducción sonora del diseño acústico por cada banda de frecuencia, fue necesario realizar algunos cálculos que se aprecian en el Anexo II; mientras que los resultados del estudio se describen a continuación:

3.2.1.1 Dimensiones del Centro de Generación de Energía

Se levantó un plano con las dimensiones del Centro de Generación de Energía, representado en la Figura 3.14, de igual manera fue importante calcular las diferentes superficies parciales de la oficina que tienen el mismo coeficiente de absorción; los resultados se los detalla en la Tabla 3.9.

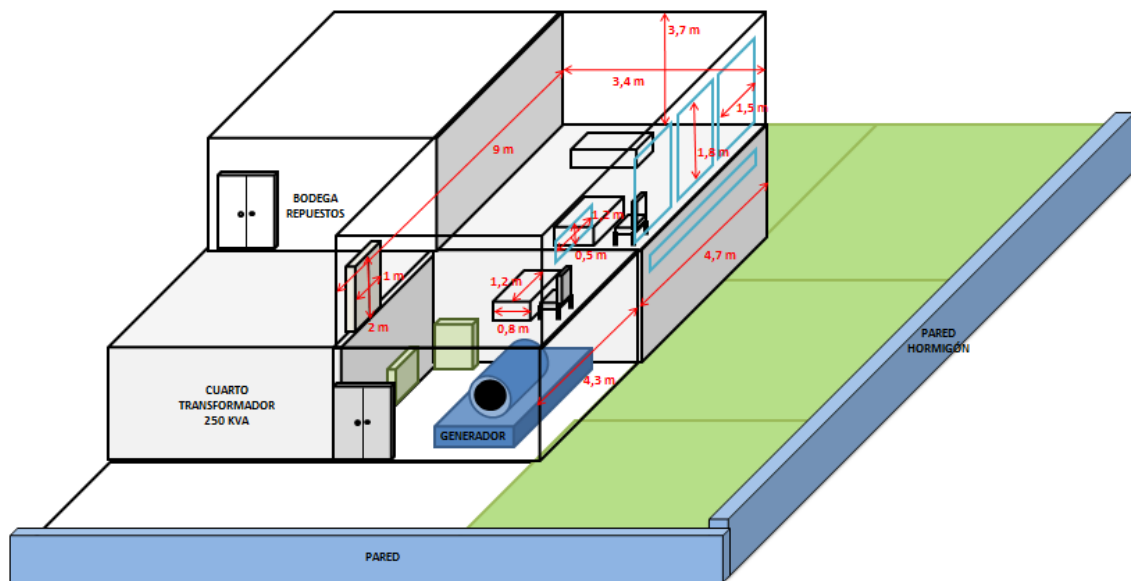


Figura 3.14. Dimensiones y vista aérea del Centro de Generación de Energía

Tabla 3.9. Superficies parciales de la oficina

| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m ²) |
|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| Piso | Piso de concreto | 30,6 |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 |
| Asiento | Tapizado | 3,0 |
| Escritorios | Madera | 2,9 |
| Ocupantes | Personas | 3,0 |
| TOTAL | | 136,7 |

La Tabla 3.9 detalla que las paredes, techo y pisos son las superficies más representativas dentro del Centro de Generación de Energía, por lo que el diseño acústico se enfocó en dichas superficies con el fin de obtener un valor elevado en el área total de absorción.

3.2.1.2 Área total de absorción

Los resultados del área total de absorción de la oficina del centro de generación de energía se obtuvieron mediante la ecuación 2.7, mientras que los resultados se detallan en la Tabla 3.10 y Figura 3.15:

Tabla 3.10. Absorción de los materiales propuestos en el acondicionamiento acústico

| Estructura | Tipo de material | ABSORCIÓN DE LOS MATERIALES POR BANDA DE FRECUENCIAS (S_{ab}/m^2) | | | | | |
|--------------------------------|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 3,1 | 4,9 | 3,4 | 9,2 | 15,3 | 14,4 |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 1,8 | 6,1 | 13,8 | 21,7 | 29,1 | 27,2 |
| Paredes | Ladrillo pintado | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Ventanas | Vidrio | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al 50% | 0,6 | 2,7 | 4,3 | 6,5 | 6,1 | 5,2 |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| Asiento | Tapizado grueso | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Escritorios | Madera | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Ocupantes | Personas | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| ÁREA TOTAL DE ABSORCIÓN | | 10,0 | 18,3 | 26,6 | 42,6 | 55,5 | 52,1 |

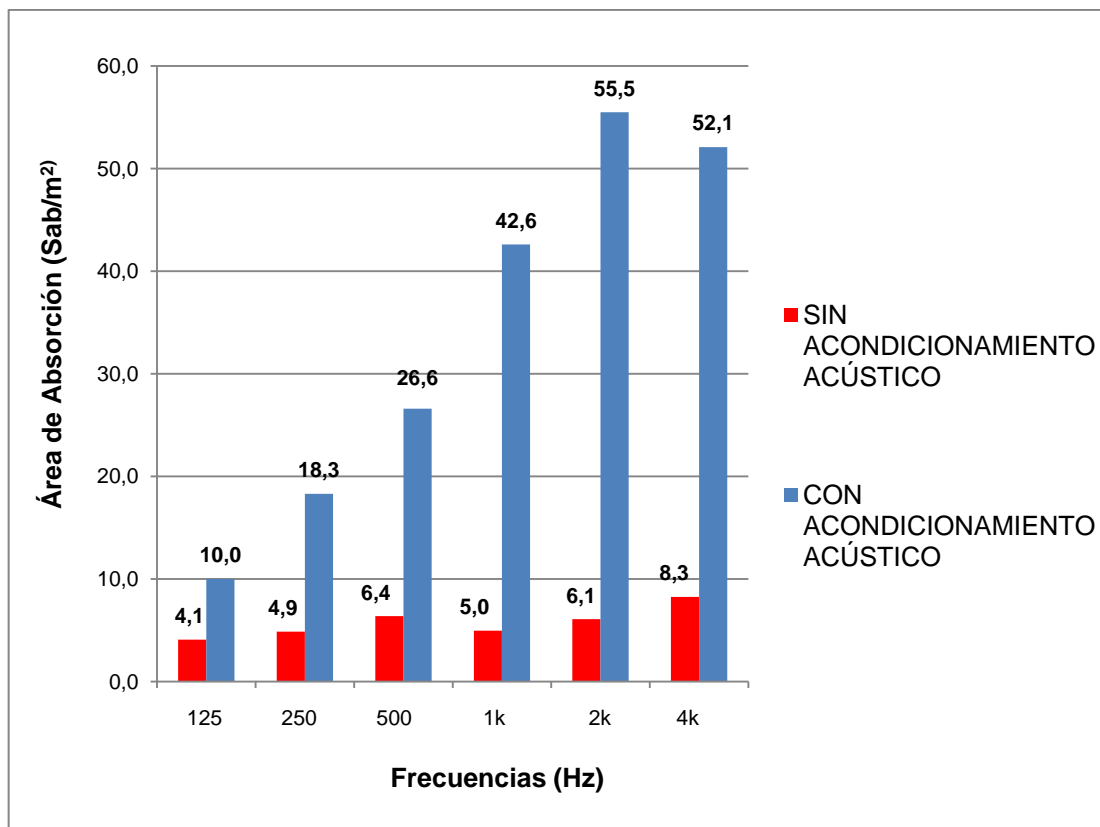


Figura 3.15. Comparación del área total de absorción de la oficina con y sin acondicionamiento acústico

La Tabla 3.10 y la Figura 3.15 muestran que el área total de absorción de los materiales propuestos en el diseño acústico para las diferentes frecuencias ofrecen una absorción considerable frente al modelo inicial; con esto se pudo aumentar la cantidad de energía absorbida dentro de la oficina.

3.2.1.3 Coeficiente medio de absorción

El coeficiente medio de absorción para cada banda de frecuencia denota una magnitud que relaciona la absorción total con la superficie total; este resultado sirvió para obtener el nivel de reducción sonora para cada banda de frecuencia una vez que se diseñó acústicamente la oficina.

Los resultados del coeficiente medio de absorción de la oficina se obtuvieron mediante la ecuación 2.8 y los resultados se muestran en la Tabla 3.11:

Tabla 3.11. Coeficientes medio de absorción de la sala por banda de frecuencia

| | FRECUENCIA | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz |
| COEFICIENTE MEDIO DE ABSORCIÓN DE LA SALA | 0,07 | 0,13 | 0,18 | 0,29 | 0,38 | 0,36 |

Los valores de los coeficientes medio de absorción obtenidos en el diseño acústico muestran que en el rango de frecuencias de 500 Hz a 4 000 Hz la absorción de energía acústica es elevada; bajo el criterio que mientras más se acerca a la unidad, el coeficiente de absorción es mayor.

3.2.1.4 Reducción del nivel sonoro

La diferencia entre los coeficientes de absorción medio, antes y después del diseño acústico, es el valor de la reducción del nivel sonoro.

Los resultados del cálculo de la reducción del nivel sonoro para cada banda de frecuencia se obtuvieron mediante la ecuación 1.1 y los resultados los muestran en la Tabla 3.12:

Tabla 3.12. Valores de reducción del nivel sonoro por banda de frecuencia

| | FRECUENCIA | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz |
| REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO (R) dBA | 3,9 | 5,7 | 6,2 | 9,3 | 9,6 | 8,0 |

La Tabla 3.12 detalla claramente que los valores de reducción del nivel sonoro van desde 3,9 dBA hasta 9,6 dBA; esto significa que el diseño acústico ofreció un nivel de atenuación aceptable en cada banda de frecuencias para poder bajar el nivel de presión sonora a un valor menor o igual a 70 dBA.

3.2.1.5 Atenuación en cada puesto de trabajo

Para obtener la atenuación de ruido en cada puesto de trabajo, se restaron los valores de la reducción del nivel sonoro por bandas de frecuencia calculado del nivel de presión sonora medido en los diferentes puestos de trabajo ubicados en la oficina, el propósito fue ver el valor de atenuación una vez que se ha diseñado el acondicionamiento acústico (A.C.). En las Tablas 3.13, 3.14 y 3.15 y Figuras 3.16, 3.17 y 3.18, se puede verificar la atenuación del nivel sonoro en los puestos de trabajo “Supervisor de tablero de control, mecánico y electricista respectivamente.

Tabla 3.13. Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Supervisor del tablero de control”

| ANÁLISIS ESPECTRAL PARA EL DISEÑO ACÚSTICO PROPUESTO | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|----------------|------|
| Frecuencia | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz | | |
| Leq sin A.C. (dBA) | 47,6 | 55,2 | 71,1 | 62,1 | 68,9 | 54,7 | Leq (dBA) | 73,6 |
| Reducción del nivel sonoro con el acondicionamiento acústico | 3,9 | 5,7 | 6,2 | 9,3 | 9,6 | 8,0 | | |
| Leq con A.C. (dBA) | 43,7 | 49,5 | 64,9 | 52,8 | 59,3 | 46,7 | Leq (dBA) A.C. | 66,3 |

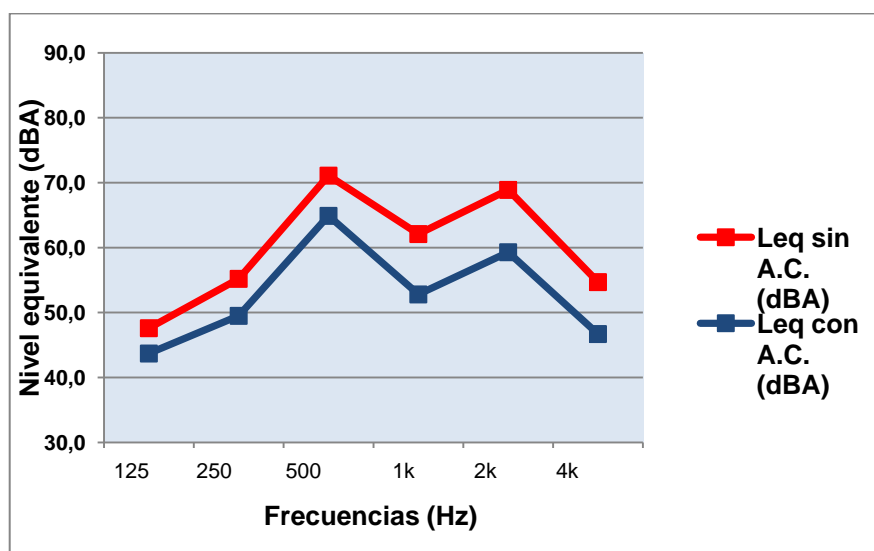


Figura 3.16. Comparación del nivel de ruido con y sin acondicionamiento acústico para el puesto “Supervisor de tablero de control”

Como se puede ver en la Tabla 3.13 y en la Figura 3.16, los materiales propuestos para el diseño acústico en el puesto del supervisor de tablero de control evitan de una manera aceptable las reflexiones de sonido que inciden sobre el puesto, lo que significa que la absorción sonora de cada uno de los elementos ayudaron para reducir el Leq hasta un valor de 66,3 dBA con lo que se cumple con lo indicado por la norma.

Tabla 3.14. Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Mecánico”

| ANÁLISIS ESPECTRAL PARA EL DISEÑO ACÚSTICO PROPUESTO | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-----------------|------|
| Frecuencia | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz | | |
| NPS sin A.C. (dBA) | 49,0 | 54,9 | 73,2 | 64,1 | 69,1 | 55,0 | Leq (A) | 75,0 |
| Reducción del nivel sonoro con el acondicionamiento acústico | 3,9 | 5,7 | 6,2 | 9,3 | 9,6 | 8,0 | | |
| NPS con A.C. (dBA) | 45,1 | 49,2 | 67,0 | 54,8 | 59,5 | 47,0 | Leq (A) A.C. | 68,0 |

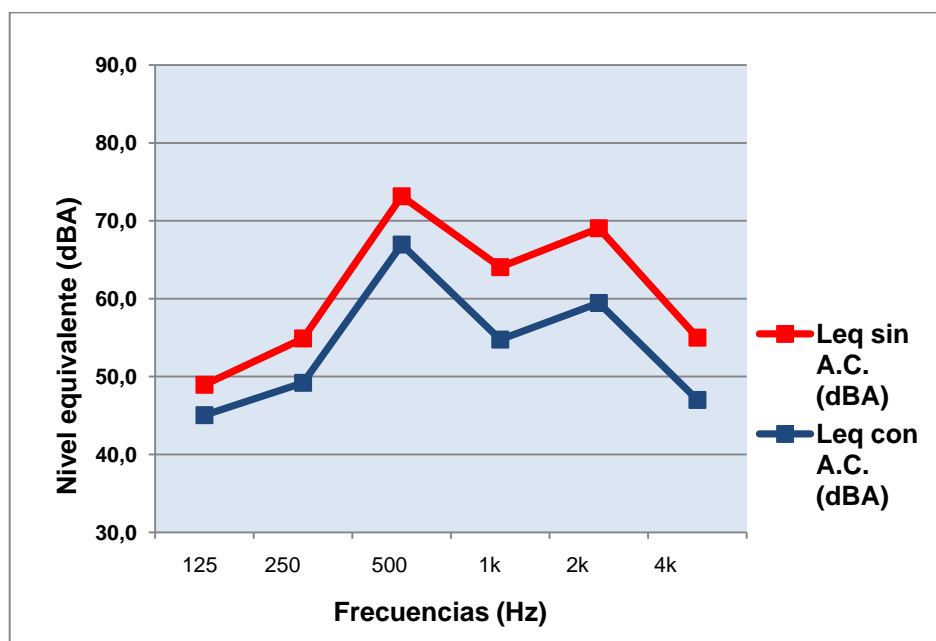


Figura 3.17. Comparación del nivel de ruido con y sin acondicionamiento acústico para el puesto “Mecánico”

Como se puede ver en la Tabla 3.14 y en la Figura 3.17, los materiales propuestos para el diseño acústico en el puesto de mecánico evitan de una manera aceptable las reflexiones de sonido que inciden sobre el puesto, lo que significa que la absorción sonora de cada uno de los elementos ayudaron para reducir el Leq hasta un valor de 68,0 dBA con lo que se cumple con lo indicado por la norma.

Tabla 3.15. Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Electricista”

| ANÁLISIS ESPECTRAL PARA EL DISEÑO ACÚSTICO PROPUESTO | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-----------------|------|
| Frecuencia | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1k Hz | 2k Hz | 4k Hz | Leq (A) | 74,4 |
| Leq sin A.C. (dBA) | 48,3 | 54,3 | 72,6 | 63,5 | 68,1 | 54,4 | | |
| REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO CON EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO | 3,9 | 5,7 | 6,2 | 9,3 | 9,6 | 8,0 | | |
| Leq con A.C. (dBA) | 44,4 | 48,6 | 66,4 | 54,2 | 58,5 | 46,4 | Leq (A) A.C. | 67,4 |

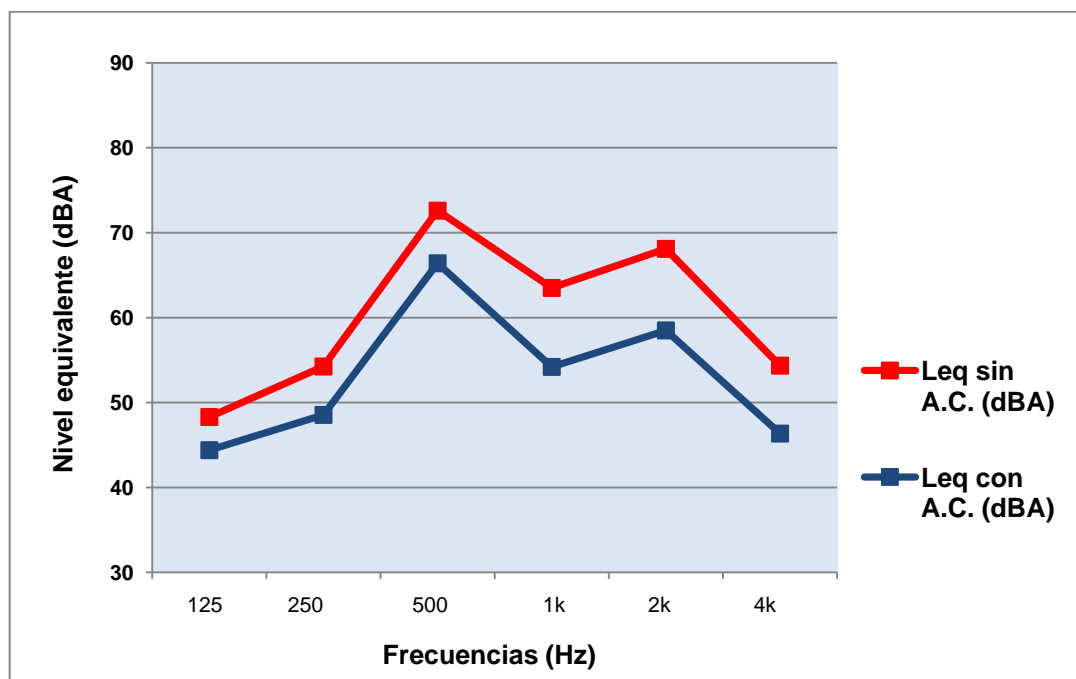


Figura 3.18. Comparación del nivel de ruido con y sin acondicionamiento acústico para el puesto “Electricista”

Como se puede ver en la Tabla 3.15 y en la Figura 3.18, los materiales propuestos para el diseño acústico en el puesto de electricista evitan de una manera aceptable las reflexiones de sonido que inciden sobre el puesto, lo que significa que la absorción sonora de cada uno de los elementos ayudaron para reducir el L_{eq} hasta un valor de 67,4 dBA con lo que se cumple con lo indicado por la norma.

De igual manera, se representaron gráficamente los niveles de ruido mediante un Mapa de ruido Distributivo, el mismo que denota los niveles de ruido después del acondicionamiento acústico propuesto. En la Figura 3.19 se puede apreciar el mapa con los diferentes valores.

