



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL
EVALUADOR DE CO₂ Y RUIDO PARA EL ÁREA
INDUSTRIAL DE LA ESPEL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTROMECAÁNICA**

CRESPO YÁNEZ DIEGO RAMIRO

GUILCAMAIGUA MAISINCHO BETTY JANETH

Latacunga, Enero 2011

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

ING. WILSON SÁNCHEZ (DIRECTOR)
ING. MISAEL PAZMIÑO (CODIRECTOR)

CERTIFICAMOS:

Que el trabajo titulado “DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL EVALUADOR DE CO₂ Y RUIDO PARA EL ÁREA INDUSTRIAL DE LA ESPEL” fue realizado en su totalidad por los señores: CRESPO YÁNEZ DIEGO RAMIRO y GUILCAMAIGUA MAISINCHO BETTY JANETH como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, el mismo que ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica de Ejercito.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

Latacunga, Enero del 2011

Ing. Wilson Sánchez
DIRECTOR

Ing. Misael Pazmiño
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, CRESPO YÁNEZ DIEGO RAMIRO

GUILCAMAIGUA MAISINCHO BETTY JANETH

DECLARAMOS:

Que el proyecto de grado titulado “DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL EVALUADOR DE CO₂ Y RUIDO PARA EL ÁREA INDUSTRIAL DE LA ESPEL” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que consta al pie de las paginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

En tal virtud, declaramos la autenticidad de este contenido y para los efectos legales y académicos que se desprenden del presente proyecto de grado, es y será de nuestra autoría, responsabilidad legal y académica.

Latacunga, Enero del 2011

Crespo Diego

CI: 0502918410

Guilcamaigua Betty

CI: 0503135238

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, CRESPO YÁNEZ DIEGO RAMIRO

GUILCAMAIGUA MAISINCHO BETTY JANETH

AUTORIZAMOS:

A Escuela Politécnica de Ejercito, la publicación en la Biblioteca Virtual y/o revistas de la Institución nuestro trabajo “DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL EVALUADOR DE CO₂ Y RUIDO PARA EL ÁREA INDUSTRIAL DE LA ESPEL”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2011

Crespo Diego

CI: 0502918410

Guilcamaigua Betty

CI: 0503135238

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por haberme permitido culminar mis estudios con salud y vida, después a mis padres quienes con su amor y cariño indeclinable me han dado fuerzas para que no desmaye en los momentos más difíciles, a mis hermanos quienes han sido mi apoyo y ayuda durante toda mi carrera. Agradezco también a mis profesores quienes me impartieron sus enseñanzas para poder afrontar mi vida profesional sin inconvenientes, a mis compañeros con quienes compartimos gratos momentos a lo largo de nuestra etapa universitaria.

Y a todos aquellos que de una u otra forma ayudaron para la culminación de este proyecto.

Diego

Primeramente agradezco a Dios y a mis padres por haberme dado la vida y permitirme estar aquí en este momento, sobre todo por su apoyo y amor incondicional.

A los Ingenieros de la Carrera de Ingeniería Electromecánica por brindarme sus conocimientos y su amistad durante esta etapa de mi vida estudiantil que esta por culminar, de manera especial al Ing. Wilson Sánchez por su colaboración en el desarrollo y culminación del mismo.

A mis amigos que siempre estuvieron en los malos y buenos momentos.

A todas las personas que con sus palabras de aliento me dieron ánimo a seguir y no desmayar en el intento.

A todos ustedes gracias de corazón.

Betty

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Héctor y Elvia quienes me dieron la vida e inculcaron en mí la responsabilidad y el amor al estudio durante toda mi vida, también a mis hermanos y quienes han sido mi sustento y los motores que me han impulsado a la finalización de mi carrera profesional.

A toda mi familia por su constante preocupación.

Y a todos quienes creyeron en mí.

Diego

El presente proyecto lo dedico a mi familia, es especial a mis padres Ángel y María Leonor, por guiarme por el camino correcto, por su comprensión, paciencia y ayuda.

A mis hermanos Jessy y Paúl que siempre con sus ocurrencias me han dado ánimo a seguir en esta difícil tarea.

De sobremanera lo dedico a mi madre quien ha sabido ser mi amiga incondicional, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios y sobre todo su amor incondicional.

A todas las personas que durante este tiempo siempre estuvieron a mi lado pero que por circunstancias de la vida hoy no pueden estar aquí.

Betty

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ANTECEDENTES.....	xvii
OBJETIVO GENERAL.....	xvii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xviii
JUSTIFICACIÓN	xviii
METAS DEL PROYECTO	xix
CAPÍTULO I.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES CERRADOS.....	2
1.3 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS AMBIENTES CERRADOS	3
1.3.1 FACTORES DE RIESGOS FÍSICOS	3
1.3.2 FACTORES DE RIESGOS QUÍMICOS	5
1.4 SONIDO Y RUIDO	6
1.4.1 TIPOS DE RUIDOS	7

1.4.2 FUENTES DE RUIDO	8
1.4.3 PRESIÓN, POTENCIA E INTENSIDAD SONORA	10
1.4.4 PROPAGACIÓN DEL SONIDO	16
1.4.5 EL APARATO AUDITIVO	18
1.4.6 EL RUIDO EN EL LUGAR DE TRABAJO	21
1.4.7 LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO	22
1.4.8 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	25
1.4.9 NORMATIVA SOBRE LA EXPOSICIÓN Y EMISIÓN AL RUIDO.....	28
1.4.10 GUIAS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Y LÍMITES DE RUIDO PERMITIDOS	29
1.5 DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	35
1.5.1 EMISIONES DE CO ₂	35
1.5.2 FUENTES DE CO ₂	36
1.5.3. EL DIÓXIDO DE CARBONO LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE.....	37
1.5.4 CO ₂ COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE	39
1.5.5 MEDICIÓN DE GASES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	40
1.5.6 EFECTOS DEL CO ₂ SOBRE LAS PERSONAS	41
1.6 SENSORES.....	42
1.6.1 SENSORES DE CO ₂	43
1.6.2 SENSORES DE RUIDO.....	47
1.7 EQUIPOS DE PROTECCIÓN	51
1.7.1 PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO.....	51
1.7.2 PROTECCIÓN CONTRA GASES	54
1.8 MICROCONTROLADORES.....	57
1.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES.	58

1.8.2 ARQUITECTURA INTERNA DEL PIC	59
1.9 COMUNICACIÓN	64
1.9.1 PUERTO SERIE RS-232	64
1.9.2 LA INTERFAZ RS-232	66
1.10 INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL	67
1.10.1 INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL CON LABVIEW	68
1.10.2 INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL VS INSTRUMENTACIÓN TRADICIONAL	72
1.10.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA BASADO EN INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL	74
CAPITULO II	78
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	78
2.1 INTRODUCCIÓN	78
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	78
2.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS	79
2.3.1 MICROCONTROLADOR	80
2.3.2 SENSORES	81
2.3.3 AMPLIFICADORES	85
2.3.4 CONVERTOR RMS A DC AD636	86
2.3.5 RELOJ EN TIEMPO REAL - DS1307	87
2.3.6 MEMORIA EXTERNA - 24LC04	88
2.3.7 MAX 232	89
2.3.8 PANTALLA DE CRISTAL (LCD)	89
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DEL SISTEMA	90
2.4.1 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR DE RUIDO (Micrófono)	90