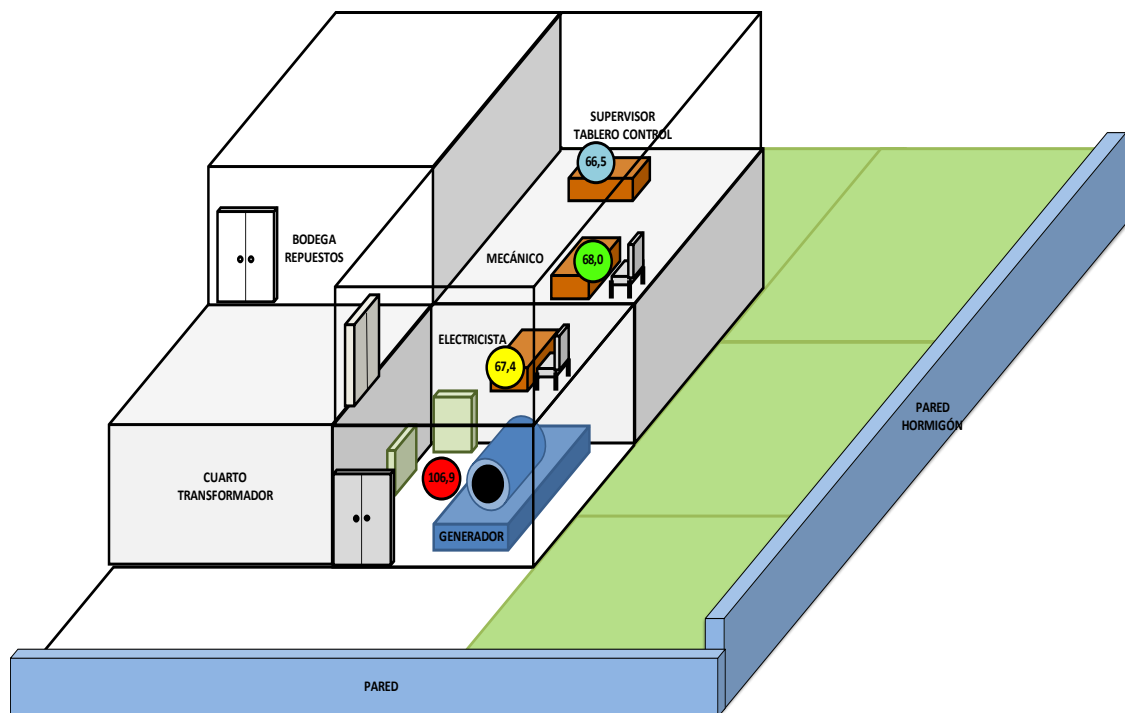


Figura 3.19. Mapa de ruido distributivo en los diferentes puestos de trabajo después del acondicionamiento acústico

3.2.1.6 Verificación de la eficacia del acondicionamiento acústico de la oficina ubicada en el segundo piso

La oficina ubicada en el segundo piso fue evaluada con materiales que ofrecían mayor absorción en el rango de frecuencias de 500 Hz a 4 000 Hz, de tal manera que el nivel de ruido dentro del área sea igual o menor a 70 dBA, tal como indica el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

La Tabla 3.16 detalla los resultados obtenidos donde se puede apreciar que la atenuación del nivel de ruido del diseño del acondicionamiento acústico llegó hasta valores inferiores a 70 dBA con lo que se cumple con el límite máximo permisible dispuesto en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393 (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34):

Tabla 3.16. Reducción del nivel sonoro de los puestos de trabajo ubicados en la oficina del segundo piso después del diseño acústico

| REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Puesto de trabajo | Leq sin A.C. (dBA) | Nivel de reducción sonoro por el A.C. (dBA) | Leq con A.C. (dBA) | Límite máx permisible (dBA) | Cumple Norma |
| Supervisor tablero control | 73,8 | 15,4 | 66,5 | 70,0 | Si |
| Mecánico | 75,0 | 15,4 | 68,0 | 70,0 | Si |
| Electricista | 74,4 | 15,4 | 67,4 | 70,0 | Si |

Asimismo se pudo verificar la reducción del nivel sonoro en cada puesto de trabajo; para ello se puede ver los cálculos en el Anexo III., donde se muestra los resultados del acondicionamiento acústico en los diferentes puestos de trabajo como: supervisor de tablero de control, mecánico y electricista respectivamente. Las tablas muestran que el nivel de ruido emitido por el generador que llega a cada puesto de trabajo se encuentra por debajo del límite establecido (70 dBA),

con lo que se pudo comprobar que los diseños son óptimos y fiables para una posterior implementación.

En la Figura 3.20 se detalla gráficamente la reducción del nivel sonoro si se implementan los materiales descritos en el diseño y acondicionamiento acústico.

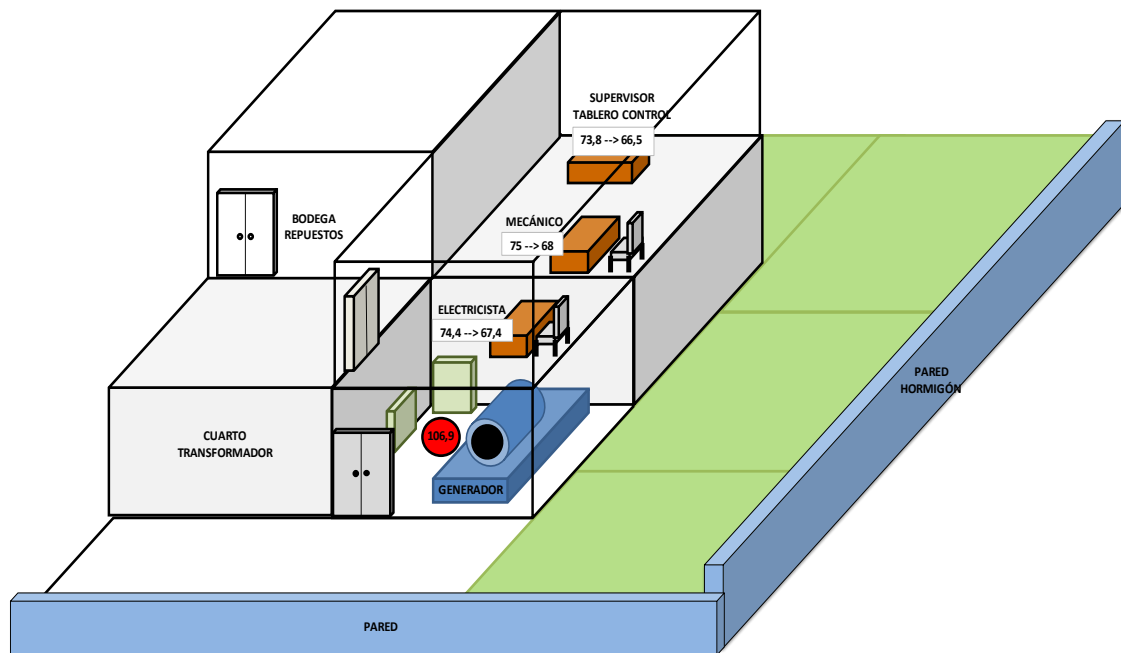


Figura 3.20. Reducción de los niveles de ruido en los puestos de trabajo acondicionados acústicamente

3.2.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR

El plan de mantenimiento preventivo del generador debe asegurar el correcto funcionamiento de la máquina con el fin de evitar problemas eléctricos y/o mecánicos que aumenten el nivel de ruido emitido.

El fabricante, mediante su manual de usuario, es quien define el plan de mantenimiento, mientras que el proveedor contratado por la empresa es quien ejecuta dicho plan; sin embargo, es fundamental dar un correcto seguimiento al trabajo de mantenimiento, sobre todo a los elementos sensibles de causar ruido si en algún momento presentan un desperfecto y/o no reciben mantenimiento.

La empresa Dipor S.A. por medio del Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional implementó un formato para el registro de mantenimiento del generador, en el mismo consta el control y verificación del mantenimiento de los elementos susceptibles de provocar ruido; así como el responsable del seguimiento. La Tabla 3.17 muestra el detalle de los últimos 6 mantenimientos realizados por la empresa Electroecuatoriana y verificados por el Jefe de Mantenimiento, donde se constató que los elementos sensibles han recibido un correcto mantenimiento y que funcionan correctamente bajo las condiciones dispuestas por Dipor S.A. mientras que la Figura 3.21 muestra la fotografía del personal realizando el mantenimiento al generador.



Figura 3.21. Personal en mantenimiento del generador

3.2.3 PLAN DE ROTACIÓN DEL PERSONAL

El objetivo del plan de rotación de personal en el Centro de Generación de Energía fue no sobrepasar los valores dictaminados en la norma que dispone 30 min como el tiempo máximo permitido de exposición para un nivel de 106,9 dBA.

Los trabajadores del Centro de Generación de Energía deben ejecutar actividades cotidianas mandatorias en el área del generador por un corto lapso de tiempo, razón por la cual se diseñó un plan de rotación mensual con el fin de disminuir el tiempo de exposición a ruido de cada trabajador a máximo 30 min.

Es importante destacar que el plan de rotación no sustituyó el acondicionamiento de los puestos de trabajo, sino resultó un complemento al distribuir el riesgo aún existente entre varios trabajadores, que han sido previamente evaluados y hallados aptos para desempeñar las tareas asignadas.

En este contexto se decidió establecer turnos rotativos para que la exposición se reduzca a la mitad, los mismos se pueden observar en la Tabla 3.18 donde se muestra el resultado de las semanas de trabajo para cada empleado a lo largo del mes.

Tabla 3.18. Cronograma de rotación del personal

| SEMANA TRABAJO | LUGAR DE TRABAJO | | | |
|-------------------|--------------------|--------------|--------------|------------------|
| | Turno matutino | | | Turno vespertino |
| | Tablero de Control | Mecánico | Electricista | |
| Semana 1 | Trabajador 1 | Trabajador 3 | Trabajador 5 | Trabajador 2 |
| | | | | Trabajador 4 |
| | | | | Trabajador 6 |
| Semana 2 | Trabajador 2 | Trabajador 4 | Trabajador 6 | Trabajador 1 |
| | | | | Trabajador 3 |
| | | | | Trabajador 5 |
| Semana 3 | Trabajador 1 | Trabajador 3 | Trabajador 5 | Trabajador 2 |
| | | | | Trabajador 4 |
| | | | | Trabajador 6 |
| Semana 4 | Trabajador 2 | Trabajador 4 | Trabajador 6 | Trabajador 1 |
| | | | | Trabajador 3 |
| | | | | Trabajador 5 |

A continuación la Tabla 3.19 muestra la bitácora condensada desde enero hasta marzo y se indica el número total de horas trabajadas por cada empleado en ese lapso de tiempo.

La bitácora que detalla semana a semana el tiempo de exposición de los trabajadores se la puede ver en el Anexo IV.

La Figura 3.22 muestra la comparación entre las horas trabajadas antes y después de la implementación del plan de rotación por cada uno de los colaboradores.

Tabla 3.19. Resultados de las horas trabajadas por puesto de trabajo dentro del área del generador

| HORAS TRABAJADAS DENTRO DEL ÁREA DEL GENERADOR | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------|---------|-------|-------|--------------|
| Nombre | Puesto de Trabajo | Meses | | | | Total |
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | |
| Trabajador 1 | Supervisor tab control | 5,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 20,5 |
| Trabajador 2 | Supervisor tab control | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 6,5 | 20,5 |
| Trabajador 3 | Mecánico | 5,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 20,5 |
| Trabajador 4 | Mecánico | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 6,5 | 20,5 |
| Trabajador 5 | Electricista | 5,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 20,5 |
| Trabajador 6 | Electricista | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 6,5 | 20,5 |

La Tabla 3.19 muestra que el tiempo de exposición se distribuyó entre más trabajadores, específicamente entre los dos turnos de tal manera que la exposición mensual no sobrepasó el límite máximo permisible que es de 10 h.

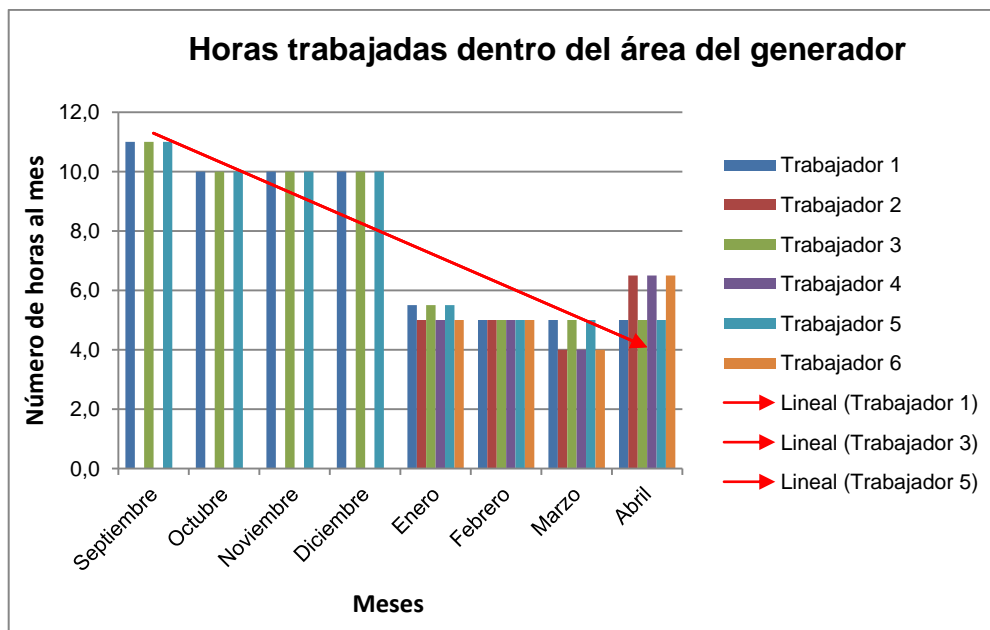


Figura 3.22. Comparación de las horas trabajadas dentro del área del generador para cada uno de los empleados del Centro de Generación de Energía

La Figura 3.22 indica el número de horas trabajadas por cada uno de los empleados antes de la implementación del plan de rotación (desde septiembre a diciembre) y después de la implementación del plan de rotación (desde enero a abril).

Los resultados muestran claramente que los empleados 1, 3 y 5, pertenecientes al turno de la mañana, antes de la implementación del plan de rotación sobrepasan las 10 horas mensuales dentro del área del generador; esto significa que están fuera del límite máximo permisible; sin embargo, los mismos empleados luego de la implementación del plan disminuyeron sustancialmente las horas trabajadas hasta quedar dentro del límite permisible.

Por otro lado, los empleados 2, 4 y 6 del grupo de la tarde y noche, antes de la implementación del plan no tenían que realizar actividades dentro del área del generador; por tal razón se ejecutó el plan de rotación con el fin de repartir la exposición entre todos los empleados de ambos turnos de tal manera que se baje el número de horas trabajadas para el turno de la mañana y se aumente el número de horas para el turno de la tarde y noche. Cabe recalcar que luego de la

implementación del plan de rotación, ninguno de los 2 turnos sobrepasa el límite máximo permisible de 10 h.

3.2.4 PLAN DE CAPACITACIÓN

La capacitación es fundamental para obtener los resultados esperados en el proyecto ya que ayuda a sensibilizar al personal sobre el riesgo físico al que están expuestos y los roles que desempeñan, tanto la empresa como cada uno de los colaboradores para minimizar el riesgo a niveles tolerables.

La implementación del plan de capacitación continua de seguridad industrial y salud ocupacional para el personal del Centro de Generación de Energía, tuvo como base evitar enfermedades profesionales a causa del ruido y las diferentes técnicas de control implementadas por parte de la empresa para brindar seguridad y enfatizar el compromiso de la empresa con los trabajadores.

3.2.4.1 Programa de capacitación

El programa de capacitación se lo ejecutó dentro de 5 meses (Noviembre – Marzo); en el mismo se trataron los temas relacionados al control de ruido dentro del Centro de Generación de Energía. La Tabla 3.20 muestra el cronograma de capacitación diseñado desde noviembre hasta marzo.

Tabla 3.20. Cronograma de capacitación

| TEMAS | MESES | | | | |
|--|-------|-----|-----|-----|-----|
| | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar |
| Efectos físicos y psicológicos del ruido en la salud | X | | | | |
| Hipoacusia y trauma acústico | | X | | | |
| Medidas de control de ruido implementadas por la empresa | | | X | | |
| Protectores auditivos | | | | X | |
| Exposición a ruido fuera de la jornada laboral | | | | | X |

El plan de capacitación debió mantener un seguimiento adecuado por parte del Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional, miembros del Comité Paritario de Seguridad y Salud Ocupacional y el Coordinador de Desarrollo Organizacional con el fin de controlar su realización y cumplimiento de los objetivos programados.

3.2.4.2 Registro de asistencia

Para poder verificar la asistencia de los trabajadores y el cumplimiento al cronograma de capacitación, se implementó un formato que se lo llenó y firmó cada vez que se efectuó una capacitación con el propósito de respaldar físicamente la asistencia a las charlas.

La Figura 3.23 muestra el porcentaje de asistencia a las charlas impartidas por el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional hacia los trabajadores del Centro de Generación de Energía.

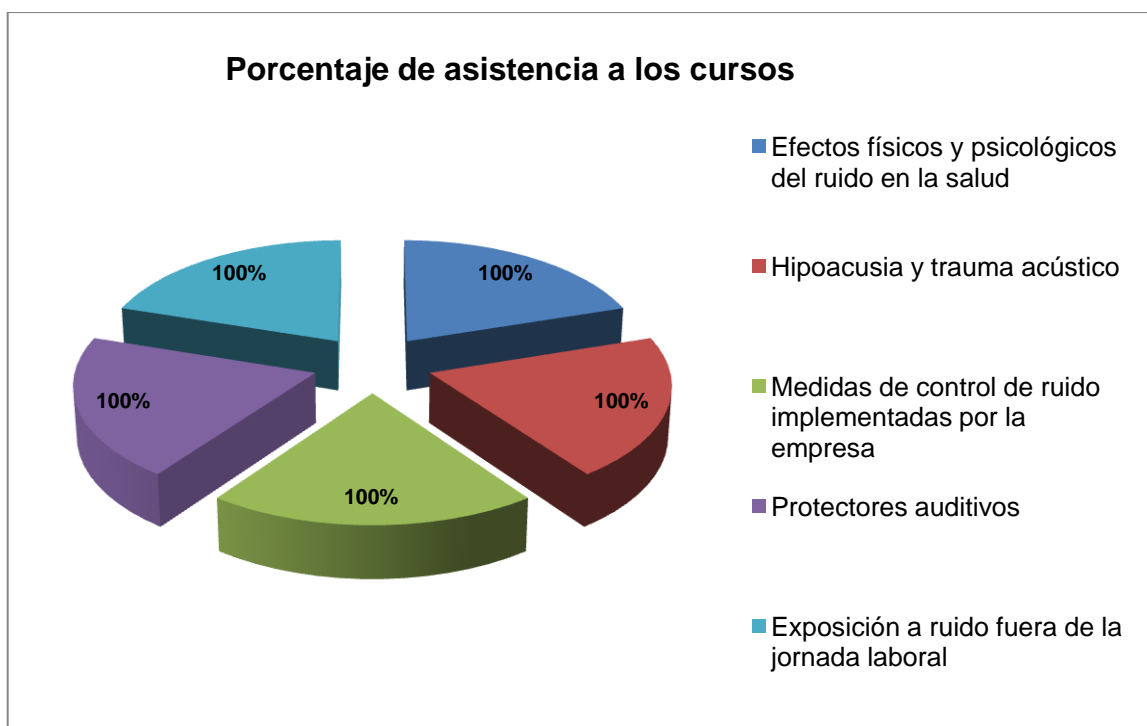


Figura 3.23. Porcentaje de asistencia a los cursos de seguridad y salud ocupacional

3.2.4.3 Resultados de las evaluaciones de los cursos

Fue importante evaluar el nivel de comprensión y entendimiento de los trabajadores mediante pruebas escritas, de tal manera que se pueda verificar que los trabajadores adquirieron los conocimientos esperados y que se cumplieron con los objetivos definidos en el plan.

A continuación la Tabla 3.21 muestra los resultados de las evaluaciones de las charlas y cursos dictados:

Tabla 3.212. Promedio de calificaciones de los cursos sobre ruido del personal del Centro de Generación de Energía

| PROMEDIO DE CALIFICACIONES DE LOS CURSOS | | | | | |
|---|--|------------------------------|--|-----------------------|--|
| Promedios | Charlas | | | | |
| | Efectos físicos y psicológicos del ruido en la salud | Hipoacusia y trauma acústico | Medidas de control de ruido implementadas por la empresa | Protectores auditivos | Exposición a ruido fuera de la jornada laboral |
| Promedio de cada curso | 8,2 | 7,9 | 8,2 | 7,8 | 8,3 |
| Promedio general de todos los cursos | 8,1 | | | | |

La Tabla 3.21 muestra que el promedio general de todos los cursos recibidos a lo largo de las diferentes charlas tiene una ponderación de “buena”, es decir, se puede asegurar que el nivel de entendimiento de los colaboradores es aceptable y que van a ejecutar los conocimientos dentro de sus labores normales.

3.2.5 IMPLEMENTACIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS

Debido a que el nivel de ruido en el área del generador es alto, resulta necesario que todas las personas que ingresan a esta área deben utilizar equipos de protección personal de manera obligatoria.

Una vez que se decidió el tipo, se analizó la atenuación por banda de octava que ofrecen ciertos protectores auditivos que existen en el mercado, con el fin de verificar si son idóneos o no para el tipo de ruido existente en el ambiente. La Tabla 3.22 muestra la comparación realizada entre diferentes protectores auditivos.

Tabla 3.22. Comparación de la atenuación sonora estimada de distintos protectores

| | | Frecuencia (Hz) | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Modelos de Auriculares | Peltor H7A | 12,5 | 22,5 | 32,9 | 32,2 | 34,3 | 34,3 | 30,2 |
| | Bilsom V3 | 18,5 | 20,8 | 27,6 | 31,5 | 35,6 | 35,1 | 31,0 |
| | Pinkie | 14,1 | 16,9 | 23,2 | 27,1 | 28,4 | 31,8 | 28,0 |

Después de todo el análisis previo para la elección del protector auditivo idóneo para el tipo de ruido en el área del generador, se eligieron los protectores auditivos tipo auricular Bilsom V3. Estos protectores son de características aceptables para el óptimo confort de los trabajadores en uso prolongado y tienen una atenuación considerable en las frecuencias de 2 000 Hz y 4 000 Hz que son donde el oído humano es más sensible. Están compuestos de lana mineral de alta absorción en las copas para incrementar la atenuación en altas frecuencias. El arco posee almohadillas de espuma gruesa para evitar cualquier malestar en la parte superior de la cabeza de los trabajadores.

Una ventaja refiere a que los protectores auditivos están hechos con materiales dieléctricos, lo que garantiza su idoneidad para el área evaluada. En las Figuras 3.24 y 3.25 se puede apreciar el protector auditivo elegido y la curva de atenuación del protector.



Figura 3.24. Protector Auditivo Tipo Auricular Marca Bilson, Modelo V3

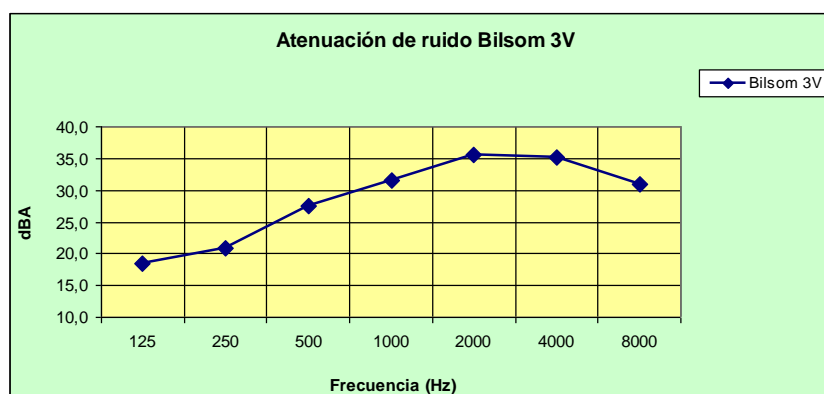


Figura 3.25. Gráfico de atenuación del Protector Auditivo Tipo Auricular Marca Bilson, Modelo V3
(Bilson, 2006, p. 2)

Para poder garantizar que el nivel de ruido emitido por el generador y que le llega al trabajador se ha visto atenuado por el protector auditivo elegido, fue indispensable realizar un análisis espectral del ruido versus el nivel de atenuación del protector. La Tabla 3.23 muestra los resultados donde se puede evaluar la atenuación del protector auditivo por banda de octava en el área evaluada:

Tabla 3.23. Valores de atenuación del protector auditivo para el área del “Generador”

| MÉTODO DE ANÁLISIS ESPECTRAL PARA SELECCIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|--------------|--|------|-------|------|------|-------------|
| Frecuencia (Hz) | 63,5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 3,15k | 4k | 6,3k | 8k |
| NPS (dBA) | 61,1 | 75,8 | 94,8 | 101,5 | 103,9 | 95,8 | 93,0 | 90,2 | 87,0 | 82,1 |
| Atenuación de orejeras (Peltor Optime 101) | | 18,5 | 20,8 | 27,6 | 31,5 | 35,6 | 34,7 | 34,3 | 33,4 | 30,2 |
| Desviación Standard | | 3,0 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 2,6 | 2,8 | 3,2 | 2,7 | 3,9 |
| 2 Desviación Standard | | 6,0 | 4,0 | 4,8 | 5,6 | 5,2 | 5,6 | 6,4 | 5,4 | 7,8 |
| Nivel de ruido estimado bajo el protector (dBA) | 61,1 | 60,3 | 76,0 | 76,3 | 75,2 | 62,8 | 61,1 | 59,1 | 56,3 | 55,8 |
| Leq Ruido emitido por el generador (dBA) | | | | 106,9 | Nivel de ruido estimado bajo el protector (dBA) | | | | | 80,9 |

De igual manera, para comprobar la atenuación de los protectores, se realizó el análisis mediante el método NRR (Noise Reduction Rating). En el cálculo de este método se utilizó el valor NRR dBA de los protectores, el mismo que mediante la ecuación 2.10 se lo restó del Leq dBA emitido por el generador. La Tabla 3.24 muestra los resultados obtenidos de la aplicación del método.

Tabla 3.24. Valores obtenidos del método NRR de atenuación del protector auditivo para el área del “Generador”

| Valores | PUESTO DE TRABAJO |
|--|-------------------|
| | Generador |
| Leq (dBA) | 106,9 |
| Atenuación del auricular (NRR) | 29,0 |
| Nivel de ruido estimado bajo el protector (dBA) | 77,9 |

Como se puede ver en las Tablas 3.23 y 3.24, los protectores auditivos Bilsom V3 ofrecen una atenuación suficiente para reducir el nivel de ruido a valores aceptables (< 85 dBA) en el área del generador; con lo que se pudo garantizar el cumplimiento de las normas vigentes la reducción a niveles tolerables del riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido. En la Figura 3.26 se puede apreciar un registro fotográfico del personal colocado los protectores auditivos.



Figura 3.26. Imagen del personal utilizando el protector auditivo Bilsom V3

3.2.6 IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALES DE SEGURIDAD

Una medida complementaria para el control de ruido fue la implementación de señales de seguridad, las mismas que fueron realizadas y colocadas según lo dispuesto en la norma INEN 439 que hace referencia a las señales y símbolos de seguridad.

Dentro del Centro de Generación de Energía, se dispuso la implementación de señales de seguridad para obligar la utilización de protectores auditivos.

La Tabla 3.25 muestra los lugares donde se implementaron los pictogramas, mientras que la Figura 3.27 muestra el diseño del pictograma:

Tabla 3.25. Lugares donde se implementaron las señales de seguridad

| Área de trabajo | Tipo de señal | Dimensiones | Colores |
|----------------------------------|---|--------------|--|
| Ingreso área generador eléctrico | Obligación de usar protector para los oídos | 19,5 x 25 cm | Fondo azul y el texto o símbolo de seguridad serán blancos |
| Ingreso cuarto transformadores | Obligación de usar protector para los oídos | 19,5 x 25 cm | Fondo azul y el texto o símbolo de seguridad serán blancos |
| Ingreso bodega materiales | Obligación de usar protector para los oídos | 19,5 x 25 cm | Fondo azul y el texto o símbolo de seguridad serán blancos |

Las señales se instalaron a una altura promedio de 1,9 m y en una posición apropiada en relación al ángulo visual de los trabajadores que ingresan a las diferentes áreas.

Los lugares donde se colocaron las señales están bien iluminadas y fácilmente visibles; además, las señales de seguridad son reflectivas lo que facilita su visualización en la noche y con poca luz.



Figura 3.27. Pictograma de la señal de obligatoriedad utilizado

3.3 RESULTADOS DE LAS AUDIOMETRÍAS

Para verificar el estado de la salud auditiva de los trabajadores que realizan actividades en el Centro de Generación de Energía, se realizaron audiometrías en el mes de noviembre previo a la implementación de medidas de prevención y control de ruido.

Las audiometrías fueron realizadas por un laboratorio especializado y sirvieron como base para verificar el estado de salud auditiva de cada uno de los trabajadores y determinar si eran aptos o no para el puesto de trabajo.

Los resultados obtenidos como los índices ELI (Early Loss Index) y SAL (Speech Average Loss), permitieron cuantificar si los trabajadores tenían o no pérdida auditiva.

Los resultados de las audiometrías de inicio realizadas en noviembre así como los índices de valoración para cada trabajador se describen a continuación; además,

los cálculos con lo que se obtuvieron los índices para cada trabajador se presentan en el Anexo V:

1. La Tabla 3.26 y la Figura 3.28 muestran los resultados de la audiometría realizada al Trabajador 1, quien se desempeña como supervisor de tablero de control.

Tabla 3.26. Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 1

| RESULTADOS AUDIOMETRÍA | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Índice de Pérdida Precoz (ELI) | Índice SAL (Speech Average Loss) | Pérdida Monoaural | Pérdida Binaural |
| Oído derecho | Normal | Casi Normal | 1,9 % | 1,6 % |
| Oído Izquierdo | Normal | Casi Normal | 0,0 % | |
| Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | | |

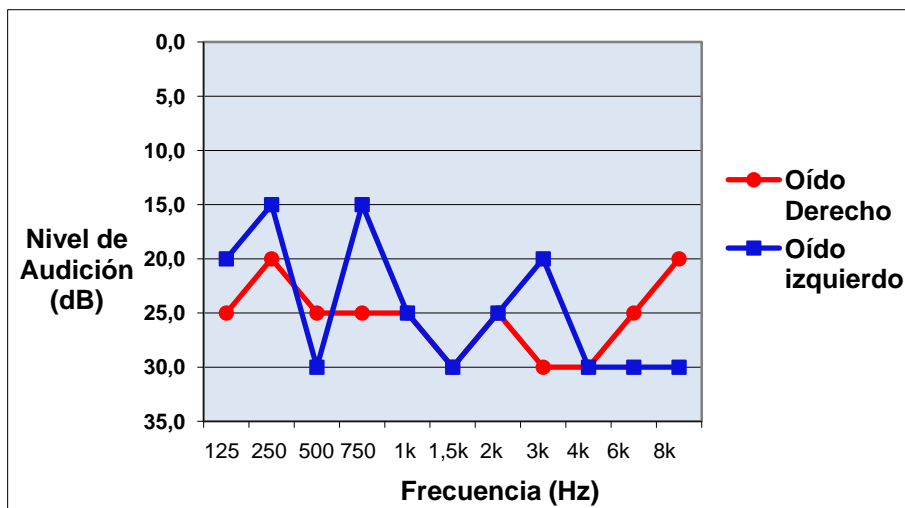


Figura 3.28. Curva audiométrica del Trabajador 1

La Tabla 3.26 y Figura 3.28 muestran que los resultados obtenidos en la audiometría del trabajador 1 se encuentra dentro de los parámetros normales tanto en su oído derecho como izquierdo; por tal razón y bajo el criterio del

servicio médico de empresa, se encuentra apto para ejecutar las actividades dentro del Centro de Generación de Energía siempre y cuando se les proteja de tal manera que no se vea deteriorada su audición a causa del ruido.

- La Tabla 3.27 y la Figura 3.29 muestran los resultados de la audiometría realizada al trabajador 2, quien se desempeña como supervisor de tablero de control.

Tabla 3.27. Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 2

| RESULTADOS AUDIOMETRÍA | | | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Índice de Pérdida Precoz (ELI) | Índice SAL (Speech Average Loss) | Pérdida Monoaural | Pérdida Binaural |
| Oído derecho | Normal | Normal | 0,0 % | 0,0 % |
| Oído Izquierdo | Normal | Normal | 0,0 % | |
| Los dos oídos están dentro de los límites normales | | | | |

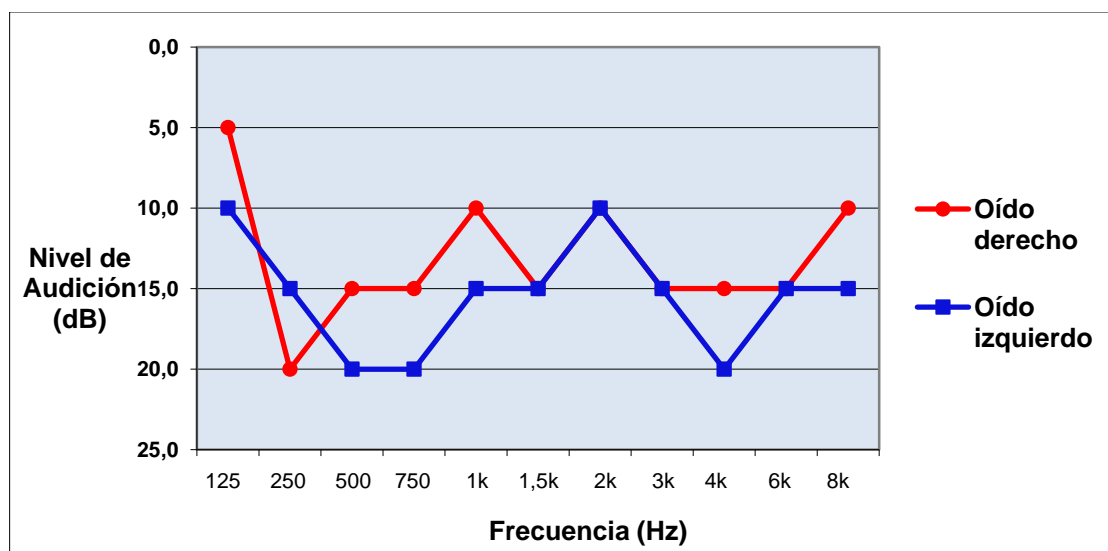


Figura 3.29. Curva audiométrica del Trabajador 2

La Tabla 3.27 y Figura 3.29 muestran que los resultados obtenidos en la audiometría del trabajador 2 se encuentra dentro de los parámetros normales tanto en su oído derecho como izquierdo; por tal razón y bajo el criterio del

servicio médico de empresa, se encuentra apto para ejecutar las actividades dentro del Centro de Generación de Energía siempre y cuando se les proteja de tal manera que no se vea deteriorada su audición a causa del ruido.

3. La Tabla 3.28 y la Figura 3.30 muestran los resultados de la audiometría realizada al trabajador 3, quien se desempeña como mecánico.

Tabla 3.28. Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 3

| RESULTADOS AUDIOMETRÍA | | | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Índice de Pérdida Precoz (ELI) | Índice SAL (Speech Average Loss) | Pérdida Monoaural | Pérdida Binaural |
| Oído derecho | Normal | Normal | 0,0 % | 0,0 % |
| Oído Izquierdo | Normal Buena | Normal | 0,0 % | |
| Los dos oídos están dentro de los límites normales | | | | |

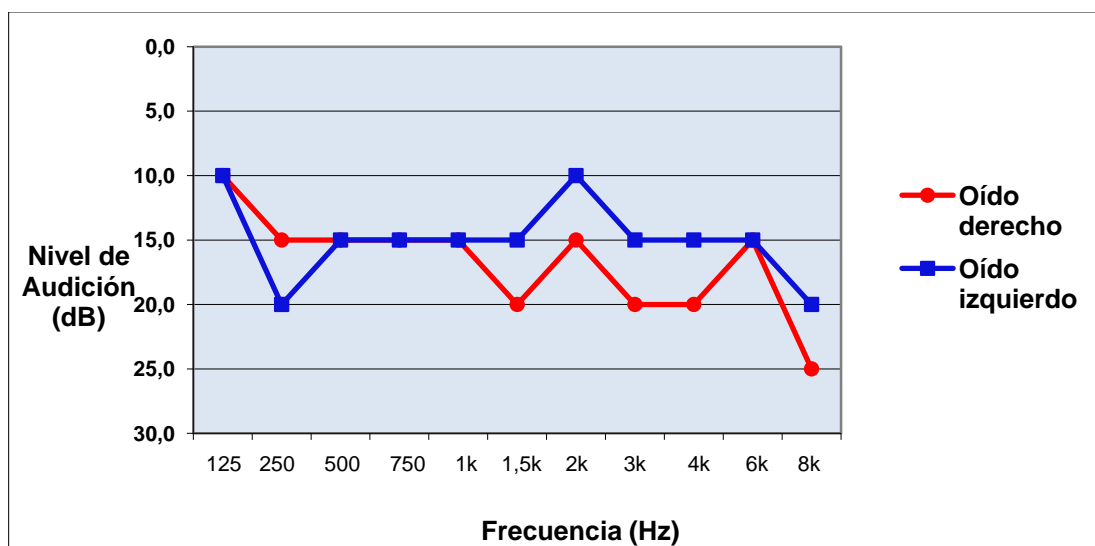


Figura 3.30. Curva audiométrica del Trabajador 3

La Tabla 3.28 y Figura 3.30 muestran que los resultados obtenidos en la audiometría del trabajador 3 se encuentra dentro de los parámetros normales tanto en su oído derecho como izquierdo; por tal razón y bajo el criterio del

servicio médico de empresa, se encuentra apto para ejecutar las actividades dentro del Centro de Generación de Energía siempre y cuando se les proteja de tal manera que no se vea deteriorada su audición a causa del ruido.

4. La Tabla 3.29 y la Figura 3.31 muestran los resultados de la audiometría realizada al trabajador 4, quien se desempeña como mecánico.

Tabla 3.29. Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 4

| RESULTADOS AUDIOMETRÍA | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Índice de Pérdida Precoz (ELI) | Índice SAL (Speech Average Loss) | Pérdida Monoaural | Pérdida Binaural |
| Oído derecho | Normal | Casi Normal | 0,0 % | 0,0 % |
| Oído Izquierdo | Normal Buena | Normal | 0,0 % | |
| Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | | |

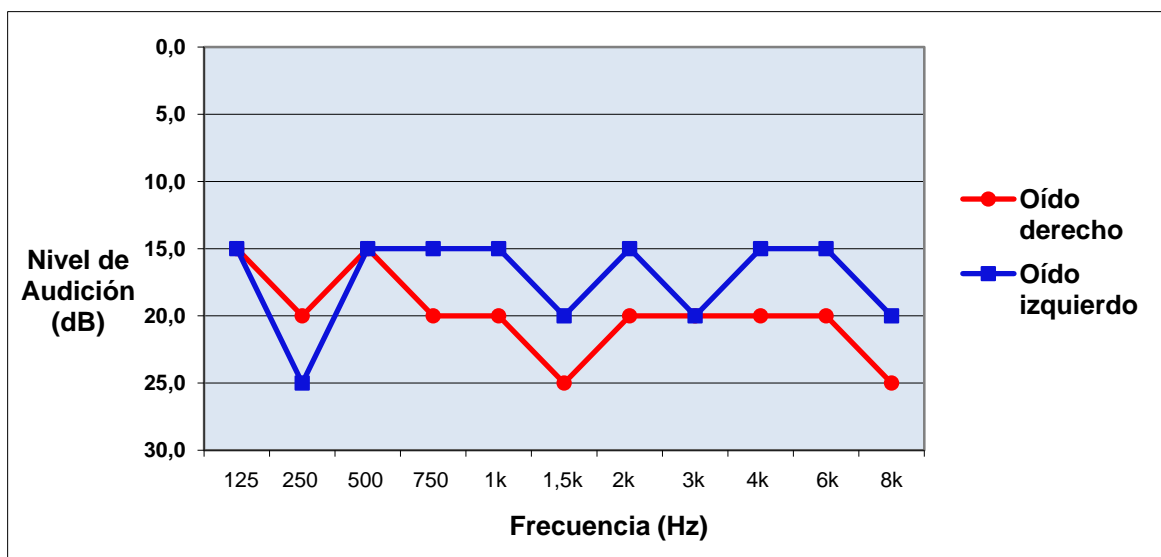


Figura 3.31. Curva audiométrica del Trabajador 4

La Tabla 3.29 y Figura 3.31 muestran que los resultados obtenidos en la audiometría del trabajador 4 se encuentra dentro de los parámetros normales tanto en su oído derecho como izquierdo; por tal razón y bajo el criterio del

servicio médico de empresa, se encuentra apto para ejecutar las actividades dentro del Centro de Generación de Energía siempre y cuando se les proteja de tal manera que no se vea deteriorada su audición a causa del ruido.

5. La Tabla 3.30 y la Figura 3.32 muestran los resultados de la audiometría realizada al trabajador 5, quien se desempeña como electricista.