2.4.2 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	100
2.4.3 ACLOPAMIENTO DEL CONTROL DEL PROTOTIPO	101
2.5 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	106
2.5.1 DISEÑO DEL SOFTWARE	106
2.5.2 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE	116
CAPÍTULO III.....	125
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	125
3.1 PRUEBAS.....	125
3.1.1 PRUEBAS EN LOS SENSORES	125
3.1.2 PRUEBAS DEL PROGRAMA	127
3.1.3 PRUEBAS DEL SOFTWARE	129
3.1.4 PRUEBAS DE COMUNICACION	131
3.2 TOMA DE DATOS	131
3.3 DIAGNÓSTICO	138
CAPÍTULO IV.....	142
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
4.1 CONCLUSIONES.....	142
4.2 RECOMENDACIONES.....	144
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.....	146
ANEXOS	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Contornos de Fletcher y Munson	11
Figura 1. 2: Curvas de compensación (o ponderación) A, B, y C.....	12
Figura 1. 3 Ejemplo de Reflexión	16
Figura 1. 4: Difracción del Sonido.....	16
Figura 1. 5: Ejemplo de Absorción	17
Figura 1. 6: Fenómenos de reflexión, absorción y transmisión	17
Figura 1. 7: Fisiología del oído humano	19
Figura 1. 8: Comparación de las tres zonas del oído humano.....	20
Figura 1. 9: Área de Audición.....	21
Figura 1. 10: El ruido en el lugar de trabajo	22
Figura 1. 11: Diagrama de bloques genérico de un Sonómetro	26
Figura 1. 12: Partes del Sonómetro	27
Figura 1. 13: Dosímetro	27
Figura 1. 14: Niveles Límite para cada Tipo de Ambiente	34
Figura 1. 15: Método no dispersivo	44
Figura 1. 16: Esquema del sensor NDIR de dos canales.....	44
Figura 1. 17: Estructura del sensor electroquímico.....	46
Figura 1. 18: Cápsula de un micrófono dinámico o de bobina móvil.....	47
Figura 1. 19: Cápsula de un micrófono electrostático o de condensador.....	48
Figura 1. 20: Micrófono Electret.....	49
Figura 1. 21: Tapones amoldables	52
Figura 1. 22: Tapones pre amoldados	52
Figura 1. 23: Orejeras con arnés	53
Figura 1. 24: Orejeras acoplables a casco de protección	54
Figura 1. 25: Mascarilla	56
Figura 1. 26: Mascarilla buco nasal	57
Figura 1. 27: Arquitectura Von Neumann.....	60
Figura 1. 28: Arquitectura Harvard.....	60
Figura 1. 29: Trama de datos de la Interfaz RS-232	66
Figura 1. 30: Panel Frontal de VI.....	70

Figura 1. 31: VI Diagrama de Bloque	70
Figura 1. 32: Paleta de Controles	71
Figura 1. 33: Paleta de Funciones	71
Figura 1. 34: Paleta de Herramientas	72
Figura 1. 35: Diagrama de bloques de un Sistema basado en instrumentación Virtual	74
Figura 2. 1: Diagrama de bloques del evaluador de CO ₂ y ruido	79
Figura 2. 2: Microcontrolador PIC18F452	81
Figura 2. 3: Diagrama esquemático del circuito interno del Micrófono WM-61A	82
Figura 2. 4: Sensor de CO ₂	83
Figura 2. 5: Estructura y circuito de prueba del sensor de CO ₂	83
Figura 2. 6: Sensibilidad del sensor de CO ₂	85
Figura 2. 7: Circuito integrado TL084	86
Figura 2. 8: Amplificador LM358.....	86
Figura 2. 9: Conversor RMS a DC AD636.....	87
Figura 2. 10: RTC DS1307	88
Figura 2. 11: Memoria EEPROM	88
Figura 2. 12: MAX 232	89
Figura 2. 13: Pantalla de cristal líquido (LCD).....	90
Figura 2. 14: Circuito de conexión del Micrófono WM-61A	91
Figura 2. 15: Circuito esquemático del Preamplificador	92
Figura 2. 16: Respuesta de las ponderaciones A y C	94
Figura 2. 17: Circuito esquemático del filtro de ponderación C	96
Figura 2. 18: Circuito esquemático del filtro de ponderación A.....	98
Figura 2. 19: Circuito Esquemático del Convertidor RMS/DC	100
Figura 2. 20: Diagrama para el sensor de CO ₂	100
Figura 2. 21: Diagrama del circuito de conexión del sensor de CO ₂	101
Figura 2. 22: Conexión de dispositivos I ² C	102
Figura 2. 23: Conexión del RTC DS1307	103

Figura 2. 24: Conexión de la memoria.....	104
Figura 2. 25: Conexión del microcontrolador y el LCD	105
Figura 2. 26: Diagrama del circuito de conexión del MAX232.....	106
Figura 2. 27: Diagrama de bloques del programa a ser implementado.....	107
Figura 2. 28: Diagrama de bloques del programa para sincronizar reloj.....	108
Figura 2. 29: Diagrama de la subrutina para el sensor de CO ₂	109
Figura 2. 30: Respuesta del sensor de CO ₂	109
Figura 2. 31: Diagrama para habilitar y configurar el puerto serial.....	111
Figura 2. 32: Estructura FOR LOOP	111
Figura 2. 33: Diagrama para trocear una cadena.....	111
Figura 2. 34: Filtrado de datos	112
Figura 2. 35: Uso de Ecuaciones en LABVIEW.....	112
Figura 2. 36: Diagrama para unir datos.....	113
Figura 2. 37: Control Waveform Graph.....	113
Figura 2. 38: Diagrama para guardar datos con LABVIEW.....	114
Figura 2. 39: Panel frontal: Parámetros de cálculo	115
Figura 2. 40: Panel Frontal de mediciones y gráfica de la Presión Sonora.....	116
Figura 2. 41: Panel Frontal de mediciones y gráfica de Concentración de CO ₂ . 116	116
Figura 2. 42: Acondicionamiento del Sensor de Nivel Presión Sonora.....	119
Figura 2. 43: Placa del Sensor de Nivel Sonoro.....	120
Figura 2. 44: Circuito esquemático para la placa del Control de CO ₂	120
Figura 2. 45: Placa del Circuito de Control del Sensor de Concentración de CO ₂	121
Figura 2. 46: Diagrama del circuito de Control	122
Figura 2. 47: Placa del Circuito de Control.....	123
Figura 2. 48: Placa del Circuito de la Fuente de Alimentación	124
Figura 3. 1: Presentación de la hora en el equipo	128
Figura 3. 2: Muestra nivel sonoro registrado	128
Figura 3. 3: Muestra concentración de CO ₂	129
Figura 3. 4: Mensaje para realizar la descarga de datos.....	129