Tabla 3.30. Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 5

| RESULTADOS AUDIOMETRÍA | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Índice de Pérdida Precoz (ELI) | Índice SAL (Speech Average Loss) | Pérdida Monoaural | Pérdida Binaural |
| Oído derecho | Normal | Casi Normal | 0,0 % | 0,0 % |
| Oído Izquierdo | Normal Buena | Casi Normal | 0,0 % | |
| Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | | |

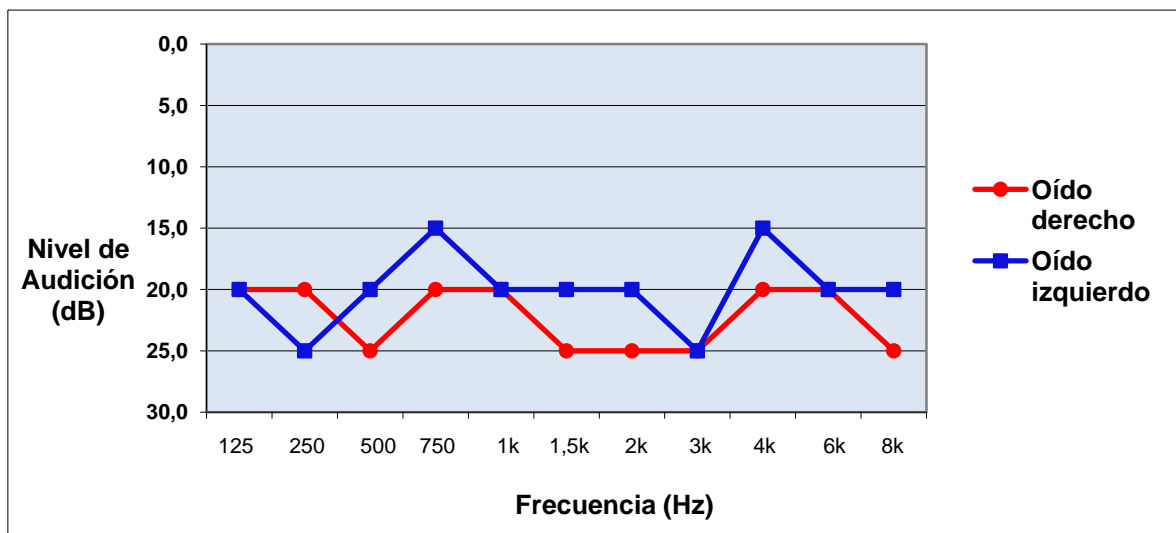


Figura 3.32. Curva audiométrica del Trabajador 5

La Tabla 3.30 y Figura 3.32 muestran que los resultados obtenidos en la audiometría del trabajador 5 se encuentra dentro de los parámetros normales tanto en su oído derecho como izquierdo; por tal razón y bajo el criterio del

servicio médico de empresa, se encuentra apto para ejecutar las actividades dentro del Centro de Generación de Energía siempre y cuando se les proteja de tal manera que no se vea deteriorada su audición a causa del ruido.

6. La Tabla 3.31 y la Figura 3.33 muestran los resultados de la audiometría realizada al trabajador 6, quien se desempeña como electricista.

Tabla 3.31. Resultados de la audiometría de inicio del Trabajador 6

| RESULTADOS AUDIOMETRÍA | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| | Índice de Pérdida Precoz (ELI) | Índice SAL (Speech Average Loss) | Pérdida Monoaural | Pérdida Binaural |
| Oído derecho | Normal Buena | Casi Normal | 0,0 % | 0,0 % |
| Oído Izquierdo | Normal | Casi Normal | 0,0 % | |
| Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | | |

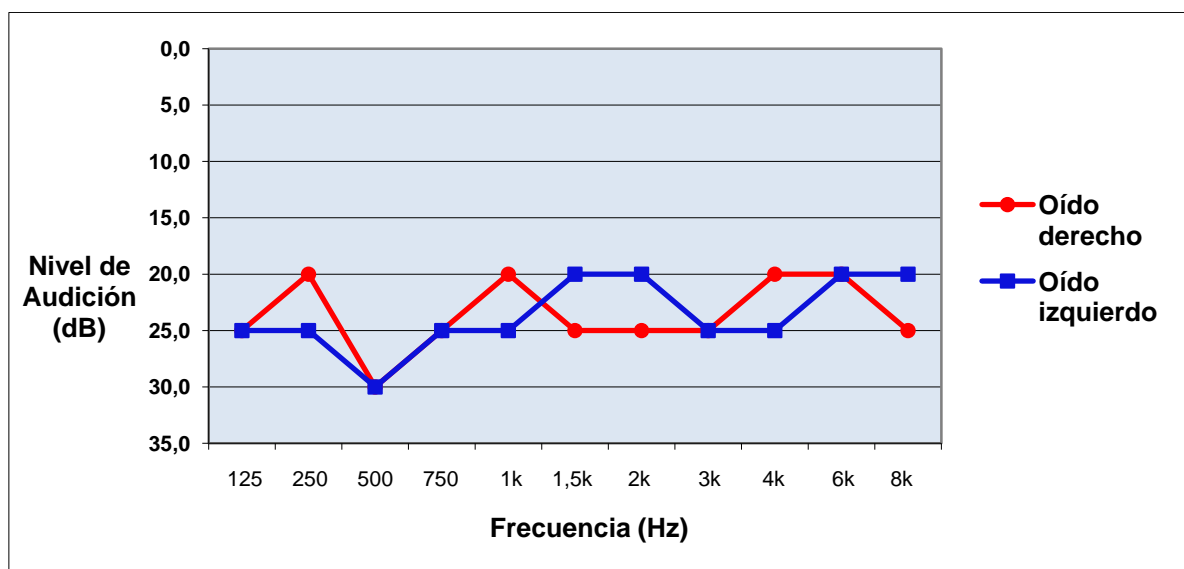


Figura 3.33. Curva audiométrica del Trabajador 6

La Tabla 3.31 y Figura 3.33 muestran que los resultados obtenidos en la audiometría del trabajador 6 se encuentra dentro de los parámetros normales tanto en su oído derecho como izquierdo; por tal razón y bajo el criterio del

servicio médico de empresa, se encuentra apto para ejecutar las actividades dentro del Centro de Generación de Energía siempre y cuando se les proteja de tal manera que no se vea deteriorada su audición a causa del ruido.

3.4 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE RUIDO IMPLEMENTADAS

Las medidas implementadas de prevención y control de ruido para el Centro de Generación de Energía y sus trabajadores debieron ser verificadas mediante diferentes métodos y técnicas, de tal manera que se garantice que no existirán enfermedades profesionales a lo largo del tiempo por causa del ruido.

3.4.1 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR

El generador fue periódicamente sometido a un mantenimiento de carácter preventivo, de tal manera que se garantice el correcto funcionamiento del mismo.

La empresa Electroecuatoriana fue la encargada de realizar los mantenimientos preventivos al generador durante los últimos 6 meses (Noviembre – Abril), de acuerdo con el cronograma establecido.

La manera de controlar si el mantenimiento es efectivo fue mediante el formato de control, el mismo que fue diseñado para verificar que los elementos sensibles de provocar ruido dentro del generador han recibido un correcto mantenimiento.

La Figura 3.34 muestra el porcentaje de cumplimiento de los trabajos efectuados a los elementos sensibles de provocar ruido antes y después de la implementación del plan.

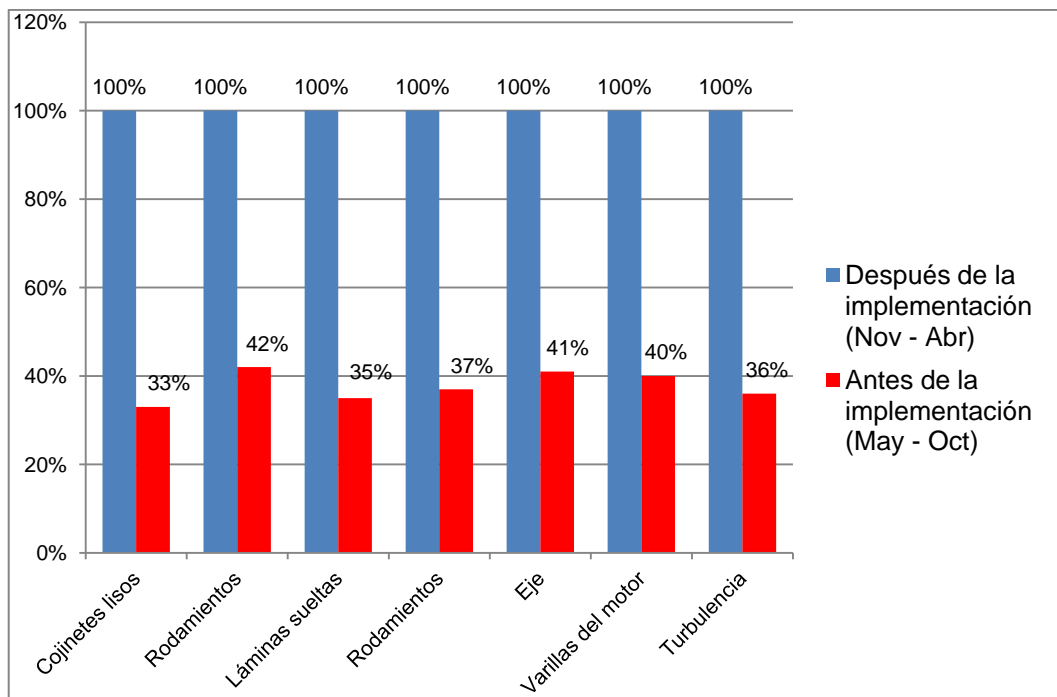


Figura 3.34. Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento a los elementos sensibles de provocar ruido del generador antes y después de la implementación del plan

3.4.2 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DEL PLAN DE ROTACIÓN DEL PERSONAL EXPUESTO

El plan de rotación del personal expuesto a ruido fue diseñado de tal manera que se reduzca el tiempo de exposición al nivel de ruido emitido por el generador.

El plan se basó en alternar los turnos de trabajo entre los 2 operarios de cada puesto de trabajo, los mismos que se rotan semanalmente para disminuir la exposición a la mitad.

Para verificar que los trabajadores cumplan con la disposición, se implementó una bitácora de registro de asistencia en el lugar de trabajo, con lo que se pudo comprobar que el trabajador estuvo o no en dicho lugar.

Los apuntes y firmas de la bitácora sirvieron para al final del mes verificar el tiempo de exposición que tuvo el trabajador en el área del generador y comprobar que el tiempo de exposición disminuyó a la mitad (5,5 h mensuales).

A continuación la Tabla 3.32 y la Figura 3.35 muestran el condensado de la bitácora de los últimos 8 meses, donde se aprecia el número de horas trabajadas antes y después de la implementación del plan:

Tabla 3.32. Horas trabajadas del personal dentro del Centro de Generación de Energía antes y después de la implementación del plan de rotación

| HORAS TRABAJADAS DENTRO DEL ÁREA DEL GENERADOR | | | | | | | |
|--|------------------------|--|----------------------|---------------------------|--|----------------------|---------------------------|
| Nombre | Puesto de Trabajo | Antes del plan de rotación (Sep – Dic 2013) | | | Después del plan de rotación (Ene – Abr 2014) | | |
| | | Horas trabajadas (Sep-Dic) | Horas máx permitidas | Cumple norma D.E. 2393 | Horas trabajadas (Ene-Abr) | Horas máx permitidas | Cumple norma D.E. 2393 |
| Marco Suintaxi | Supervisor tab control | 44 | 40 | NO | 22 | 40 | SI |
| Carlos Valverde | Supervisor tab control | 0 | 40 | SI | 22 | 40 | SI |
| Francisco Vallejo | Mecánico | 44 | 40 | NO | 22 | 40 | SI |
| Milton Alquina | Mecánico | 0 | 40 | SI | 22 | 40 | SI |
| Luis Navarrete | Electricista | 44 | 40 | NO | 22 | 40 | SI |
| Víctor Cacuango | Electricista | 0 | 40 | SI | 22 | 40 | SI |

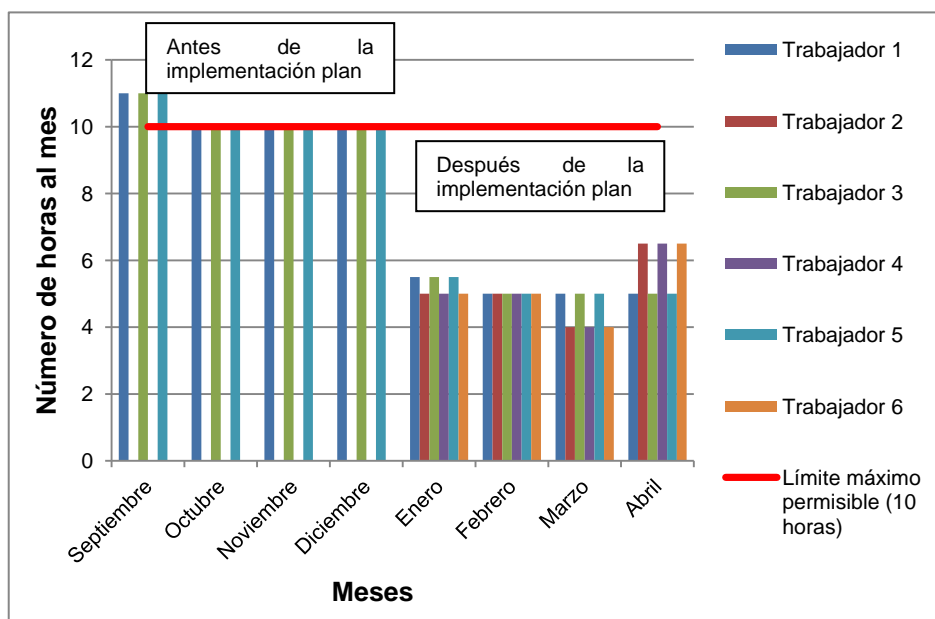


Figura 3.35. Comparación de las horas trabajadas antes y después de la implementación del plan de rotación del personal

Como se puede ver en la Tabla 3.32 y Figura 3.35 el tiempo de exposición a ruido dentro del área del generador se distribuyó de manera uniforme entre los trabajadores de los 2 turnos, con lo que se redujo el nivel de riesgo de pérdida de la audición y todos cumplen con la norma dictaminada por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393, máximo 10 horas al mes (Gobierno del Ecuador, 1986, p. 34).

3.4.3 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DEL PLAN DE CAPACITACIÓN

El plan de capacitación fue diseñado de tal manera que se lo cumpla en 5 meses, es decir desde noviembre hasta marzo.

El requisito para aprobar el plan era tener un promedio igual o mayor a 7 puntos sobre 10, caso contrario, tenían que repetir los cursos no aprobados.

La Figura 3.36 muestra el promedio general de los participantes en cada curso y hace énfasis en el puntaje mínimo para aprobar cada curso.

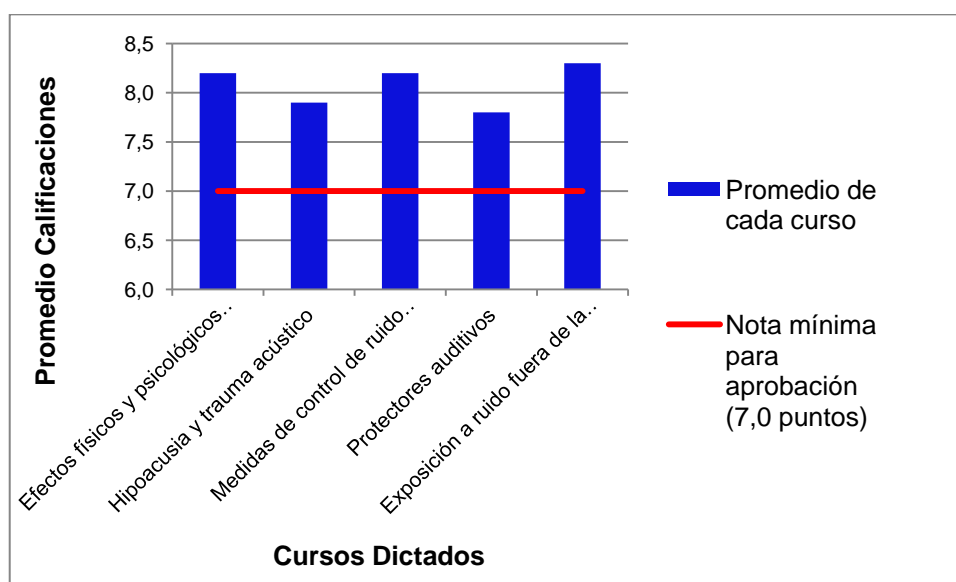


Figura 3.36. Comparación del promedio de calificaciones de los cursos sobre ruido del personal del Centro de Generación de Energía con la nota mínima para aprobar los cursos

Como se puede ver en la Figura 3.36, todos los trabajadores obtuvieron calificaciones mayores a 7,0 puntos, con lo que aprobaron los cursos establecidos dentro del programa de capacitación.

El promedio general del programa completo fue de 8,1 sobre 10,0; lo que significó que el nivel de entendimiento de cada tema es aceptable y se puede esperar que cada trabajador aplique los conocimientos adquiridos en los puestos de trabajo.

3.4.4 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS

En el área del generador, el nivel de ruido hace imprescindible el uso de protectores auditivos para la gente que ingresa a realizar cualquier tipo de actividad dentro del área.

Para esto se evaluaron algunos tipos de protectores auditivos existentes en el mercado de tal manera que se pudo definir que el protector auditivo tipo auricular marca Bilsom modelo V3 fue el idóneo para el tipo de ruido proveniente del generador y que envuelve el ambiente.

Para poder verificar que el nivel de ruido que recibe el trabajador con los protectores auditivos correctamente colocados es menor o igual a 85 dBA, se realizaron una serie de operaciones matemáticas con las que se pudo determinar que efectivamente, el nivel de ruido se veía atenuado gracias al uso de los protectores con lo que se minimiza a niveles tolerables el riesgo de pérdida de la audición.

A continuación se muestra en la Figura 3.37 una gráfica donde se puede observar que el nivel de ruido que le llega al receptor, colocado correctamente los auriculares, está por debajo del límite máximo de exposición (85 dBA):

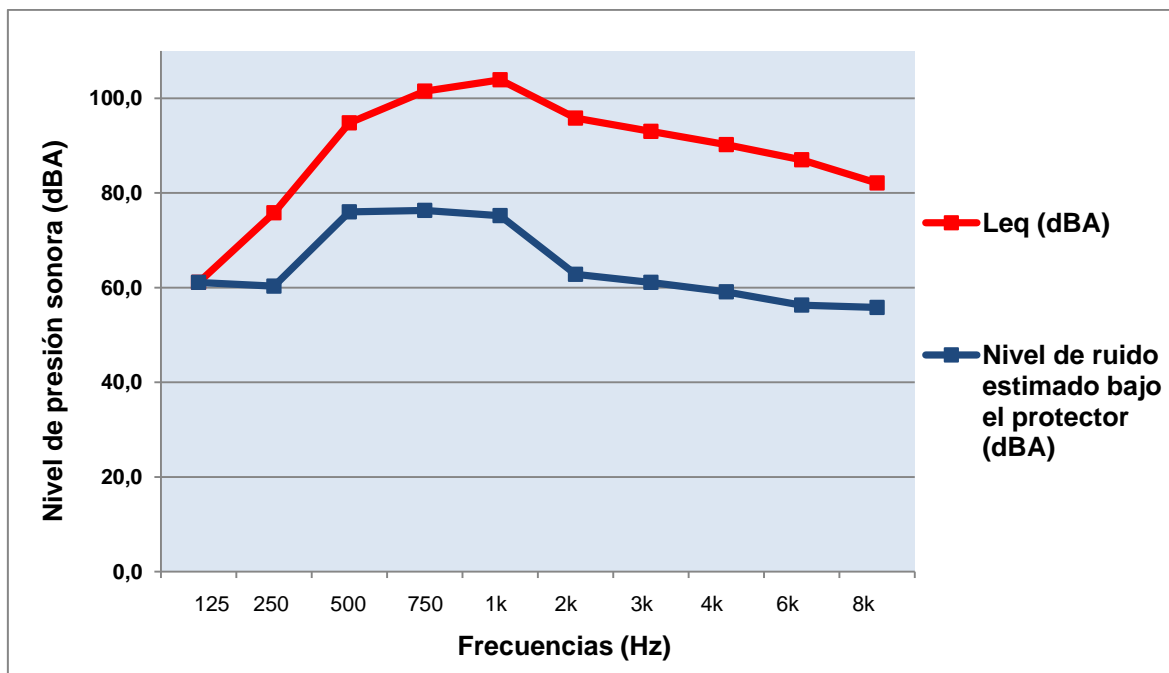


Figura 3.37. Gráfico de atenuación de ruido del protector Bilsom V3 con respecto al nivel de ruido emitido por el generador

Como se puede ver en la Figura 3.37, el nivel de ruido emitido es de 106,9 y el nivel de ruido estimado bajo el protector es de 80,9 dBA; lo que demuestra que el protector Bilsom V3 cumple su función de reductor de ruido hasta un nivel tolerable con lo que se minimizó el riesgo de pérdida de la audición.