Figura 3. 5: Ventana de Presión Sonora.....	130
Figura 3. 6: Ventana de Concentración de CO ₂	130
Figura 3. 7: Pantalla de Comunicación Terminal.....	131
Figura 3. 8: Gráfica de Nivel de Presión sonora registrados en la Carpintería...	135
Figura 3. 9: Gráfica de Concentración de CO ₂ registrados en la Carpintería	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Fuentes de ruido internas a una edificación	9
Tabla 1. 2. Fuentes de ruido externas a una edificación	10
Tabla 1. 3. Niveles Límite para cada Tipo de Ambiente	30
Tabla 1. 4. Límites permitidos de ruido según el número de horas de exposición	31
Tabla 1. 5. Número de impulsos o impacto por jornada laboral.....	32
Tabla 1. 6. Niveles Normales y Máximos de CO ₂ sobre una persona	42
Tabla 1. 7. Pines más importantes del conector DB9	65
Tabla 1. 8. Tabla comparativa de Instrumentos Tradicionales vs Virtuales	73
Tabla 2. 1. Características del sensor de CO ₂	84
Tabla 2. 2. Valores de R1 y C1 a una Frecuencia de corte dada.....	96
Tabla 2. 3. Valores de Frecuencia de corte, R1 y C1.....	97
Tabla 3. 1 Lecturas obtenidas con el Sensor de CO ₂	125
Tabla 3. 2. Prueba del Control de CO ₂	126
Tabla 3. 3. Tabla comparativa de especificaciones de sonómetros.....	127
Tabla 3. 4. Datos de Nivel de Presión sonora registrados en el taller de Metalmecánica	132
Tabla 3. 5. Datos de Nivel de Presión sonora registrados en la Carpintería	134
Tabla 3. 6. Datos de concentración de CO ₂ registrados en el taller de Metalmecánica	136
Tabla 3. 7. Datos de concentración de CO ₂ registrados en la Carpintería	137

RESUMEN

Con la Revolución Industrial, han aparecido riesgos derivados de las actividades diarias que desarrollan las personas, riesgos que al no ser controlados derivan en enfermedades profesionales que a la larga afectan al desenvolvimiento óptimo de un trabajador.

Los trabajos industriales se ejecutan en lugares cerrados o semicerrados, en ellos se generan condiciones climáticas que aunque influidas por el clima externo, difieren normalmente de éste. Los trabajadores de la industria metalmecánica y maderera están expuestos a un ambiente acústico y gaseoso agresivo que puede ocasionar daños en su salud.

Las entidades encargadas de velar por la seguridad de los trabajadores han emitido leyes y reglamentos que regulan las actividades en función de los riesgos presentes en las mismas, siendo obligación de las empresas realizar las mediciones y acondicionar los lugares de trabajo para cumplir con la normativa vigente.

Por esta razón es imprescindible monitorear estas variables, donde exista una fuente de ruido y CO₂ representativa, para obtener datos que permitan comparar con valores estandarizados.

Conociendo el método de medición se puede automatizar la forma de tomar las lecturas, es aquí donde interviene la tecnología; por medio de transductores que convierten las variables físicas y entregan señales eléctricas al microcontrolador, para posteriormente convertirlas en información útil para el diagnóstico del ambiente laboral.

El dispositivo tiene una pantalla de cristal líquido para visualizar los datos y una memoria para almacenarlos, posee un reloj calendario que se encargará de proporcionar la fecha y hora en tiempo real; la interfaz con el usuario se establece con un teclado situado en la parte frontal, la información se envía por medio del puerto serial a una PC para su análisis en un software elaborado para este propósito.

ANTECEDENTES

El Taller de Producción de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, en estos ambientes existe contaminación, tiene importancia los contaminantes físicos y químicos, y es necesario cuantificarlos y evaluarlos constantemente.

En estas instalaciones la fuente del contaminante, el medio circundante y el equipo de protección personal, es de suma importancia valorarlos para así evitar secuelas que posteriormente pudieran producir enfermedades laborales.

El ruido constituye hoy en día el agresor de naturaleza física más difundido en el ambiente laboral y social, produciendo la pérdida de la capacidad auditiva, la enfermedad profesional más frecuente en este medio, y a la que se debe prestar especial atención.

El ruido, como agente contaminante, no sólo puede generar daños al sistema auditivo, como el trauma acústico o la hipoacusia, sino que también puede afectar al sistema nervioso, provocar arritmia cardíaca, irritación, pérdida de la concentración, de la productividad laboral y alteración del sueño, entre otros.

Para el caso de un ambiente cerrado, es muy importante realizar el estudio de las emisiones de CO₂ desde las distintas fuentes que se tengan; ya que al ser éste producido por máquinas de combustión, soldadas, etc., es uno de los indicadores más directos de la calidad de aire, no solo externamente, sino también en un ambiente cerrado.

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar un ambiente laboral, mediante el diseño y construcción de un dispositivo portátil evaluador de CO₂ y ruido, para el área industrial de la ESPEL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el evaluador portátil a base de microcontrolador
- Analizar los datos de nivel de ruido y cantidad de CO₂ en la PC.
- Determinar los niveles de ruido en cada área de trabajo.
- Determinar la cantidad de CO₂ en cada área de trabajo.
- Establecer la fuente de los contaminantes, el medio de transporte y equipos de protección personal adecuado, así como los tiempos de exposición y descanso de los individuos.

JUSTIFICACIÓN

El diagnóstico de un ambiente laboral mediante el diseño y construcción de un dispositivo portátil evaluador de CO₂ y ruido para el área industrial de la ESPEL, permitirá realizar un análisis en los puestos de trabajo, de los diferentes riesgos a los que están expuestos, considerándose entre ellos los de origen físicos y químicos.

Dentro de los riesgos físicos, el ruido es el factor más relevante, porque éste genera problemas de Hipoacusia, Fatiga, Confusión e Irritabilidad, que son enfermedades laborales que inciden para la determinación y control del contaminante presente en el medio laboral; debiéndose diagnosticar si en estas áreas los usuarios utilizan el equipo de protección personal correspondiente.

En los riesgos químicos, está la exposición a gases y/o vapores, siendo el más perjudicial el CO₂, porque genera problemas de intoxicaciones, afecciones respiratorias; causando graves problemas en la salud; para lo cual se debe diagnosticar si el lugar de trabajo dispone de una ventilación adecuada y si los operarios utilizan el equipo de protección correcto.

Es importante este estudio porque permitirá diagnosticar problemas que están expuestas las diferentes personas que ocupan estas instalaciones, y promover

alternativas de dirección con el fin de brindar un ambiente seguro de trabajo, según la metodología que sugiere el Código de Trabajo y el TULAS (Texto Unificado de Legislación Secundario del Medio Ambiente).

En la siguiente figura se presenta el diagrama de bloques del Dispositivo Portátil Evaluador de CO₂ y ruido que se construirá.

METAS DEL PROYECTO

- a. Construir un dispositivo portátil de diagnóstico ambiental para Talleres y Laboratorios Industriales de la ESPEL; compacto, modular y de fácil manipulación.
- b. Realizar la cuantificación de contaminantes en el área industrial, utilizando dispositivos existentes en el mercado nacional.
- c. Especificar el área (s) industrial(es) de mayor incidencia de contaminantes, físicos y químicos, como el ruido y el CO₂.
- d. Sugerir normas ambientales para disminuir los efectos de la contaminación.
- e. Informar a las Autoridades respectivas, sobre el riesgo a los que están expuestos los usuarios que ingresan a estas áreas, debido a la cantidad de contaminación. Asimismo sugerir los tiempos de exposición máximos a los que pueden estar sometidos éstos.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En estos últimos años la contaminación, tanto mediante la emisión de gases de efecto invernadero (CO₂) como la denominada contaminación acústica, ha sido un problema constante en este desarrollo.