Es importante que los protectores sean bien colocados para evitar filtraciones de ruido hacia el oído del trabajador.

3.4.5 VERIFICACIÓN DE LA EFICACIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALES DE SEGURIDAD

Como medida complementaria a las antes indicadas, se colocaron señales de obligatoriedad del uso de protectores auditivos en diferentes áreas del Centro de Generación de Energía.

Para poder evaluar y verificar el entendimiento correcto de dichas señales, se pidió, aleatoriamente, a gente de distintas áreas de la empresa que se acercan a

observar las señales y describan el significado de la señal observada y mencionen si ese tipo de señal era de obligatoriedad o advertencia.

Para poder garantizar que el resultado de la encuesta es válido, al menos el 70% de los entrevistados debían definir correctamente a la señal; es así que la Figura 3.38 muestra los resultados obtenidos.

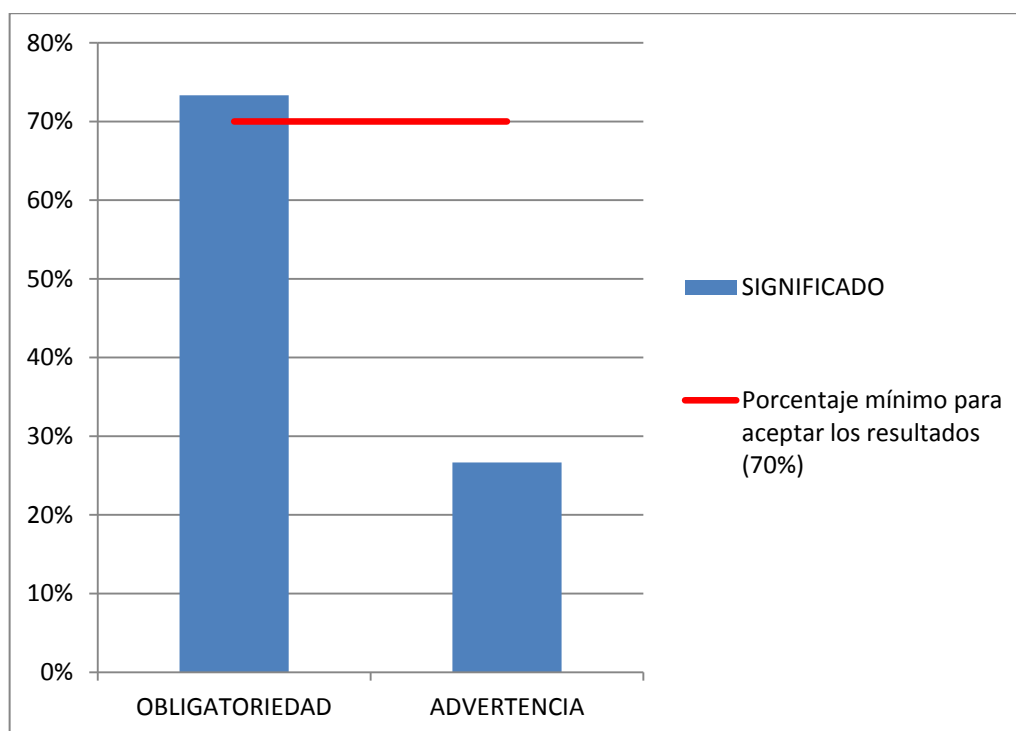


Figura 3.38. Comparación del porcentaje de entendimiento del tipo de señal con el mínimo requerido para aceptar los resultados de la encuesta

La Figura 3.38 muestra que las señales han sido entendidas correctamente por la mayoría de las personas de la empresa por lo que se puede confiar en que serán de utilidad para minimizar el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido en dicha área.

3.4.6 VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA SALUD AUDITIVA MEDIANTE AUDIOMETRÍAS

Un tema importante e indispensable de verificar fue el estado de la salud auditiva de los trabajadores expuestos a ruido y que trabajan en el Centro de Generación de Energía. Para tener un correcto análisis se ejecutaron unas nuevas audiometrías en el mes de marzo con el fin de observar y cuantificar cualquier tipo de variación en relación a la audiometría realizada en el pasado mes de noviembre.

A continuación se muestran los resultados de la comparación entre la primera y segunda audiometría para cada uno de los trabajadores:

1. La Tabla 3.33 muestra los resultados de la comparación de las audiometrías realizadas al trabajador 1 en los meses de noviembre y marzo; mientras que la Figura 3.39 y 3.40 muestran gráficamente las diferencias entre la primera y segunda audiometría para los oídos derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 3.33. Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 1

| RESULTADOS | | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| ÍNDICE | OÍDO DERECHO | | OÍDO IZQUIERDO | |
| | Noviembre | Marzo | Noviembre | Marzo |
| Early Loss Index (ELI) | C Normal | C Normal | C Normal | C Normal |
| Speech Average Loss (SAL) | B Casi Normal | B Casi Normal | B Casi Normal | B Casi Normal |
| Pérdida Monoaural | 1,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Pérdida Binaural | 1,6% | | 0,0% | |

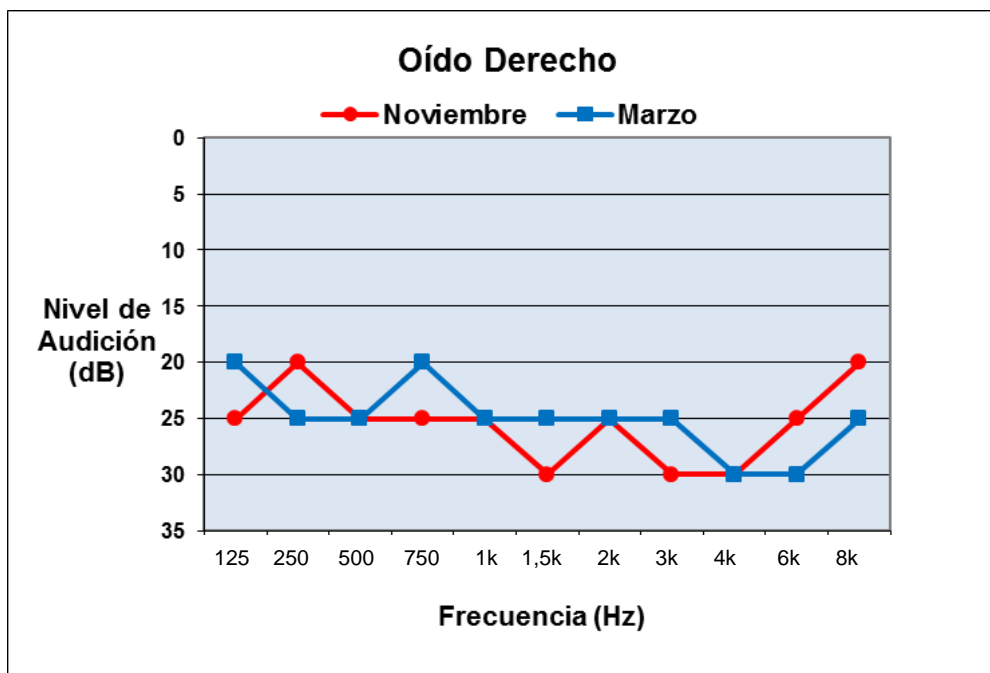


Figura 3.39. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 1 oído derecho

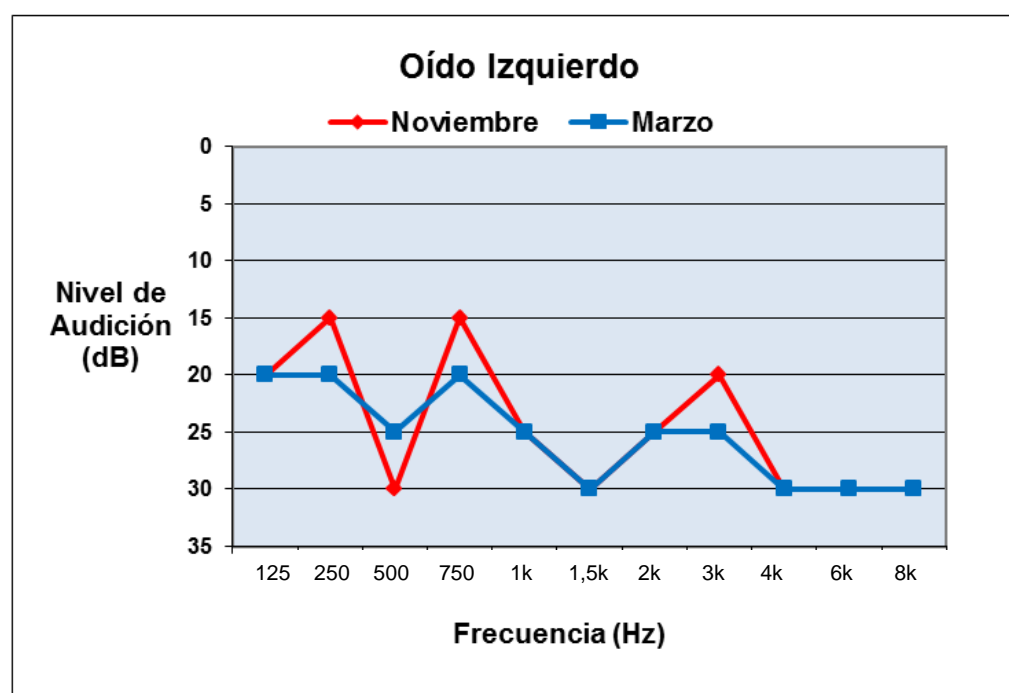


Figura 3.40. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 1 oído izquierdo

Como se puede observar en la Tabla 3.33 y Figuras 3.39 y 3.40, la variación entre la primera y segunda audiometría del trabajador 1 del Centro de Generación de Energía fue mínima.

Con estos resultados se pudo verificar que las medidas de control implementadas ayudaron a minimizaron a un nivel tolerable el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido.

2. La Tabla 3.34 muestra los resultados de la comparación de las audiometrías realizadas al trabajador 2 en los meses de noviembre y marzo; mientras que la Figura 3.41 y 3.42 muestran gráficamente las diferencias entre la primera y segunda audiometría para los oídos derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 3.34. Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 2

| RESULTADOS | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|---------------|
| ÍNDICE | OÍDO DERECHO | | OÍDO IZQUIERDO | |
| | Noviembre | Marzo | Noviembre | Marzo |
| Early Loss Index (ELI) | C Normal | C Normal | C Normal | C Normal |
| Speech Average Loss (SAL) | A Normal | A Normal | A Normal | B Casi Normal |
| Pérdida Monoaural | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Pérdida Binaural | 0,0% | | 0,0% | |

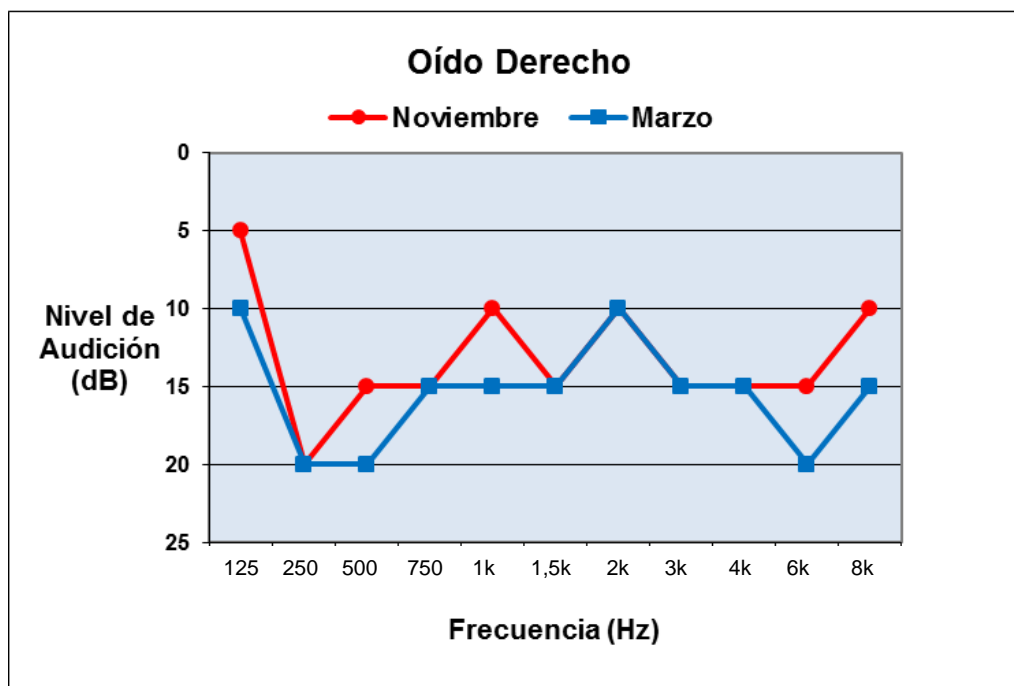


Figura 3.41. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 2 oído derecho

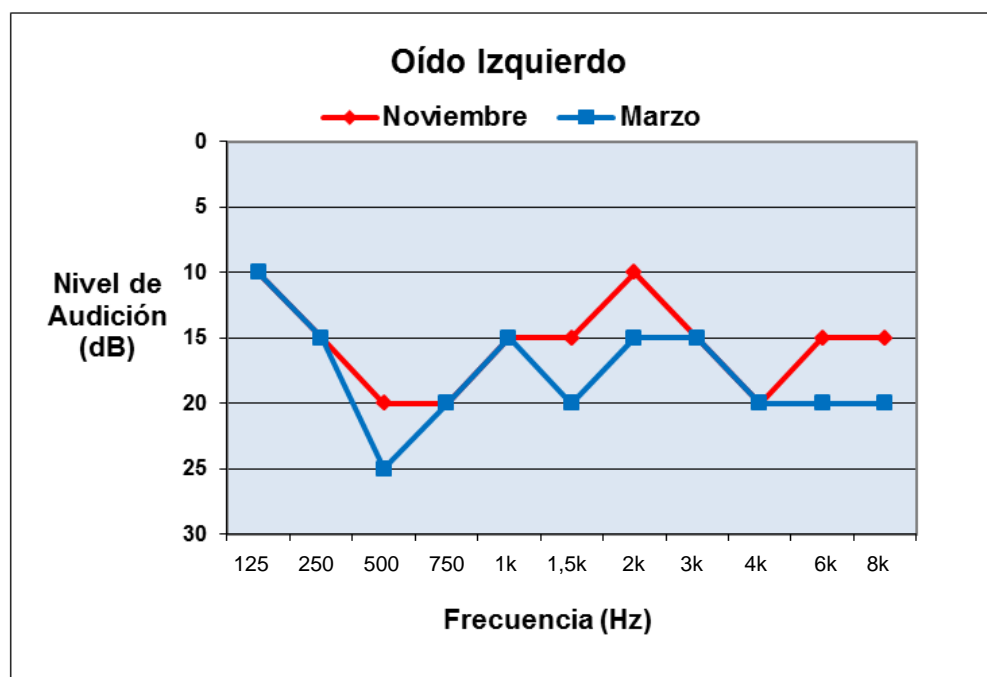


Figura 3.42. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 2 oído izquierdo

Como se puede observar en la Tabla 3.34 y Figuras 3.41 y 3.42, la variación entre la primera y segunda audiometría del trabajador 2 del Centro de Generación de Energía fue mínima.

Con esto se pudo verificar que las medidas de control implementadas ayudaron a minimizaron a un nivel tolerable el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido.

3. La Tabla 3.35 muestra los resultados de la comparación de las audiometrías realizadas al trabajador 3 en los meses de noviembre y marzo; mientras que la Figura 3.43 y 3.44 muestran gráficamente las diferencias entre la primera y segunda audiometría para los oídos derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 3.35. Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 3

| RESULTADOS | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|----------------|
| ÍNDICE | OÍDO DERECHO | | OÍDO IZQUIERDO | |
| | Noviembre | Marzo | Noviembre | Marzo |
| Early Loss Index (ELI) | C Normal | C Normal | A Normal buena | A Normal buena |
| Speech Average Loss (SAL) | A Normal | A Normal | A Normal | A Normal |
| Pérdida Monoaural | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Pérdida Binaural | 0,0% | | 0,0% | |

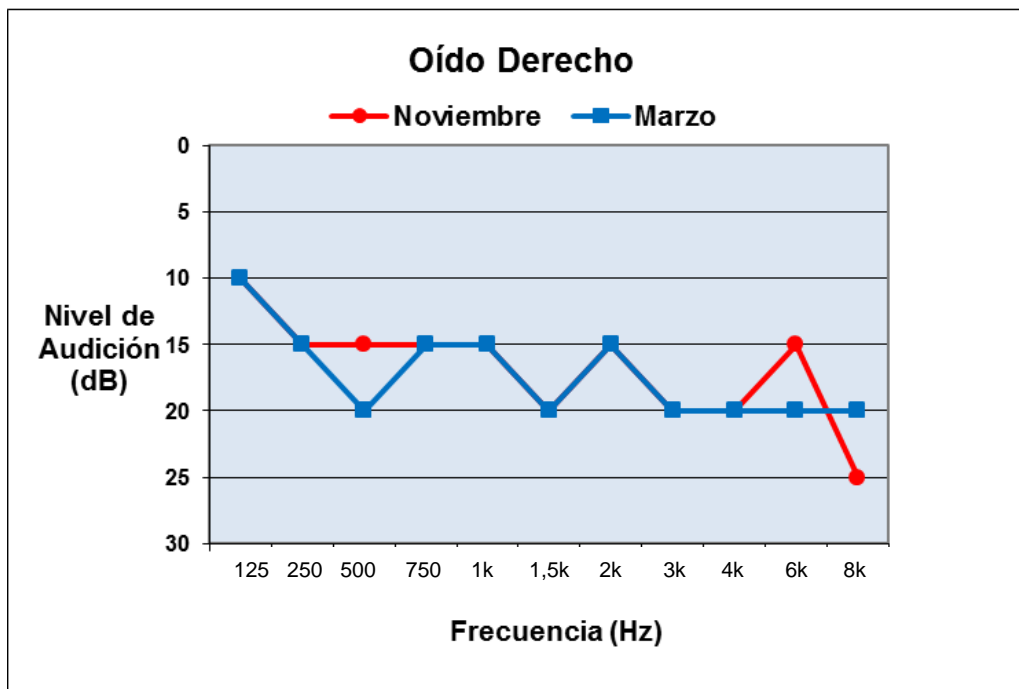


Figura 3.43. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 3 oído derecho

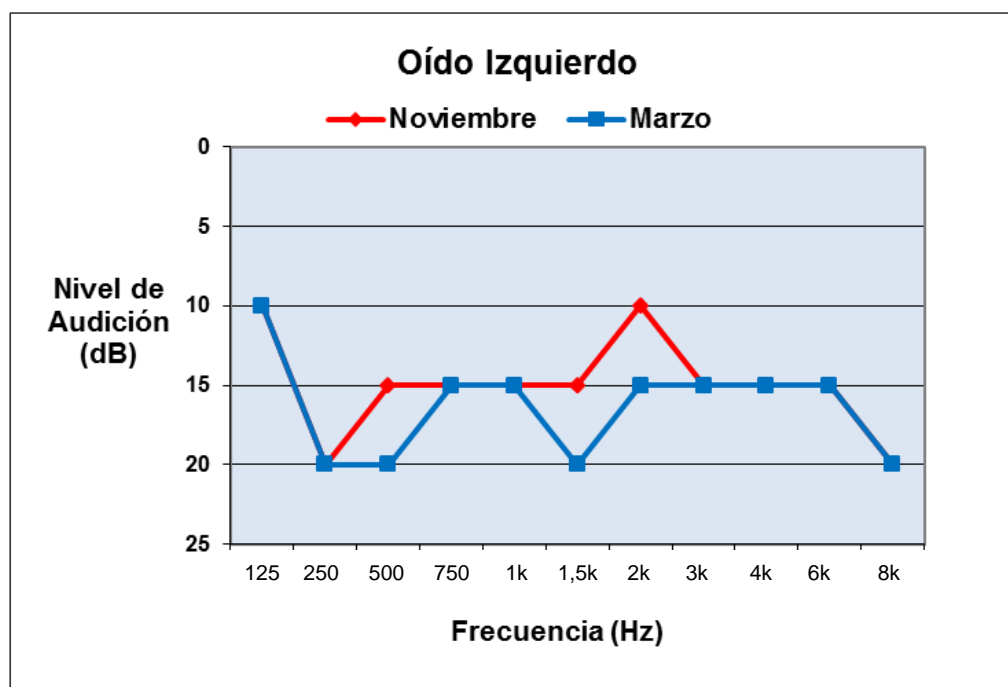


Figura 3.44. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 3 oído izquierdo

Como se puede observar en la Tabla 3.35 y Figuras 3.43 y 3.44, la variación entre la primera y segunda audiometría del trabajador 3 del Centro de Generación de Energía fue mínima.