En cuanto al ruido, es conocido que en niveles excesivos tiene efectos perjudiciales en la salud del ser humano, por lo tanto se necesita de un instrumento capaz de realizar esta tarea denominado sonómetro. La preparación del sistema consiste en un estudio preliminar que ayude a enmarcar el proyecto dentro de una normativa, así como para saber que medir, de esta manera se construirá un tipo de sonómetro que cumpla estas expectativas, siempre teniendo en cuenta valores económicos aceptables.

La medición de los sonidos forma parte de las herramientas de diagnóstico, para prevenir daños en el oído humano, en estas mediciones deben considerarse los criterios para ruidos de Régimen Permanente, que son aplicables a personas expuestas a los mismos. La finalidad de los programas de acción contra el ruido industrial y de conservación del oído, es proteger a los empleados contra pérdidas permanentes del oído por niveles elevados del ruido. El Sonómetro responde al sonido de forma aproximadamente igual que el oído humano, dando medidas objetivas y reproducibles de su nivel, es capaz de medir en forma sencilla y directa, el ruido generado en oficinas, fábricas, etc. además alerta en aquellos niveles que sean dañinos al ser humano.

La concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior aporta información sobre distintos aspectos y circunstancias como posibilidad de efectos sobre la salud,

correlación con problemas y quejas en el rendimiento o como dato para estudiar la ventilación de un ambiente.

Cuando los niveles de dióxido de carbono exceden de 1.000 ppm en las áreas interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y apatía general.

En el ambiente se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm. La única fuente importante de emisión de CO₂ en locales interiores en los que no hay instalados aparatos de combustión no conducidos, son las propias personas. No es un contaminante grave, es un asfixiante simple, por desplazamiento del oxígeno y necesita concentraciones elevadas para manifestar sus efectos.

El desarrollo de un software personalizado que permita recibir datos, procesarlos y almacenarlos para el análisis nos darán resultados útiles que den una idea sobre el nivel de ruido y concentración de CO₂ medidos.

1.2 LA CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES CERRADOS

La función primaria de un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial es proporcionar a los ocupantes un ambiente confortable y saludable en el que se va a trabajar. Esto depende, en gran medida, de que el sistema de ventilación/climatización tenga un diseño, un funcionamiento y un mantenimiento apropiados.

Estos sistemas, deben proporcionar condiciones tolerables, y una calidad de aire interior aceptable; es decir, deben procurar que la mezcla del aire exterior con el interior sea la adecuada, y deben disponer de sistemas de filtración y limpieza del aire capaces de eliminar los contaminantes presentes en el mismo, como el CO₂ y el ruido.

En el ámbito de las condiciones de trabajo tiene cada vez mayor incidencia el

aspecto relacionado con la calidad del aire en locales dedicados a oficinas y servicios.

La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa y, al no ocasionar un exceso de bajas por enfermedad, se tiende a menudo a minimizar los efectos que, sin embargo, se traducen en una situación general de discomfort. En la práctica estos efectos son capaces de alterar tanto la salud física como la mental del trabajador, provocando un mayor estrés.

1.3 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE EN LOS AMBIENTES CERRADOS

La calidad de aire en ambientes cerrados, es modificada en forma constante por interacción de factores físicos y factores químicos.

1.3.1 FACTORES DE RIESGOS FÍSICOS¹

Representan un intercambio brusco de energía entre el individuo y el ambiente, en una proporción mayor a la que el organismo es capaz de soportar, entre los más importantes se citan: ruido, vibración, temperatura, ventilación, iluminación, radiaciones no ionizantes (infrarrojas, ultravioleta, baja frecuencia); radiaciones ionizantes (rayos x, alfa, beta, gama).

a. Ruido

Funcionalmente es cualquier sonido indeseable que molesta o que perjudica al oído. Es una forma de energía en el aire, vibraciones invisibles que entran al oído y crean una sensación. Ejemplo: Niveles de ruido en los sectores productivos: textil, calzado, metalurgia, metal mecánica, alimentos, cemento, minería, pesquería, petróleo, plásticos, siderúrgica y curtiembre entre otros.

¹ <http://www.opas.org.br/gentequefazsaude/bvsde/bvsacd/cd27/salud.pdf> - Manual de Salud Ocupacional

b. Vibraciones

Las vibraciones se pueden considerar como los movimientos oscilatorios de una partícula o cuerpo alrededor de una posición de referencia. Los cuerpos que poseen masa y elasticidad son capaces de vibrar.

La mayoría de las máquinas y las estructuras experimentan durante su operación, un comportamiento vibratorio, su diseño, requiere generalmente consideración de su conducta oscilatoria. En ocasiones las vibraciones son causadas por anomalías, como por ejemplo la presencia de partes sueltas o piezas desbalanceadas. En otros casos las vibraciones son un producto inevitable del funcionamiento normal, como es el caso de un martillo neumático, el asiento de un conductor o un taladro de mano, etc.

c. Temperatura

Es el nivel de calor que experimenta el cuerpo. El equilibrio calórico del cuerpo es una necesidad fisiológica de confort y salud. Sin embargo a veces el calor liberado por algunos procesos industriales combinados con el calor del verano crea condiciones de trabajo que pueden originar serios problemas. La temperatura efectiva es un índice determinado del grado de calor percibido por exposiciones a las distintas condiciones de temperatura, humedad y desplazamiento del aire.

d. Iluminación

Es uno de los factores ambientales que tiene como principal finalidad el facilitar la visualización, de modo que el trabajo se pueda realizar en condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad. La intensidad, calidad y distribución de la iluminación natural y artificial en los establecimientos, deben ser adecuadas al tipo de trabajo. La iluminación posee un efecto definido sobre el bienestar físico, la actitud mental, la producción y la fatiga del trabajador. Siempre que sea posible se empleará iluminación natural.

e. Ventilación

La ventilación es una ciencia aplicada al control de las corrientes de aire dentro de un ambiente y del suministro de aire en cantidad y calidad adecuadas como para mantener satisfactoriamente su pureza. El objetivo de un sistema de ventilación industrial es controlar satisfactoriamente los contaminantes como polvos, neblinas, humos, malos olores, etc., corregir condiciones térmicas inadecuadas, sea para eliminar un riesgo contra la salud o también para desalojar una desagradable contaminación ambiental. La ventilación puede ser natural y artificial.

1.3.2 FACTORES DE RIESGOS QUÍMICOS²

Sustancias orgánicas, inorgánicas, naturales o sintéticas que pueden presentarse en diversos estados físicos en el ambiente de trabajo, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud las personas que entran en contacto con ellas. Se clasifican en: gaseosos y particulados.

a. Gaseosos

Son aquellas sustancias constituidos por moléculas ampliamente dispersas a la temperatura y presión ordinaria (25°C y 1 atmósfera) ocupando todo el espacio que lo contiene. Ejemplos: Gases: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Cloro (Cl₂).

Vapores: productos volátiles de Benzol, Mercurio, derivados del petróleo, alcohol metílico, otros disolventes orgánicos.

b. Particulados

Constituidos por partículas sólidas o líquidas, que se clasifican en: polvos, humos, neblinas y nieblas.