Con esto se pudo verificar que las medidas de control implementadas ayudaron a minimizaron a un nivel tolerable el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido.

4. La Tabla 3.36 muestra los resultados de la comparación de las audiometrías realizadas al trabajador 4 en los meses de noviembre y marzo; mientras que la Figura 3.45 y 3.46 muestran gráficamente las diferencias entre la primera y segunda audiometría para los oídos derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 3.36. Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 4

| RESULTADOS | | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|----------------|
| ÍNDICE | OÍDO DERECHO | | OÍDO IZQUIERDO | |
| | Noviembre | Marzo | Noviembre | Marzo |
| Early Loss Index (ELI) | C Normal | C Normal | A Normal buena | A Normal buena |
| Speech Average Loss (SAL) | B Casi Normal | B Casi Normal | A Normal | A Normal |
| Pérdida Monoaural | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Pérdida Binaural | 0,0% | | 0,0% | |

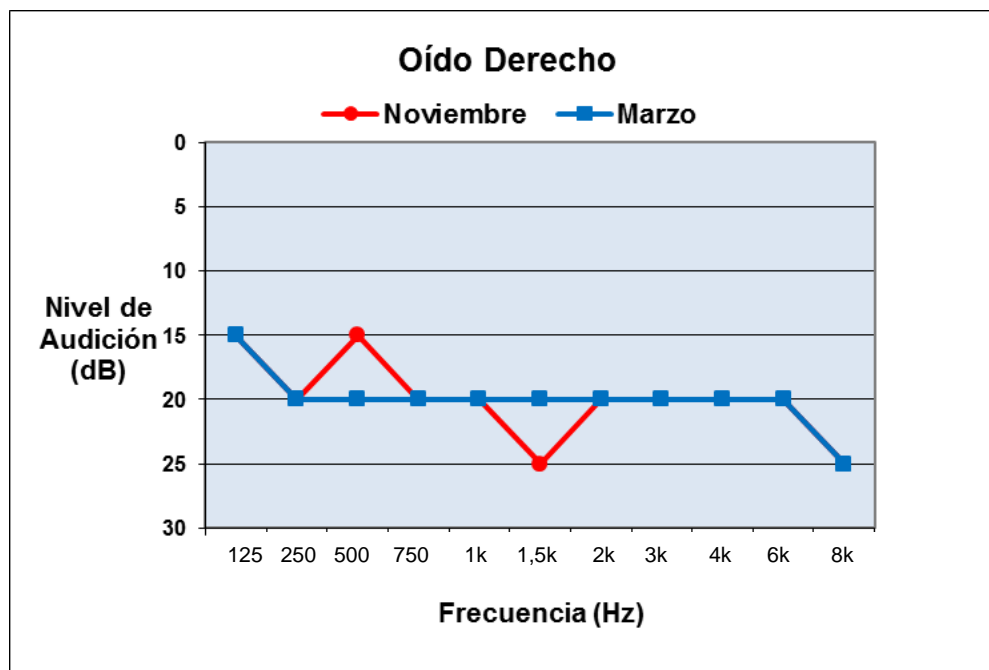


Figura 3.45. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 4 oído derecho

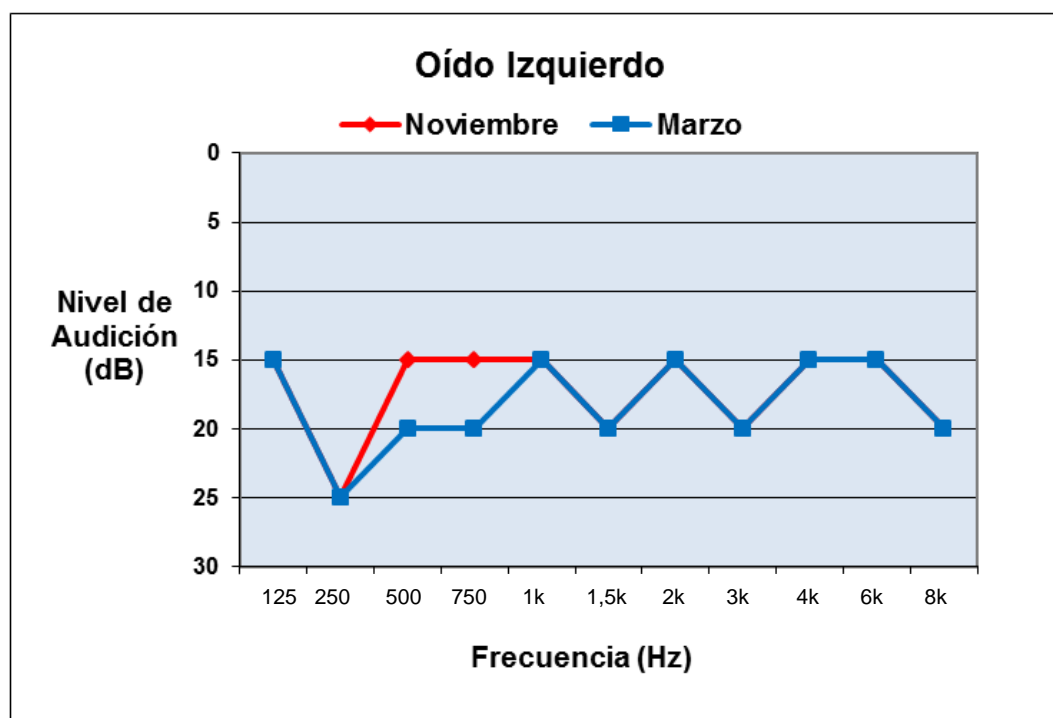


Figura 3.46. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 4 oído izquierdo

Como se puede observar en la Tabla 3.36 y Figuras 3.45 y 3.46, la variación entre la primera y segunda audiometría del trabajador 4 del Centro de Generación de Energía fue mínima.

Con esto se pudo verificar que las medidas de control implementadas ayudaron a minimizar el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido.

- La Tabla 3.37 muestra los resultados de la comparación de las audiometrías realizadas al trabajador 5 en los meses de noviembre y marzo; mientras que la Figura 3.47 y 3.48 muestran gráficamente las diferencias entre la primera y segunda audiometría para los oídos derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 3.37. Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 5

| RESULTADOS | | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|----------------|
| ÍNDICE | OÍDO DERECHO | | OÍDO IZQUIERDO | |
| | Noviembre | Marzo | Noviembre | Marzo |
| Early Loss Index (ELI) | C Normal | C Normal | A Normal buena | A Normal buena |
| Speech Average Loss (SAL) | B Casi Normal | B Casi Normal | B Casi Normal | B Casi Normal |
| Pérdida Monoaural | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Pérdida Binaural | 0,0% | | 0,0% | |

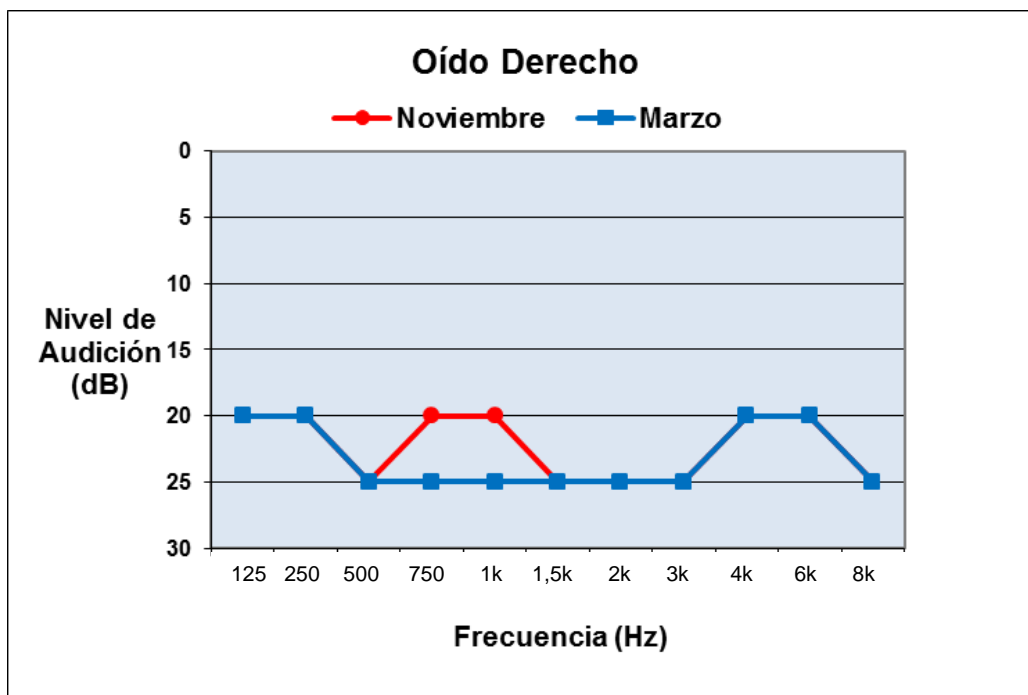


Figura 3.47. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 5 oído derecho

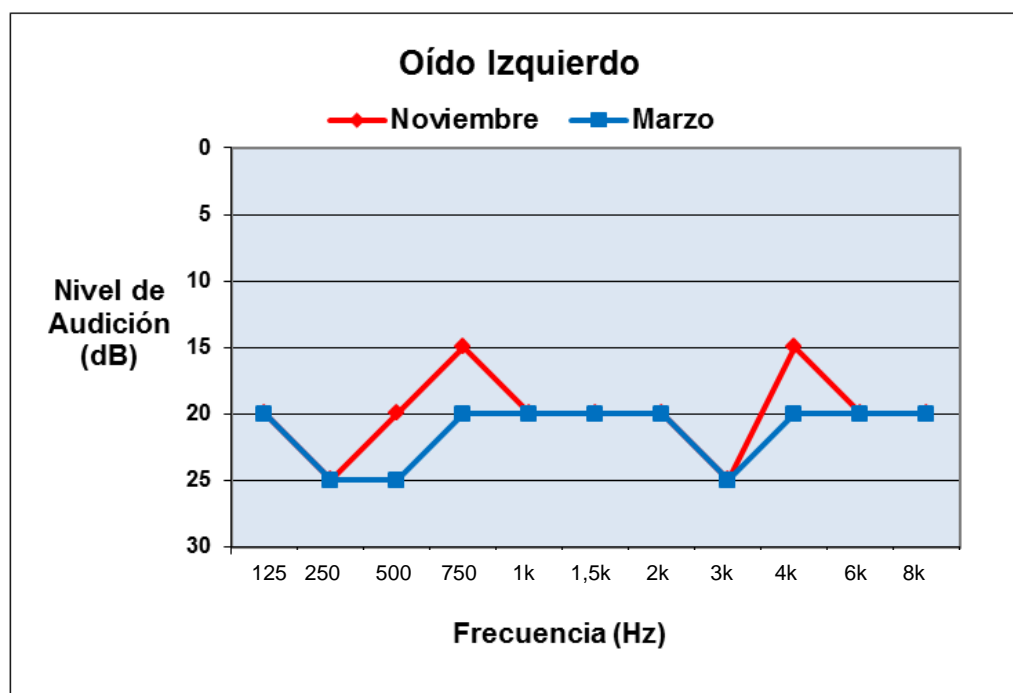


Figura 3.48. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 5 oído izquierdo

Como se puede observar en la Tabla 3.37 y Figuras 3.47 y 3.48, la variación entre la primera y segunda audiometría del trabajador 5 del Centro de Generación de Energía fue mínima.

Con esto se pudo verificar que las medidas de control implementadas ayudaron a minimizar el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido.

6. La Tabla 3.38 muestra los resultados de la comparación de las audiometrías realizadas al trabajador 6 en los meses de noviembre y marzo; mientras que la Figura 3.49 y 3.50 muestran gráficamente las diferencias entre la primera y segunda audiometría para los oídos derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 3.38. Comparación de los resultados de las audiometrías realizadas en noviembre y marzo al Trabajador 6

| RESULTADOS | | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|----------------|
| ÍNDICE | OÍDO DERECHO | | OÍDO IZQUIERDO | |
| | Noviembre | Marzo | Noviembre | Marzo |
| Early Loss Index (ELI) | C Normal | C Normal | A Normal buena | A Normal buena |
| Speech Average Loss (SAL) | B Casi Normal | B Casi Normal | B Casi Normal | B Casi Normal |
| Pérdida Monoaural | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Pérdida Binaural | 0,0% | | 0,0% | |

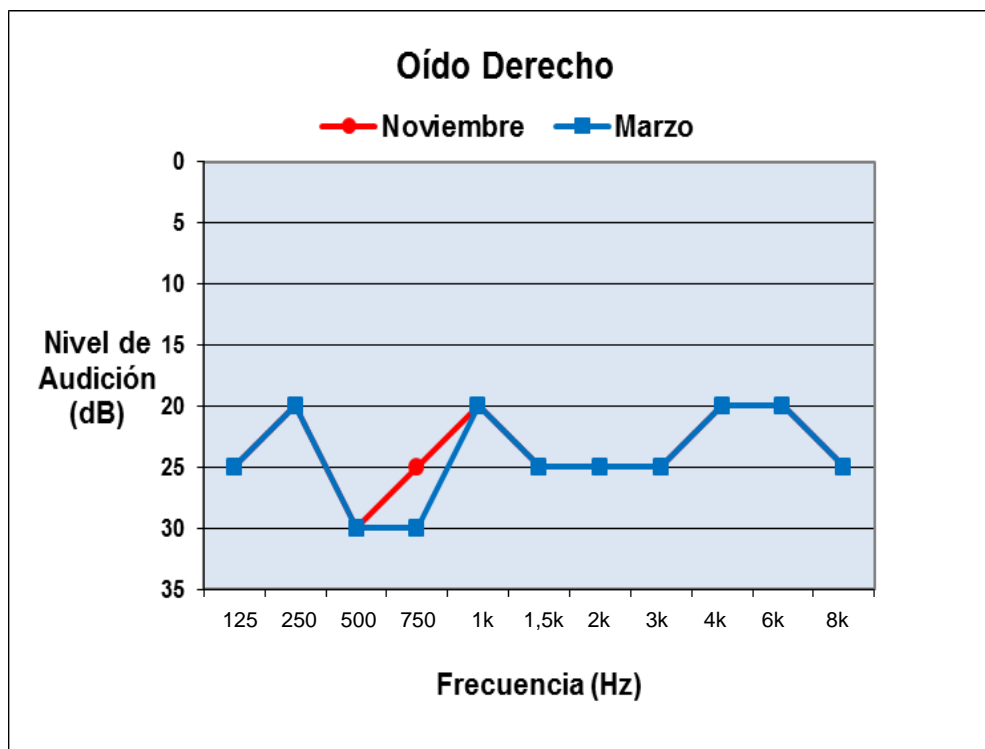


Figura 3.49. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 6 oído derecho

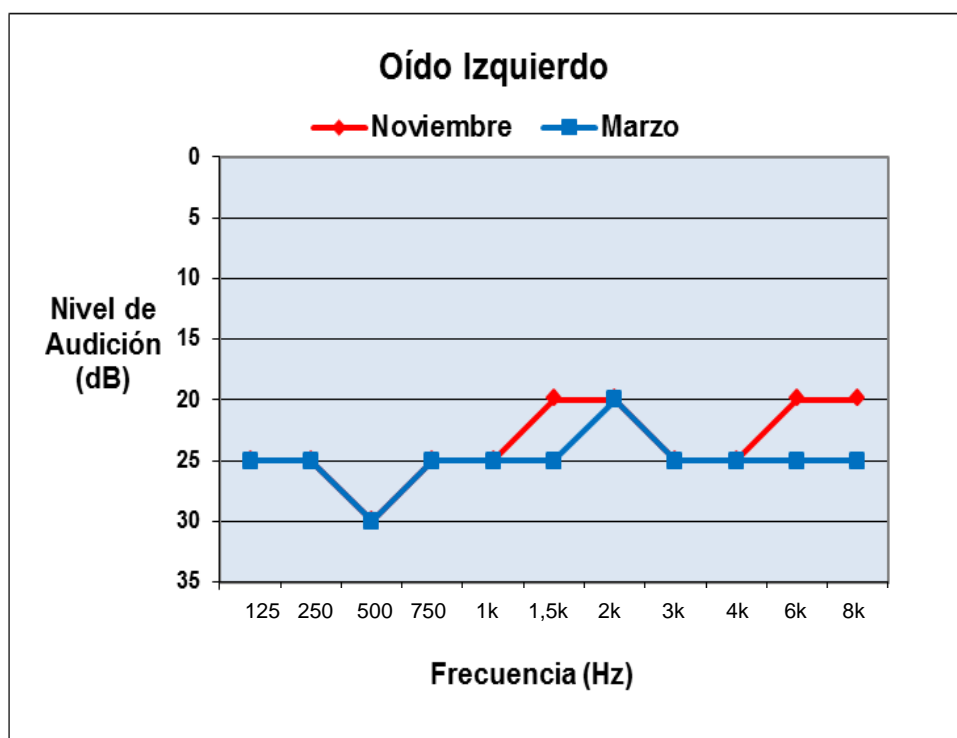


Figura 3.50. Comparación de las curvas audiométricas de noviembre y marzo del Trabajador 6 oído izquierdo

Como se puede observar en la Tabla 3.38 y Figuras 3.49 y 3.50, la variación entre la primera y segunda audiometría del trabajador 6 del Centro de Generación de Energía fue mínima.

Con esto se pudo verificar que las medidas de control implementadas ayudaron a minimizar el riesgo de pérdida de la audición a causa del ruido.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. Se identificó al generador de energía como la principal fuente de ruido a lo largo del Centro de Generación de Energía, el nivel de presión sonora que emite la máquina es de 106,8 dBA.
2. Las actividades que realizan los trabajadores dentro del área administrativa del Centro de Generación de Energía demanda cierto grado de concentración, la misma que se ve afectada por el excesivo nivel de ruido en el ambiente proveniente del generador de energía.
3. La medición y evaluación del nivel de ruido efectuada en cada uno de los puestos de trabajo evidenció que tanto en el área del generador como en el área administrativa del Centro de Generación de Energía no se cumple con el límite máximo permisible de 85 dBA y 70 dBA respectivamente; establecidos por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393.
4. Una de las medidas de control implantadas para la prevención y control de ruido, que permitió minimizar el riesgo de pérdida auditiva dentro del área del generador fue la selección con criterio técnico e implementación de protectores auditivos, los mismo que permitieron reducir el nivel del ruido que le llega al trabajador hasta un valor menor a 85 dBA, tal como lo indica el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393.
5. Una medida de prevención complementaria fue la implementación de un plan de mantenimiento preventivo de los elementos mecánicos del generador propensos a causar ruido, con esta medida se pudo garantizar que dichos elementos van a recibir un mantenimiento mensual por parte de la empresa proveedora.