² <http://www.opas.org.br/gentequefazsaude/bvsde/bvsacd/cd27/salud.pdf> - Manual de Salud Ocupacional

1.4 SONIDO Y RUIDO

El **sonido** es un fenómeno físico, que consiste en una vibración mecánica, cuyo movimiento, se transmite al aire que lo rodea produciendo ondas que se van propagando hasta llegar a nuestro oído, y que se puede medir. Un sonido se caracteriza por su “nivel”, que está asociado a la cantidad de energía empleada para transmitirse.

Podemos definir al **ruido** como un sonido no deseado, que causa molestia por lo que es considerado un fenómeno subjetivo, debido a que mientras para unas personas puede ser un factor que causa molestia en otras personas no produce este mismo resultado.

En el medio ambiente, el ruido es cualquier sensación auditiva desagradable o molesta. También es considerado como ruido todo sonido, con una intensidad alta, puesto que siempre habrá alguien que no lo desee.

El ruido ambiental es la suma del ruido asociado a un determinado entorno, hasta ahora, y especialmente en el país no ha sido objeto de mucha atención el estudio de su presencia e impacto por lo que no se cuenta con una normativa detallada relacionada al tema.

Decibelios

Es una unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido. El decibelio es una unidad que sirve para la comparación de niveles de potencia o de tensión en acústica y en electrónica cuya notación abreviada es dB.

Un decibelio es la décima parte de un belio (B). Su escala logarítmica es adecuada para representar el espectro auditivo del ser humano. Por esta razón, se emplea una unidad logarítmica para aproximarse a la respuesta del oído.

El decibelio representa una relación de dos niveles de potencia que suelen referirse

a las ganancias o pérdidas debidas a un amplificador o a otro dispositivo.

El decibelio se define por:

—

Ec. 1.1

N es el número de decibelios.

Po es la potencia de salida.

Pi es la potencia de entrada.

Cuando N es positivo hay ganancia, si N es negativo hay pérdida.

1.4.1 TIPOS DE RUIDOS

a. Caracterización en frecuencia

Ruido Blanco: Este tipo de ruido presenta un espectro plano, con igual energía en todas las frecuencias. Este tipo de ruido es utilizado como señal de referencia.

Ruido Rosa: El nivel de energía de este tipo de ruido decae a razón de 3 dB/octava. Se utiliza como señal de referencia para tomar medidas acústicas en las que se debe realizar una descomposición de la señal en bandas de octava o fracción de octava: medidas de aislamiento acústico, potencia sonora, absorción acústica, realización de ecualización de salas, etc.

Ruido Tonal: Generalmente este tipo de ruido presenta armónicos de la frecuencia fundamental. Muchos ruidos presentan esta característica: ventiladores, compresores, etc. Dependiendo de la frecuencia fundamental del tono, este tipo de ruido puede llegar a ser muy molesto.

b. Caracterización temporal

Ruido Estacionario: El ruido estacionario se caracteriza porque el nivel de presión

sonora permanece constante en el tiempo.

Ruido Fluctuante: Ruido cuyo nivel de presión sonora varía.

Ruido Intermitente: Este tipo de ruido aparece solamente en determinados instantes.

Ruido de fondo: Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación, está asociado con el entorno.

Ruido Impulsivo: Ruido que presenta impulsos cortos de nivel muy superior al ruido de fondo. Los impulsos pueden presentarse aislados o ser repetitivos.

1.4.2 FUENTES DE RUIDO³

Para hacer un mejor estudio de las fuentes de ruido vamos a dividir las en 2 tipos:

- Fuentes de ruido externas a una edificación.
- Fuentes de ruido internas a una edificación

Las mismas que se detallan en la Tabla 1.1 y la Tabla 1.2.

³http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/Acustica_arquitectonica/practica/FUENTES2.HTML

Tabla 1. 1. Fuentes de ruido internas a una edificación

	Fuente de Ruido
Debido a las personas	Una persona o un grupo de personas puede ser una fuente importante de ruido
Ruido de impacto	Es el ruido que se transmite por las estructuras del edificio
Aparatos de radio y televisión	El ruido producido por estos aparatos dependen del tipo de programa que se escuche y el nivel de volumen
Instrumentos musicales	Son muy frecuentes en las viviendas, sobre todo los equipos de alta fidelidad
Aparatos electrodomésticos	Se consideran fuentes importantes a aquellas que realizan procesos de carga y descarga de agua, como licuadoras, frigoríficos, entre otros.
Instalaciones de fontanería	Las tuberías además de ser una fuente importante de generación de ruido, es un medio de transmisión de sus propios ruidos a través de la estructura
Instalaciones de calefacción	Los sistemas de calefacción también son una fuente de ruido
Ascensores	Las principales fuentes de ruido son debidas al accionamiento de motores, el deslizamiento de los carriles de conducción de la cabina, el mando eléctrico y las puertas del mismo
Instalaciones de ventilación	Dependerá del diseño de una separación acústica correcta para evitar la inmisión de ruido exterior
Instalaciones eléctricas	Constituyen una de las principales fuentes de ruido, pudiendo alcanzar niveles molestos, ya que emiten de una forma continua frecuencias discretas que son amplificadas por objetos de montaje y mantenimiento

Tabla 1. 2. Fuentes de ruido externas a una edificación

	Fuente de Ruido
Tráfico Rodado	El ruido producido por los vehículos en movimiento
Tráfico Aéreo	El producido en las maniobras de aterrizaje y despegue
Actividades Industriales	Depende de factores como la ubicación, procedimientos industriales
Obras Publicas	El producido por el tipo de máquina empleado en la construcción
Actividades Urbanas cotidianas	El producido en lugares con mayor concentración de personas

1.4.3 PRESIÓN, POTENCIA E INTENSIDAD SONORA

a. Presión sonora (p)

Es el valor de las variaciones (expresado en pascales) que produce la propagación de una onda sonora sobre la presión atmosférica.

Depende de varios factores como la frecuencia, las condiciones del recinto en donde se encuentra la fuente, la distancia al punto de emisión, entre otros.

Nivel de Presión Sonora

La norma ISO 1999:1990⁴ utiliza el nivel de exposición a ruido, LEX, 8h⁵, como magnitud fundamental para describir la intensidad del ruido. El mismo se origina en el nivel de presión sonora LPR, definido por la ecuación:

—

Ec. 1. 2

Donde p es la presión sonora, o diferencia entre la presión instantánea y la presión

⁴ ISO 1999: 1990 (E). “Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido” (ISO, 1975)”. Organismo Internacional de Normalización, Geneva, Suiza, 1990.

⁵LEX, 8h Nivel de exposición a ruido referido a 8 horas. Es el nivel sonoro de un ruido constante durante 8 horas que produce el mismo efecto que el ruido dado durante el tiempo efectivo en que éste tiene lugar.

atmosférica estática, y P_0 es la presión de referencia

$$P_0=20\mu\text{Pa}=2\times 10^{-5}\text{ N/m}^2.$$

El nivel de presión sonora se expresa en decibeles, abreviados dB.

La utilización de una expresión logarítmica para la presión sonora permite comprimir un rango muy amplio (típicamente desde $20\mu\text{Pa}$ hasta 2000Pa) de manera de expresarlo con menos órdenes de magnitud (0dB a 160dB).

El nivel de presión sonora es un descriptor físico de la intensidad instantánea del sonido, pero no tiene un correlato muy definido con lo que percibe el oído humano. En un intento por lograr una medida mejor correlacionada con la percepción subjetiva del sonido se recurrió a las curvas isofónicas obtenidas en 1933 por Fletcher y Munson (Ver Figura 1.1), las cuales indican, en un diagrama $f - L_p$, una serie de contornos para cada uno de los cuales la sonoridad subjetiva es la misma. El nivel de sonoridad, expresado en FON, es el nivel de presión sonora correspondiente a un dado contorno en la frecuencia 1000Hz.

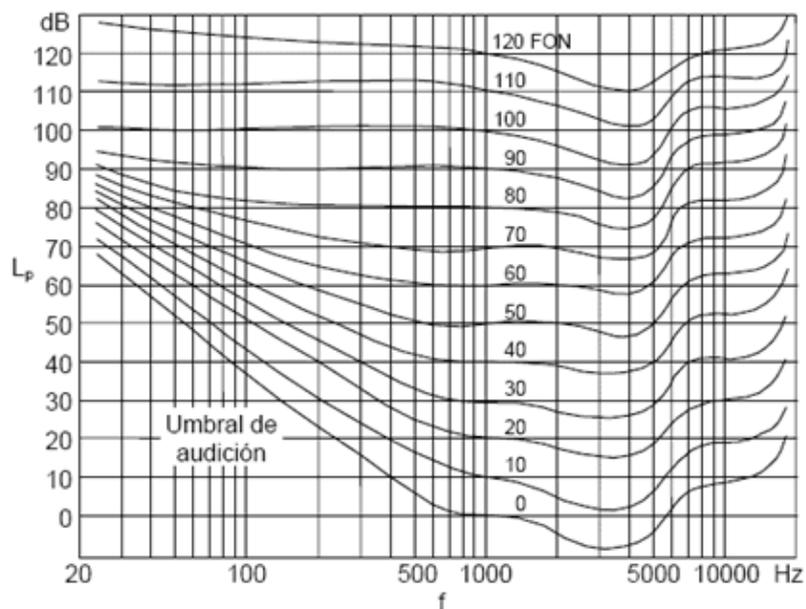


Figura 1. 1: Contornos de Fletcher y Munson

En la figura de Contornos de Fletcher y Munson, se observa que un tono de $f = 200$ Hz y $L_p = 40$ dB provocará la misma sensación de sonoridad que uno de 1000 Hz y 20 dB. Se dice entonces que tiene un nivel de sonoridad de 20 FON.

Se observa que en baja frecuencia y en muy alta frecuencia la sensibilidad del oído es menor, ya que a igual L_p el nivel de sonoridad percibido resulta menor.⁶

Para realizar una medición que a la vez fuera objetiva pero vinculada a lo percibido, se introdujeron tres filtros, denominados A, B y C, destinados a procesar la señal sonora previamente a su efectiva medición. El filtro A tenía una respuesta en frecuencia aproximadamente opuesta al contorno de 40 FON, el B, opuesta al de 70 FON, y el C, opuesta al de 100 FON (Ver Figura 1.2). De esa manera, cada uno de estos filtros atenúa las frecuencias en que el oído es menos sensible, siendo el resultado aproximadamente indicativo de lo realmente percibido.

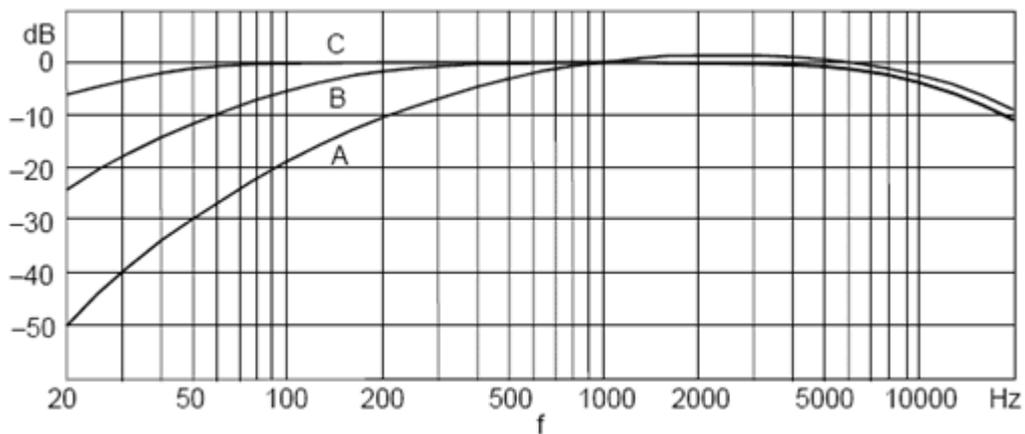


Figura 1. 2: Curvas de compensación (o ponderación) A, B, y C

En la figura de las Curvas de compensación (o ponderación) A, B, y C, se observa que para cada frecuencia, el valor de la ordenada representa la corrección auditiva a aplicar al nivel de presión sonora de un tono de esa frecuencia para obtener su nivel sonoro. En 1KHz las tres curvas coinciden en 0 dB.

⁶Las curvas de Fletcher y Munson fueron reemplazadas por las de Robinson y Dadson, determinadas nuevamente, con posterioridad, en condiciones más controladas. Actualmente están normalizadas por la norma ISO 226.

El resultado de medir intercalando el filtro A se expresa siempre en dBA, y análogamente en los otros casos. La idea original no funcionó demasiado bien, ya que la sensación de sonoridad en el caso de tonos múltiples o de ruidos de espectro amplio no puede ser determinada mediante los contornos isofónicos, que fueron obtenidos para tonos puros. No obstante, los medidores de nivel sonoro equipados con los filtros A, B y C se popularizaron, y ello puede haber condicionado parcialmente las investigaciones, llevadas a cabo entonces con los instrumentos disponibles. El resultado fue que los efectos sobre la audición humana exhibían una importante correlación con los niveles sonoros con compensación A (es decir, filtrados con el filtro A), lo cual llevó a adoptar universalmente el nivel sonoro A para todas las cuestiones relativas a la audición.

Formalmente, el nivel sonoro A (o nivel de presión sonora compensado A) se define como:

$$L_A = 10 \log_{10} \left(\frac{p_A^2}{p_0^2} \right) \quad \text{Ec. 1.3}$$

Donde p_A es la presión sonora con compensación A, es decir la presión sonora filtrada con el filtro A. El nivel sonoro se mide en forma directa por medio del sonómetro o medidor de nivel sonoro (a veces llamado decibelímetro), cuyo circuito interno se encarga de realizar las operaciones indicadas en la ecuación 1.3.

Ahora bien, tanto la presión sonora como el nivel sonoro A son en general muy variables en el tiempo. Con el fin de determinar los efectos a largo plazo es necesario trabajar con niveles medios, surgiendo así el nivel sonoro continuo equivalente, o nivel equivalente, $L_{Aeq, T}$, definido como

$$L_{Aeq, T} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right) \quad \text{Ec. 1.4}$$

Donde T es el intervalo de tiempo considerado. La promediación se hace

energéticamente⁷ porque se utiliza aquí la teoría de la igualdad de la energía, según la cual los efectos sobre la audición están determinados por la energía sonora total recibida diariamente. El nivel equivalente se puede determinar hoy en día en forma directa por medio de un sonómetro o medidor de nivel sonoro integrador.⁸ Cuando la duración total de la exposición es muy larga pero pueden identificarse intervalos en los que, por tratarse de operaciones repetitivas o sonidos continuos, pueda obtenerse el nivel equivalente mediante mediciones más cortas, será posible aplicar esta otra fórmula:

$$\text{Ec. 1.5}$$

Dónde:

Leq= Nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A

Li= Nivel de presión sonora [dBA] en el período “i”

Ti= Duración del período “i”

T = Período de tiempo total

b. Potencia sonora (w)

Es la cantidad de energía sonora (expresada en vatios) emitida por una fuente de sonido. Su valor no depende de las condiciones del recinto en el que se encuentre la fuente, pero sí de la frecuencia.