6. Para disminuir el tiempo de exposición a ruido por parte de los trabajadores, se implementó un plan de rotación, el mismo que permitió bajar el número de horas de exposición dentro del área del generador, especialmente para el turno de la mañana.
7. La ejecución del plan de capacitación para los trabajadores expuestos, permitió formar a los trabajadores en temas referentes al ruido y sus efectos en la salud así como exponer las medidas de prevención que implementó la empresa para salvaguardar la integridad de los trabajadores.
8. Para recordar al personal sobre el uso obligatorio de protectores auditivos, se implementaron señales de obligatoriedad de uso de los mismos a lo largo del Centro de Generación de Energía, con el fin de recordar de forma visual las normas de seguridad dispuestas para el lugar.
9. La evaluación de la salud auditiva mediante audiometrías, tanto al inicio como luego de haber implementado las medidas de prevención y control de ruido, determinaron que no hubo cambios significativos en la audición de cada uno de los trabajadores.
10. Bajo el criterio del médico ocupacional de la empresa, se verificó que todos los empleados se encontraban aptos para trabajar en ambientes ruidosos siempre y cuando se les proteja de una manera adecuada.
11. Debido a que el nivel de ruido en el área administrativa se encontraba fuera del límite permisible, se modeló y diseñó un acondicionamiento acústico específico para el área, el mismo que fue evaluado matemáticamente y los resultados determinaron que si se implementa el diseño, el nivel de ruido bajaría a un valor menor a 70 dBA en cada uno de los puestos de trabajo.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar el acondicionamiento acústico diseñado para el área administrativa del Centro de Generación de Energía, con el fin de disminuir el nivel de ruido proveniente del generador hasta un nivel menor o igual a 70 dBA, de tal manera que los trabajadores puedan realizar actividades intelectuales o que demanden concentración de la mejor manera y no se vean interferidas por el ruido excesivo.
2. Se recomienda adoptar e implementar las medidas de prevención y control de ruido descritas en el presente trabajo en cada una de las sucursales de la empresa a nivel nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2001). *TLVs y BEIs Valores Límite Umbral para Sustancias Químicas y Agentes Físicos e Índices Biológicos de Exposición*. Valencia, España: ACGIH.
2. Álvarez, F. (2009). *Ergonomía y Psicología Aplicada: Manual para la Formación del Especialista*. Valladolid, España: Lex Nova.
3. Andrade, C. (2013a). *Medición de Niveles de Presión Sonora del Centro de Generación de Energía de Dipor S.A.* Sangolqui, Ecuador: Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional Distribuidora Importadora Dipor S.A.
4. Andrade, C. (2012b). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional de Dipor S.A.* Sangolqui, Ecuador: Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional Distribuidora Importadora Dipor S.A.
5. Bilsom. (2004), *Ficha técnica del Protector Bilsom V3*. San Diego, Estados Unidos: Bacou-Dalloz.
6. Burbano, J. (1997). *Estadísticas, Estimadores y Estimadores Puntuales* (2da. ed.). México D.F., México: Editorial Castillo S.A.
7. Carrión, A. (1998). *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos* (1ra. ed.). Catalunya, España: Ediciones UPC.
8. Carvajal, M. (2005). *Factores de Riesgo Ocupacional*. Recuperado de <http://saludocupacional.univalle.edu.co/7factoresderiesgoocupacionales.htm#.arriba>. (Noviembre, 2013).
9. Confederación de Empresarios de La Coruña. (2007). *Guía de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales en PYME*. Recuperado de <http://www.prevencionlaboral.org> (Noviembre, 2013).
10. Cortés, J. (2007). *Seguridad e Higiene del Trabajo*. Madrid, España: Tébar.

11. Corzo, G. (2004). *Efectos de la Exposición a Ruido Industrial*. Maracaibo, Venezuela: Ed. Zulia.
12. Deutz, J. (2006). *Manual de Mantenimiento*. Washington, Estados Unidos: Terex.
13. Environmental Protection Agency (EPA), (1999). Recuperado de www.epa.gov/oaqps001/permits/partic/espanol/app-a.pdf (Abril, 2014).
14. Everest, F. (1997). *Sound Studio Construction on a Budget*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
15. Fenner, T. (2006). *Datos de Seguridad de Materiales* (4ta. ed.). Utha, Estados Unidos: Atrion.
16. Floría, P y González, A. (2006). *Manual para el Técnico en Prevención de Riesgos Laborales II* (5ta. ed.). Madrid, España: FC editorial.
17. Gerges, S. y Arenas, J. (2004). *Fundamentos y Control de Ruido y Vibraciones*, Florianópolis, Brasil: NR Editora.
18. Giraldo, A. (2008). *Seguridad Industrial*. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
19. Gobierno del Ecuador. (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393*. Quito, Ecuador: Talleres de la Corporación de Estudios.
20. Gómez, G. (2006). *Manual para la Formación en Prevención de Riesgos Laborales*. Barcelona, España: Ecoiuris.
21. Gómez, O. (2006). *Audiología Básica*. Bogotá, Colombia: Olga Gómez Gómez Editora.
22. González, F. (1989). *Higiene Laboral: Confort Acústico y Ruido en Oficinas*. Recuperado de www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp. (Abril, 2014).

23. Harris, C. (1991). *Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
24. Henao, F. (2007). *Riesgos Físicos I: Ruido, Vibraciones y Presiones Anormales*. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones.
25. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1984). *Señales y Símbolos de Seguridad*. Quito, Ecuador.
26. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2009a). UNE-EN ISO 9612:2009 (2009). *Determinación de la Exposición al Ruido en el Trabajo*. Barcelona, España.
27. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (1988b). *NTP: 188: Señales de Seguridad para Centros y Locales de Trabajo*. Barcelona, España.
28. Lind, D., Marchal, W. y Mason, R. (2004). *Estadística para Administración y Economía*, New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
29. Marcillo, S. (2009). *Guía Práctica para la Gestión de Seguridad y Salud en Pequeñas y Medianas Empresas*. Quito, Ecuador, Unidad de seguridad y salud en el trabajo – Ministerio de Trabajo y Empleo de la República del Ecuador.
30. Miyara, F. (1999). *Control de Ruido*. Recuperado de <http://wwwfceaia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm> (Septiembre, 2012).
31. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2005). *Normas Técnicas para la Aplicación de la Codificación del Título V “Del Medio Ambiente”*. Quito.
32. Niebel, B. (1990). *Manual de Seguridad Industrial y Métodos de Trabajo* (Tomo I). Bogotá, Colombia: Ediciones PC.
33. Quest, J. (2004). *Manual de Usuario Sonómetro tipo II*. New York, Estados Unidos.

34. Ramírez, C. (1992). *Manual de Seguridad Industrial*. México D.F., México: Limusa.
35. Resolución 957. (1998). *Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Comunidad Andina.
36. Rubio, J. (2006). *Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
37. Siles, N. (2005). *Evaluación de Riesgos: Planificación de la Acción Preventiva en la Empresa*. (1era.ed.). Madrid, España: Ideaspropias Editorial.
38. Sota, S. y López M. (2003). *Prevención de Riesgos Laborales*. Madrid, España: Thomson Editores.
39. 3M Manufacturera de Venezuela S.A. (2012). División de Seguridad y Salud Ocupacional. Recuperado de:
http://solutions.3m.com.ve/wps/portal/3M/es_VE/Health/Safety/Products/Catalog/ , (Agosto, 2012).

ANEXOS

ANEXO I

**CÁLCULOS DE LA DIFERENCIA DE LAS MEDIAS
POBLACIONALES DE LAS MEDICIONES DE RUIDO
EFECTUADAS EN EL CENTRO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA**

Tabla I.1. Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el puesto Supervisor de Tablero de Control

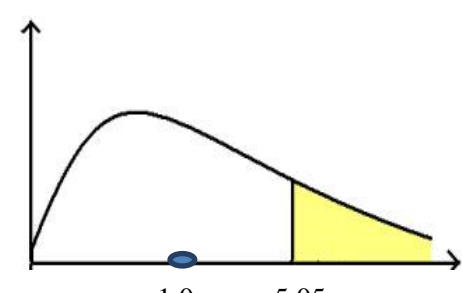
| PRUEBA F | | | | | |
|--|-----------|-------------|------------------|--|-------------------|
| Planteamiento de Hipótesis | | | | | |
| $H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | | | [I.1] | | |
| $H_1: \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ | | | [I.2] | | |
| n | Muestra 1 | Muestra 2 | | Estadígrafo de M1 | Estadígrafo de M2 |
| 1 | 47,5 | 47,7 | Media | 60,05 | 59,77 |
| 2 | 55,5 | 54,9 | Tamaño | 6,00 | 6,00 |
| 3 | 71,3 | 70,8 | Varianza | 82,83 | 81,59 |
| 4 | 62,0 | 62,1 | Desv.Est. | 9,10 | 9,03 |
| 5 | 69,0 | 68,8 | | | |
| 6 | 55,0 | 54,3 | | | |
| | | | NC=0,95 |  | |
| | | | NS=0,05 | | |
| Grados de libertad del numerador | | | 5 | | |
| Grados de libertad del denominador | | | 5 | | |
| Fcrítico | | 5,05 | | | |
| Ftest | | 1,02 | | | |
| Ho se acepta, se asumen varianzas poblacionales iguales | | | | | |

Figura I.1. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas “Supervisor de tablero de control”

Tabla I.2. Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el puesto Supervisor de Tablero de Control

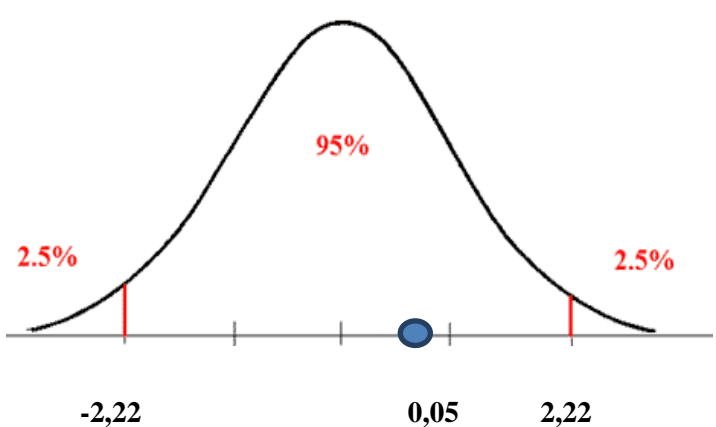
| PRUEBA T | |
|---|--------------|
| Dado que | |
| $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | [I.3] |
| Se calcula la varianza mancomunada | |
| $S_p^2 = \frac{(n1-1)*S^2_1+(n2-1)S^2_2}{n1+n2-2} = 82,21$ | [I.4] |
| Planteamiento de hipótesis | |
| $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ | $N_c = 0,95$ |
| $H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ | $N_s = 0,05$ |
| $\text{Grados de libertad} = n1 + n2 - 2 = 10$ | |
| [I.5] | |
| $T_{\text{crítico}} = 2,22$ | |
|  | |
| Figura I.2. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “Supervisor de tablero de control” | |
| $t - test = 0,05$ | |

Tabla I.3. Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el puesto del Mecánico

| PRUEBA F | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| Planteamiento de Hipótesis | | | | | |
| $H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | | | | | [I.6] |
| $H_1: \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ | | | | | [I.7] |
| n | Muestra 1 | Muestra 2 | | Estadígrafo de M1 | Estadígrafo de M2 |
| 1 | 49,1 | 48,8 | Media | 60,92 | 60,78 |
| 2 | 55,1 | 54,7 | Tamaño | 6,00 | 6,00 |
| 3 | 73,1 | 73,2 | Varianza | 86,24 | 89,78 |
| 4 | 64,1 | 64 | Desv.Est. | 9,29 | 9,48 |
| 5 | 69,0 | 69,1 | | | |
| 6 | 55,1 | 54,9 | | | |
| | | | NC=0,95 | | |
| | | | NS=0,05 | | |
| | | | | | |
| Grados de libertad del numerador | | | 5 | | |
| Grados de libertad del denominador | | | 5 | | |
| | | | | | |
| Fcrítico | | 5,05 | | | |
| Ftest | | 1,04 | | | |
| Ho se acepta, se asumen varianzas poblacionales iguales | | | | | |

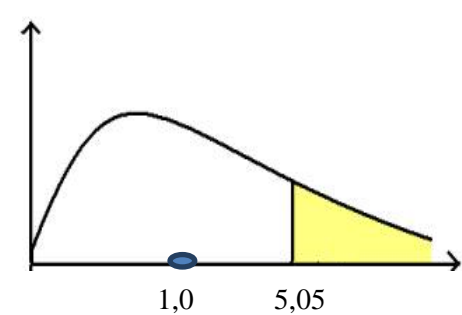


Figura I.3. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas "Mecánico"

Tabla I.4. Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el puesto del Mecánico

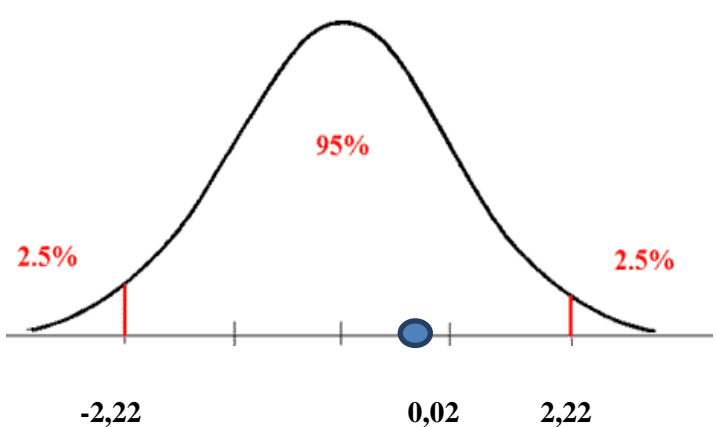
| PRUEBA T | |
|---|--------------|
| Dado que | |
| $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | [I.8] |
| Se calcula la varianza mancomunada | |
| $S_p^2 = \frac{(n1-1)*S^2_1+(n2-1)S^2_2}{n1+n2-2} = 88,01$ | [I.9] |
| Planteamiento de hipótesis | |
| $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ | $N_c = 0,95$ |
| $H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ | $N_s = 0,05$ |
| $\text{Grados de libertad} = n1 + n2 - 2 = 10$ | |
| [I.10] | |
| $T_{\text{crítico}} = 2,22$ | |
|  | |
| Figura I.4. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “Mecánico” | |
| $t - test = 0,02$ | |

Tabla I.5. Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el puesto del Electricista

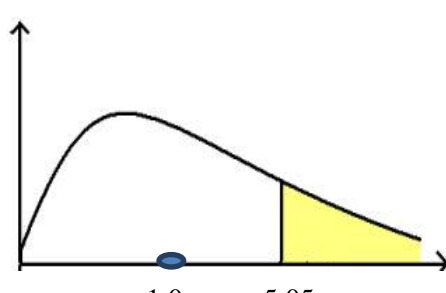
| PRUEBA F | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|---|--------------------------|
| Planteamiento de Hipótesis | | | | | |
| $H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | | | | | [I.11] |
| $H_1: \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ | | | | | [I.12] |
| n | Muestra 1 | Muestra 2 | | Estadígrafo de M1 | Estadígrafo de M2 |
| 1 | 48,5 | 48,1 | Media | 60,32 | 60,05 |
| 2 | 54,5 | 54,0 | Tamaño | 6,00 | 6,00 |
| 3 | 72,5 | 72,7 | Varianza | 86,24 | 89,12 |
| 4 | 63,5 | 63,5 | Desv.Est. | 9,29 | 9,44 |
| 5 | 68,4 | 67,8 | | | |
| 6 | 54,5 | 54,2 | | | |
| | | | NC=0,95 |  | |
| | | | NS=0,05 | | |
| Grados de libertad del numerador | | | 5 | | |
| Grados de libertad del denominador | | | 5 | | |
| Fcrítico | | 5,05 | | | |
| Ftest | | 1,03 | | | |
| Ho se acepta, se asumen varianzas poblacionales iguales | | | | | |

Figura I.5. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas "Electricista"

Tabla I.6. Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el puesto del Electricista

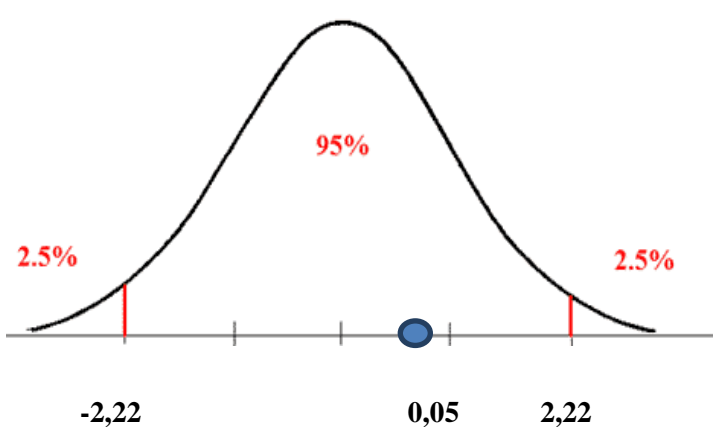
| PRUEBA T | |
|--|--------------|
| Dado que | |
| $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | [I.13] |
| Se calcula la varianza mancomunada | |
| $s_p^2 = \frac{(n1-1)*S^2_1+(n2-1)S^2_2}{n1+n2-2} = 87,68$ | [I.14] |
| Planteamiento de hipótesis | |
| $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ | $N_c = 0,95$ |
| $H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ | $N_s = 0,05$ |
| $\text{Grados de libertad} = n1 + n2 - 2 = 10$ | |
| [I.15] | |
| $T_{\text{crítico}} = 2,22$ | |
|  | |
| <p>Figura I.6. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “Electricista”</p> | |
| $t - test = 0,05$ | |

Tabla I.7. Resultados de los cálculos de diferencia de varianzas de las mediciones efectuadas en el área del generador

| PRUEBA F | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| Planteamiento de Hipótesis | | | | | |
| $H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | | | | | [I.16] |
| $H_1: \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ | | | | | [I.17] |
| n | Muestra 1 | Muestra 2 | | Estadígrafo de M1 | Estadígrafo de M2 |
| 1 | 61,1 | 61,0 | Media | 88,52 | 88,46 |
| 2 | 75,8 | 75,7 | Tamaño | 10,00 | 10,00 |
| 3 | 94,8 | 94,6 | Varianza | 164,17 | 163,57 |
| 4 | 101,5 | 101,4 | Desv.Est. | 12,81 | 12,79 |
| 5 | 103,9 | 103,6 | | | |
| 6 | 95,8 | 96,0 | NC=0,95 | | |
| 7 | 93,0 | 92,9 | NS=0,05 | | |
| 8 | 90,2 | 90,2 | | | |
| 9 | 87,0 | 87,0 | | | |
| 10 | 82,1 | 82,2 | | | |
| Grados de libertad del numerador | | | | 9 | |
| Grados de libertad del denominador | | | | 9 | |
| Fcrítico | | 3,18 | | | |
| Ftest | | 1,00 | | | |
| Ho se acepta, se asumen varianzas poblacionales iguales | | | | | |

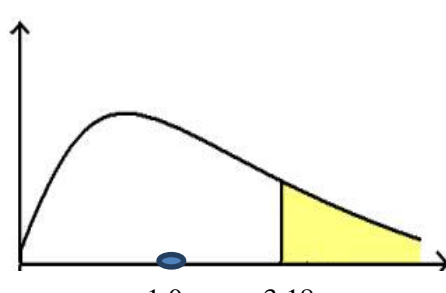
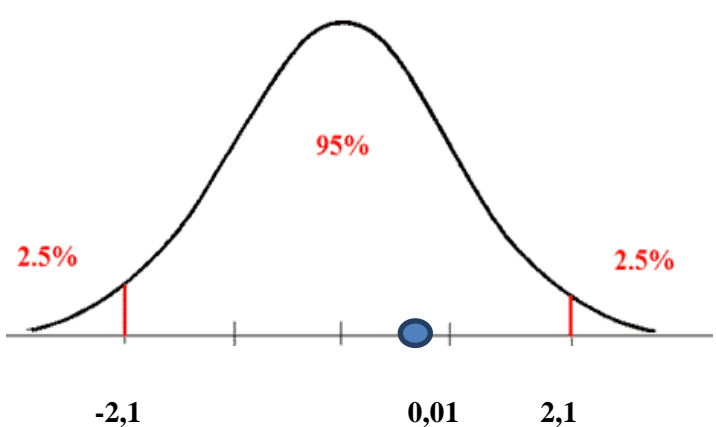


Figura I.7. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de varianzas "generador"

Tabla I.8. Resultados de los cálculos de diferencia de medias de las mediciones efectuadas en el área del generador

| PRUEBA T | |
|--|--------------|
| Dado que | |
| $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ | [I.18] |
| Se calcula la varianza mancomunada | |
| $s_p^2 = \frac{(n1-1)*S^2_1+(n2-1)S^2_2}{n1+n2-2} = 163,87$ | [I.19] |
| Planteamiento de hipótesis | |
| $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ | $N_c = 0,95$ |
| $H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ | $N_s = 0,05$ |
| $\text{Grados de libertad} = n1 + n2 - 2 = 18$ | |
| [I.20] | |
| $T_{\text{crítico}} = 2,1$ | |
|  | |
| Figura I.8. Gráfico de zona de aceptación y rechazo para la diferencias de medias “generador” | |
| $t - test = 0,01$ | |

ANEXO II

**CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO
ACÚSTICO PARA LA OFICINA UBICADA EN EL SEGUNDO PISO**

Tabla II.1. Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 125 Hz

| CONDICIONES INICIALES DE LA OFICINA (125 Hz) | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 125 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,01 | 0,3 | |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 0,04 | 1,2 | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,01 | 0,6 | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,03 | 0,3 | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,47 | 0,9 | |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,01 | 0,0 | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,08 | 0,2 | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,18 | 0,5 | |
| TOTAL | | 136,7 | TOTAL | 4,1 | |