Nivel de potencia sonora (Lw): Es la potencia sonora expresada en decibelios, calculada mediante la siguiente expresión:

$$\text{Ec. 1.6}$$

Donde, w es la potencia sonora del sonido cuyo nivel se quiere calcular y w₀ la

⁷ La energía sonora es proporcional al cuadrado de la presión sonora.

⁸ Los medidores de nivel sonoro integradores deben cumplir con la Norma IEC 804.

potencia de referencia asociada al umbral de audición.

Cuando se dobla el valor de presión acústica, el nivel de potencia sonora aumenta 3dB.

Existe una relación entre el nivel de presión sonora y el nivel de potencia sonora:

Ec. 1.7

Donde, L_w es el nivel de potencia sonora y r es la distancia a la fuente emisora de sonido. Según esta expresión cuando se dobla la distancia de un oyente a una fuente sonora, el nivel de presión disminuye 6dB.

c. Intensidad sonora (I)

Es la energía que atraviesa una sección de área normal a la dirección de propagación del sonido en 1s. Tiene unidades de potencia/área (W/m^2).

$$I = pv \quad \text{Ec. 1.8}$$

Donde tanto p y v representan la presión y la velocidad de partículas en valores efectivos rms (root mean square)

$$\frac{I}{A} = \frac{p^2}{\rho c} \quad \text{Ec. 1.9}$$

A menos que se indique lo contrario la presión del sonido y la velocidad de partícula significan valores efectivos.

Nivel de Intensidad sonora (L_I): Es la designación en decibeles de la razón de dos intensidades. La intensidad de referencia I_0 normalmente es $10^{-12} W/m^2$

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{Ec. 1.10}$$

1.4.4 PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Cuando un sonido se propaga en un medio y encuentra un obstáculo, pueden ocurrir varios fenómenos:

a. Reflexión

La energía que incide en el obstáculo es devuelta al medio de propagación. Si la superficie del elemento es lisa, se produce una reflexión especular, esto es, el ángulo del sonido reflejado es el mismo que el de sonido incidente. (Ver figura 1.3)

Si la superficie del elemento es irregular, el sonido se refleja en múltiples direcciones, produciéndose una distribución homogénea del campo.

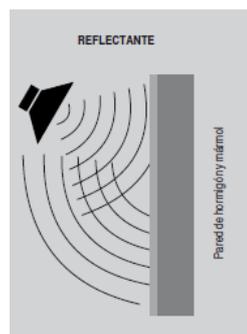


Figura 1. 3 Ejemplo de Reflexión

b. Difracción

Este fenómeno de distorsión se produce cuando el valor de la longitud de onda del sonido incidente es de dimensiones similares a la abertura en un obstáculo, regenerándose el campo sonoro incidente. (Figura 1.4)

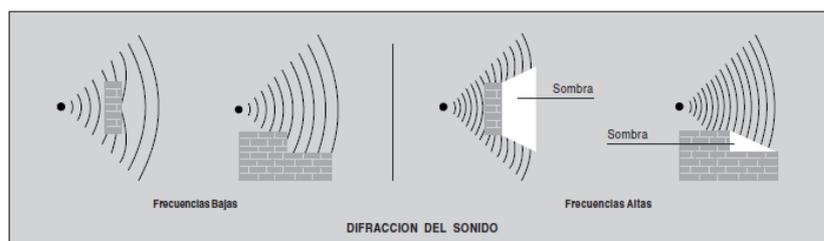


Figura 1. 4: Difracción del Sonido

c. Absorción

La energía que incide en el obstáculo no es devuelta al medio de transmisión, sino que se transforma en calor. La cantidad de energía absorbida dependerá de la naturaleza del material.

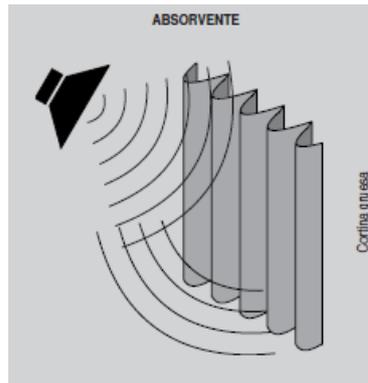


Figura 1. 5: Ejemplo de Absorción

d. Transmisión

La energía incidente traspasa el obstáculo, volviendo al medio de transmisión.

En la mayoría de las situaciones estos fenómenos ocurren simultáneamente, como se ilustra en la figura 1.6.

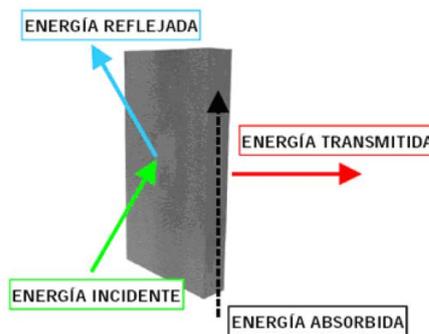


Figura 1. 6: Fenómenos de reflexión, absorción y transmisión

En función del tipo de material sobre el que incide el sonido, las proporciones de energía reflejada, absorbida y transmitida será diferente.

1.4.5 EL APARATO AUDITIVO

El oído es el órgano que nos permite recoger, reforzar y reproducir las vibraciones de los cuerpos sonoros y de este modo percibir los sonidos. El oído está situado en el cráneo a nivel de región temporal, a cada lado de la línea media.

El oído comprende de tres partes:

- El oído externo que recoge las vibraciones;
- el oído medio que las trasmite, reforzándolas;
- y el oído interno que percibe los sonidos.

a. Fisiología del Sistema Auditivo

La audición es un sentido físico, dada la naturaleza del estímulo y a través del cual se obtiene información de un fenómeno de la naturaleza: el sonido. La audición es una actividad sensorial muy particular porque permite captar los sonidos de la voz y comunicar a través del lenguaje. También permite captar otros sonidos y adaptarse al medio.

El proceso de la audición comienza cuando la onda sonora, captada por el pabellón auricular, es transmitida a través del conducto auditivo externo hasta el tímpano. Éste vibra y transmite el sonido al oído interno el cual convierte la onda sonora en energía bioeléctrica al tiempo que analiza y descompone la onda sonora compleja proyectándola como energía eléctrica, en el nervio auditivo y convirtiéndola luego en impulso nervioso.

Ese potencial recorrerá la vía auditiva hasta alcanzar los centros corticales del cerebro donde el mensaje es interpretado.

A lo largo de este proceso se puede estudiar dos fases: la transmisión o conducción y la percepción. La primera constituye todos los fenómenos que tienen lugar en el oído externo y medio, y la segunda, en el oído interno y vías nerviosas.