Tabla II.2. Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 125 Hz

| OFICINA CON ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO (125 Hz) | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 125 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 30,6 | 0,10 | 3,1 | |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 30,6 | 0,06 | 1,8 | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,04 | 0,3 | |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al | 8,7 | 0,07 | 0,6 | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,47 | 0,9 | |
| Asiento | Tapizado grueso | 3,0 | 0,44 | 1,3 | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,08 | 0,2 | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,18 | 0,5 | |
| TOTAL | | 145,4 | TOTAL | 10,0 | 0,07 |

| |
|--|
| REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO EN 125 Hz (dB) |
| 3,9 |

Tabla II.3. Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 250 Hz

| CONDICIONES INICIALES DE LA OFICINA (250 Hz) | | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 250 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,01 | 0,3 | | |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 0,06 | 1,8 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,01 | 0,6 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,03 | 0,3 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,52 | 1,0 | | |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,02 | 0,1 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,09 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,18 | 0,5 | | |
| TOTAL | | 136,7 | TOTAL | 4,9 | | 0,04 |

Tabla II.4. Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 250 Hz

| OFICINA CON ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO (250 Hz) | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|-------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 250 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 30,6 | 0,16 | 4,9 | | |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 30,6 | 0,20 | 6,1 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,03 | 0,3 | | |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al | 8,7 | 0,31 | 2,7 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,52 | 1,0 | | |
| Asiento | Tapizado grueso | 3,0 | 0,44 | 1,3 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,09 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,18 | 0,5 | | |
| TOTAL | | 145,4 | TOTAL | 10,0 | | 18,03 |

**REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO
EN 250 Hz (dB)**

5,7

Tabla II.5. Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 500 Hz

| CONDICIONES INICIALES DE LA OFICINA (500 Hz) | | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 500 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,02 | 0,6 | | |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 0,06 | 1,8 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,03 | 0,3 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,50 | 1,0 | | |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,03 | 0,1 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,09 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,40 | 1,2 | | |
| TOTAL | | 136,7 | TOTAL | 6,4 | | 0,05 |

Tabla II.6. Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 500 Hz

| OFICINA CON ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO (500 Hz) | | | | | | |
|--|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 500 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 30,6 | 0,11 | 3,4 | | |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 30,6 | 0,45 | 13,8 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,04 | 0,3 | | |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al | 8,7 | 0,49 | 4,3 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,50 | 1,0 | | |
| Asiento | Tapizado grueso | 3,0 | 0,44 | 1,3 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,09 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,40 | 1,2 | | |
| TOTAL | | 145,4 | TOTAL | 26,6 | | 0,18 |

| |
|--|
| REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO EN 500 Hz (dB) |
| 6,2 |

Tabla II.7. Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 1 000 Hz

| CONDICIONES INICIALES DE LA OFICINA (1 000 Hz) | | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 1 000 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,02 | 0,6 | | |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 0,02 | 0,6 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,01 | 0,1 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,55 | 1,1 | | |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,04 | 0,1 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,10 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,34 | 1,0 | | |
| TOTAL | | 136,7 | TOTAL | 5,0 | | 0,04 |

Tabla II.8. Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 1 000 Hz

| OFICINA CON ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO (1 000 Hz) | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 1 000 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 30,6 | 0,30 | 9,2 | |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 30,6 | 0,71 | 21,7 | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,04 | 0,3 | |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al | 8,7 | 0,75 | 6,5 | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,55 | 1,1 | |
| Asiento | Tapizado grueso | 3,0 | 0,44 | 1,3 | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,10 | 0,3 | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,34 | 1,0 | |
| TOTAL | | 145,4 | TOTAL | 42,6 | |

**REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO
EN 1 000 Hz (dB)**

9,3

Tabla II.9. Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 2 000 Hz

| CONDICIONES INICIALES DE LA OFICINA (2 000 Hz) | | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 2 000 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,02 | 0,6 | | |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 0,05 | 1,5 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,02 | 0,2 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,58 | 1,2 | | |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,06 | 0,2 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,10 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,34 | 1,0 | | |
| TOTAL | | 136,68 | TOTAL | 6,1 | | 0,04 |

Tabla II.10. Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 2 000 Hz

| OFICINA CON ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO (2 000 Hz) | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 2 000 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 30,6 | 0,50 | 15,3 | |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 30,6 | 0,95 | 29,1 | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,02 | 0,2 | |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al | 8,7 | 0,70 | 6,1 | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,58 | 1,2 | |
| Asiento | Tapizado grueso | 3,0 | 0,44 | 1,3 | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,10 | 0,3 | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,34 | 1,0 | |
| TOTAL | | 145,4 | TOTAL | 55,5 | 0,38 |

**REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO
EN 2 000 Hz (dB)**

9,6

Tabla II.11. Resultados de los cálculos de la oficina sin acondicionamiento acústico para 4 000 Hz

| CONDICIONES INICIALES DE LA OFICINA (4 000 Hz) | | | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 4 000 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Piso de concreto | 30,6 | 0,04 | 1,2 | | |
| Techo | Estuco rugoso | 30,6 | 0,09 | 2,8 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,04 | 0,3 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,63 | 1,3 | | |
| Asiento | Tapizado | 3,0 | 0,08 | 0,2 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,10 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,34 | 1,0 | | |
| TOTAL | | 136,7 | TOTAL | 8,3 | | 0,06 |

Tabla II.12. Resultados de los cálculos de la oficina acondicionada acústicamente para 4 000 Hz

| OFICINA CON ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO (4 000 Hz) | | | | | | |
|--|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|------|
| Estructura | Tipo de material | Dimensiones (m²) | Coefficiente de absorción para 4 000 Hz (α) | Absorción (sab/m²) | Coefficiente Medio de Absorción | |
| Piso | Alfombra de lana 1,2 kg/m ² | 30,6 | 0,47 | 14,4 | | |
| Techo | Panel cielorraso con sonex de 0,035 m | 30,6 | 0,89 | 27,2 | | |
| Paredes | Ladrillo pintado | 55,9 | 0,02 | 1,1 | | |
| Ventanas | Vidrio | 8,7 | 0,04 | 0,3 | | |
| Ventanas con cortinas | Cortina 0,475 kg/m ² fruncida al | 8,7 | 0,60 | 5,2 | | |
| Puerta | Madera aglomerada en panel | 2,0 | 0,58 | 1,2 | | |
| Asiento | Tapizado grueso | 3,0 | 0,44 | 1,3 | | |
| Escritorios | Madera | 2,9 | 0,10 | 0,3 | | |
| Ocupantes | Personas | 3,0 | 0,34 | 1,0 | | |
| TOTAL | | 145,4 | TOTAL | 52,1 | | 0,36 |

| |
|--|
| REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO EN 4 000 Hz (dB) |
| 8,0 |

ANEXO III

CÁLCULOS DE REDUCCIÓN DEL NIVEL SONORO PARA LOS DIFERENTES PUESTOS DE TRABAJO EVALUADOS

Tabla III.1. Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Supervisor del tablero de control”

| SUPERVISOR DEL TABLERO DE CONTROL | |
|---|-----------|
| Parámetros | Leq (dBA) |
| Nivel Medido (dBA) | 73,8 |
| Nivel de reducción sonoro por el acondicionamiento acústico (dBA) | 15,4 |
| Nivel de presión sonora (dBA) | 66,5 |

Tabla III.2. Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Mecánico”

| MECÁNICO | |
|---|-----------|
| Parámetros | Leq (dBA) |
| Nivel Medido (dBA) | 75,0 |
| Nivel de reducción sonoro por el acondicionamiento acústico (dBA) | 15,4 |
| Nivel de presión sonora (dBA) | 68,0 |

Tabla III.3. Reducción del nivel sonoro para el puesto de trabajo “Electricista”

| ELECTRICISTA | |
|---|-----------|
| Parámetros | Leq (dBA) |
| Nivel Medido (dBA) | 74,4 |
| Nivel de reducción sonoro por el acondicionamiento acústico (dBA) | 15,4 |
| Nivel de presión sonora (dBA) | 67,4 |

ANEXO IV

**BITÁCORA DE HORAS TRABAJADAS DESDE ENERO A ABRIL DE
LOS EMPLEADOS DEL CENTRO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA**

Tabla IV.1. Resultados de las horas trabajadas por puesto de trabajo dentro del área del generador

| Nombre | Puesto de Trabajo | ENERO | | | | | FEBRERO | | | | MARZO | | | | ABRIL | | | | Total (Horas) | | | |
|--------|------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|---------------|---------|------|------|
| | | 01 al 03 | 6 al 10 | 13 al 17 | 20 al 24 | 27 al 31 | 3 al 7 | 10 al 14 | 17 al 21 | 24 al 28 | 3 al 7 | 10 al 14 | 17 al 21 | 24 al 28 | 31 al 4 | 7 al 11 | 14 al 18 | 21 al 25 | | 28 al 2 | | |
| Trab 1 | Supervisor tab control | 0,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 20,5 |
| Trab 2 | Supervisor tab control | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 1,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,0 | | 2,0 | | 20,5 | |
| Trab 3 | Mecánico | 0,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 20,5 |
| Trab 4 | Mecánico | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 1,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,0 | | 2,0 | | 20,5 | |
| Trab 5 | Electricista | 0,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 20,5 |
| Trab 6 | Electricista | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 1,5 | | 2,5 | | 2,5 | | 2,0 | | 2,0 | | 20,5 | |

ANEXO V

AUDIOMETRÍAS REALIZADAS A LOS TRABAJADORES DEL CENTRO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

Tabla V.1. Audiometría de inicio del Trabajador 1

| AUDIOMETRÍA | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------|--|-------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|----|-------------|----|----|
| Nombre: | Trabajador 1 | | | | | Puesto de Trabajo: | Supervisor Tablero de control | | | | | | |
| Edad: | 38 años | | | | | Fecha: | 05/11/2013 | | | | | | |
| VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Zona Conversacional | | | | | | Zona Superior | | | | |
| Frecuencia (Hz) | | | 125 | 250 | 500 | 750 | 1k | 1,5k | 2k | 3k | 4k | 6k | 8k |
| Nivel de Audición (dB) | Oído derecho | | 25 | 20 | 25 | 25 | 25 | 30 | 25 | 30 | 30 | 25 | 20 |
| | Oído izquierdo | | 20 | 15 | 30 | 15 | 25 | 30 | 25 | 20 | 30 | 30 | 30 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Derecho</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Izquierdo</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | |
| Figura V.1. Curva audiométrica del Trabajador 1 | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del Índice de Pérdida Precoz (ELI) | | | Cálculo del Índice SAL (Speech Average Loss) | | | Pérdida Monoaural | | | | | | | |
| | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | | | | |
| Corrección por Presbiacusia | 19 | 19 | Pérdida Promedio 500-1k-2kHz (dB) | 25,0 | 26,7 | Suma de Pérdidas 500-1k-2k-3kHz | 105 | 100 | | | | | |
| Grado ELI | C | C | Grado SAL | B | B | Porcentaje de pérdida auditiva | 1,9% | 0,0% | | | | | |
| Clasificación | Normal | Normal | Calificación | Casi Normal | Casi Normal | | | | | | | | |
| | | | Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | Pérdida Binaural | | | Porcentaje de pérdida auditiva | | 1,6% | | |

Tabla V.2. Audiometría de inicio del Trabajador 2

| AUDIOMETRÍA | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------------|---|-----------|-----------|---------------------------------|--------------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------|----|----|
| Nombre: | | Trabajador 2 | | | | | Puesto de Trabajo: | | Supervisor Tablero de control | | | | |
| Edad: | | 24 años | | | | | Fecha: | | 05/11/2013 | | | | |
| VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Zona Conversacional | | | | | | Zona Superior | | | | |
| Frecuencia (Hz) | | | 125 | 250 | 500 | 750 | 1k | 1,5k | 2k | 3k | 4k | 6k | 8k |
| Nivel de Audición (dB) | Oído derecho | | 5 | 20 | 15 | 15 | 10 | 15 | 10 | 15 | 15 | 15 | 10 |
| | Oído izquierdo | | 10 | 15 | 20 | 20 | 15 | 15 | 10 | 15 | 20 | 15 | 15 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Derecho</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Izquierdo</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | |
| Figura V.2. Curva audiométrica del Trabajador 2 | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del Índice de Pérdida Precoz (ELI) | | | Cálculo del Índice SAL (Speech Average Loss) | | | Pérdida Monoaural | | | | | | | |
| | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | |
| Corrección por Presbiacusia | 15 | 20 | Pérdida Promedio 500-1k-2kHz (dB) | 11,7 | 15,0 | Suma de Pérdidas 500-1k-2k-3kHz | 50 | 60 | | | | | |
| Grado ELI | C | C | Grado SAL | A | A | Porcentaje de pérdida auditiva | 0,0% | 0,0% | | | | | |
| Clasificación | Normal | Normal | Calificación | Normal | Normal | | | | | | | | |
| | | | Los dos oídos están dentro de los límites normales | | | Pérdida Binaural | | | | | | | |
| | | | | | | Porcentaje de pérdida auditiva | | 0,0% | | | | | |

Tabla V.3. Audiometría de inicio del Trabajador 3

| AUDIOMETRÍA | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------------|--|-----------|-----------|---------------------------------|--------------------|-----------|---------------|----|----|----|----|
| Nombre: | | Trabajador 3 | | | | | Puesto de Trabajo: | | Mecánico | | | | |
| Edad: | | 30 años | | | | | Fecha: | | 05/11/2013 | | | | |
| VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Zona Conversacional | | | | | | Zona Superior | | | | |
| Frecuencia (Hz) | | | 125 | 250 | 500 | 750 | 1k | 1,5k | 2k | 3k | 4k | 6k | 8k |
| Nivel de Audición (dB) | Oído derecho | | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 20 | 15 | 25 |
| | Oído izquierdo | | 10 | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Derecho</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Izquierdo</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | |
| Figura V.3. Curva audiométrica del Trabajador 3 | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del Índice de Pérdida Precoz (ELI) | | | Cálculo del Índice SAL (Speech Average Loss) | | | Pérdida Monoaural | | | | | | | |
| | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | | | | |
| Corrección por Presbiacusia | 17 | 12 | Pérdida Promedio 500-1k-2kHz (dB) | 15,0 | 13,3 | Suma de Pérdidas 500-1k-2k-3kHz | 65 | 55 | | | | | |
| Grado ELI | C | A | Grado SAL | A | A | Porcentaje de pérdida auditiva | 0,0% | 0,0% | | | | | |
| Clasificación | Normal | Normal buena | Calificación | Normal | Normal | | | | | | | | |
| | | | Los dos oídos están dentro de los límites normales | | | Pérdida Binaural | | | | | | | |
| | | | | | | Porcentaje de pérdida auditiva | | 0,0% | | | | | |

Tabla V.4. Audiometría de inicio del Trabajador 4

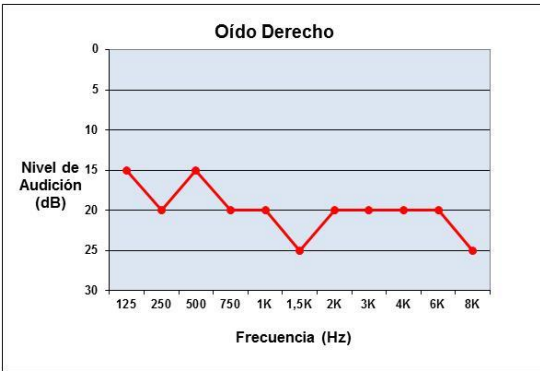

| AUDIOMETRÍA | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------|---|-------------|-----------|---------------------------------|--------------------|-----------|---------------|----|----|----|----|
| Nombre: | | Trabajador 4 | | | | | Puesto de Trabajo: | | Mecánico | | | | |
| Edad: | | 31 años | | | | | Fecha: | | 05/11/2013 | | | | |
| VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Zona Conversacional | | | | | | Zona Superior | | | | |
| Frecuencia (Hz) | | | 125 | 250 | 500 | 750 | 1k | 1,5k | 2k | 3k | 4k | 6k | 8k |
| Nivel de Audición (dB) | Oído derecho | | 15 | 20 | 15 | 20 | 20 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 |
| | Oído izquierdo | | 15 | 25 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 15 | 15 | 20 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Oído Derecho</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Oído Izquierdo</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | |
| Figura V.4. Curva audiométrica del Trabajador 4 | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del Índice de Pérdida Precoz (ELI) | | | Cálculo del Índice SAL (Speech Average Loss) | | | Pérdida Monoaural | | | | | | | |
| | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | | | | |
| Corrección por Presbiacusia | 17 | 12 | Pérdida Promedio 500-1k-2kHz (dB) | 18,3 | 15,0 | Suma de Pérdidas 500-1k-2k-3kHz | 75 | 65 | | | | | |
| Grado ELI | C | A | Grado SAL | B | A | Porcentaje de pérdida auditiva | 0,0% | 0,0% | | | | | |
| Clasificación | Normal | Normal buena | Calificación | Casi Normal | Normal | | | | | | | | |
| | | | Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | Pérdida Binaural | | | | | | | |
| | | | | | | Porcentaje de pérdida auditiva | | 0,0% | | | | | |

Tabla V.5. Audiometría de inicio del Trabajador 5

| AUDIOMETRÍA | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------|--|-------------|-------------|---------------------------------------|--------------------|---------------|--------------|----|----|----|
| Nombre: | | Trabajador 5 | | | | | Puesto de Trabajo: | | Electricista | | | |
| Edad: | | 29 años | | | | | Fecha: | | 05/11/2013 | | | |
| VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | |
| | | Zona Conversacional | | | | | | Zona Superior | | | | |
| Frecuencia (Hz) | | 125 | 250 | 500 | 750 | 1k | 1,5k | 2k | 3k | 4k | 6k | 8k |
| Nivel de Audición (dB) | Oído derecho | 20 | 20 | 25 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 25 |
| | Oído izquierdo | 20 | 25 | 20 | 15 | 20 | 20 | 20 | 25 | 15 | 20 | 20 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Derecho</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Oído Izquierdo</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | |
| Figura V.5. Curva audiométrica del Trabajador 5 | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del Índice de Pérdida Precoz (ELI) | | | Cálculo del Índice SAL (Speech Average Loss) | | | Pérdida Monoaural | | | | | | |
| | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | | | |
| Corrección por Presbiacusia | 17 | 12 | Pérdida Promedio 500-1k-2kHz (dB) | 23,3 | 20,0 | Suma de Pérdidas 500-1k-2k-3kHz | 95 | 85 | | | | |
| Grado ELI | C | A | Grado SAL | B | B | Porcentaje de pérdida auditiva | 0,0% | 0,0% | | | | |
| Clasificación | Normal | Normal buena | Calificación | Casi Normal | Casi Normal | | | | | | | |
| | | | Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | Pérdida Binaural | | | | | | |
| | | | | | | Porcentaje de pérdida auditiva | | 0,0% | | | | |

Tabla V.6. Audiometría de inicio del Trabajador 6

| AUDIOMETRÍA | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------|--|-------------|-------------|---------------------------------------|--------------------|---------------|--------------|----|----|----|
| Nombre: | | Trabajador 6 | | | | | Puesto de Trabajo: | | Electricista | | | |
| Edad: | | 35 años | | | | | Fecha: | | 05/11/2013 | | | |
| VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | |
| | | Zona Conversacional | | | | | | Zona Superior | | | | |
| Frecuencia (Hz) | | 125 | 250 | 500 | 750 | 1k | 1,5k | 2k | 3k | 4k | 6k | 8k |
| Nivel de Audición (dB) | Oído derecho | 25 | 20 | 30 | 25 | 20 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 25 |
| | Oído izquierdo | 25 | 25 | 30 | 25 | 25 | 20 | 20 | 25 | 25 | 20 | 20 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Figura V.6. Curva audiométrica del Trabajador 6 | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del Índice de Pérdida Precoz (ELI) | | | Cálculo del Índice SAL (Speech Average Loss) | | | Pérdida Monoaural | | | | | | |
| | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | Oído der. | Oído Izq. | | | | |
| Corrección por Presbiacusia | 13 | 18 | Pérdida Promedio 500-1k-2kHz (dB) | 25,0 | 25,0 | Suma de Pérdidas 500-1k-2k-3kHz | 100 | 100 | | | | |
| Grado ELI | B | C | Grado SAL | B | B | Porcentaje de pérdida auditiva | 0,0% | 0,0% | | | | |
| Clasificación | Normal buena | Normal | Calificación | Casi Normal | Casi Normal | | | | | | | |
| | | | Tiene dificultad en conversaciones en voz baja nada más | | | Pérdida Binaural | | | | | | |
| | | | | | | Porcentaje de pérdida auditiva | | 0,0% | | | | |