La fase auditiva correspondiente al oído interno es muy importante, pues en ese lugar tiene lugar la conversión de la energía mecánica del sonido en energía eléctrica. Al conjunto de fenómenos que tienen lugar allí, dentro de la percepción, se conoce con el nombre de recepción.

La recepción sonora es pues una fase de la percepción, y a ambas se las conoce también como fase neurosensorial.

El oído o región periférica se divide usualmente en tres zonas, llamadas oído externo, oído medio y oído interno, como se muestra en la Figura 1.7.

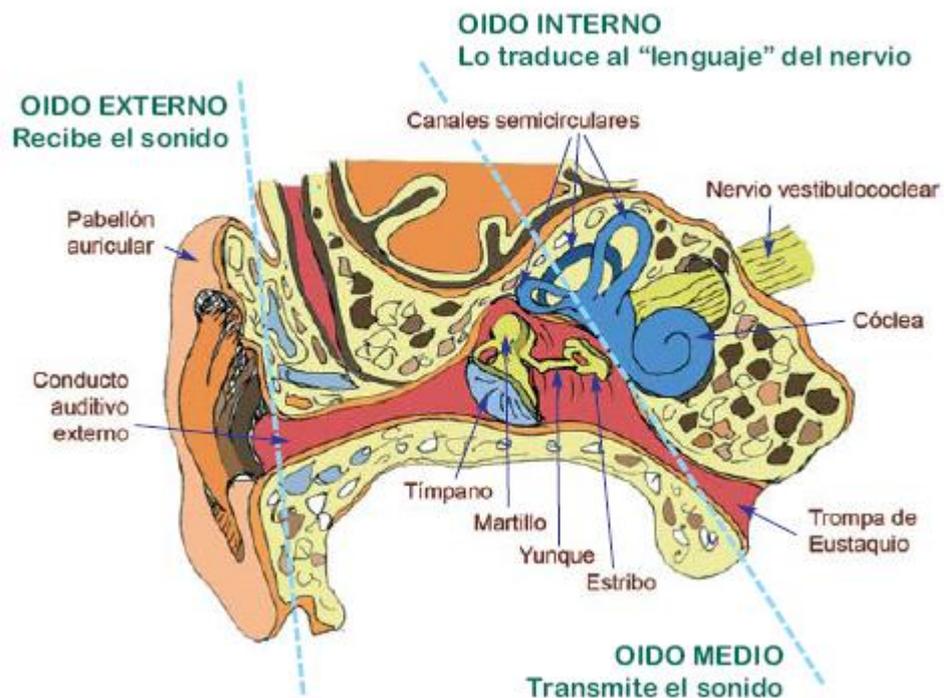


Figura 1. 7: Fisiología del oído humano

En definitiva, las vibraciones sonoras acceden al pabellón auricular y luego al tímpano, allí son transformadas en energías mecánicas y transmitidas a través de una cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) al líquido encerrado en el caracol (cóclea) que forma parte del oído interno.

El sistema tímpano–acicular, situado en el oído medio, no se limita a transmitir sino que amplifica la intensidad de la onda sonora, lo que facilita su captación por el oído interno. El oído medio actúa transmitiendo y amplificando la onda sonora como mecanismo habitual, pero puede actuar también reduciendo su amplitud, protegiendo al oído interno frente a sonidos de gran intensidad. Esta función protectora se produce por la contracción refleja de unos músculos situados sobre los huesecillos martillo y estribo, aumentando su rigidez, lo que produce una reducción de la captación sonora.

Cuando la onda sonora alcanza el oído interno, entra en la fase neurosensorial. Esta fase se puede a su vez dividirla en dos: coclear y neural. En la fase coclear, la cóclea se estimula por la llegada de los distintos sonidos y transmite la información a las terminaciones nerviosas, que después se organizarán en el nervio auditivo. En la fase neural, el nervio auditivo transmite el mensaje al sistema nervioso central. A nivel cerebral, en la corteza auditiva, se produce la decodificación del mensaje y por tanto su interpretación.⁹

Esta descripción de recepción, amplificación y análisis que realiza el oído se indica en la Figura 1.8.

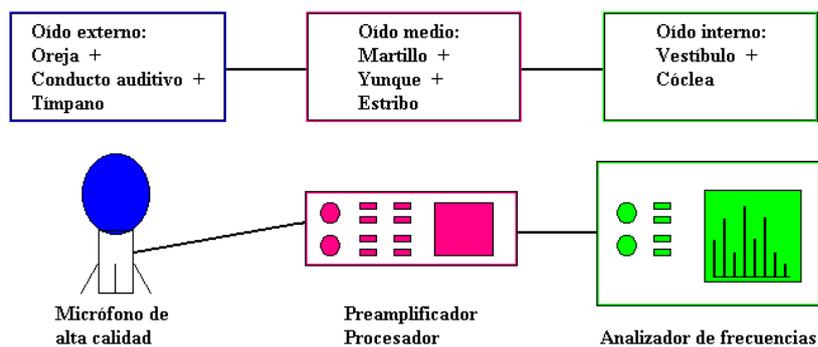


Figura 1. 8: Comparación de las tres zonas del oído humano

⁹ <http://www.auditio.com> (El portal de audiología)

a.1 Área de audición

El ser humano es capaz de detectar únicamente aquellos sonidos que se encuentren dentro de un determinado rango de amplitudes y frecuencias. Ver Figura 1.9.

Se define el rango dinámico del oído como la relación entre la máxima potencia sonora que éste puede manejar y la mínima potencia necesaria para detectar un sonido. Asimismo, el rango de frecuencias asignado convencionalmente al sistema auditivo va desde los 20 Hz hasta los 20 kHz, aun cuando este rango puede variar de una persona a otra o disminuir en función de la edad de la persona, de trastornos auditivos o de una pérdida de sensibilidad (temporal o permanente) debida a la exposición a sonidos de elevada intensidad.

La sensibilidad del sistema auditivo no es independiente de la frecuencia; por el contrario, dos sonidos de igual presión sonora pueden provocar distintas sensaciones de intensidad o "sonoridad", dependiendo de su contenido espectral.

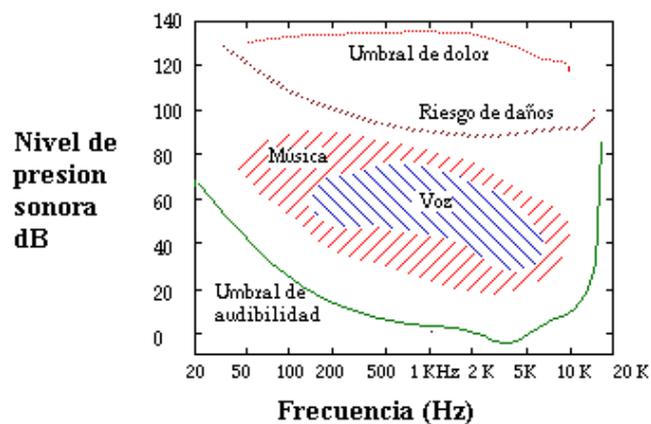


Figura 1. 9: Área de Audición

1.4.6 EL RUIDO EN EL LUGAR DE TRABAJO¹⁰

El ruido es un sonido que no le gusta a la gente. El ruido puede ser molesto y

¹⁰http://actrav.itcilo.org/osh_es/m%20dullos/noise/noiseat.htm (El ruido en el lugar de trabajo)

perjudicar la capacidad de trabajar al ocasionar tensión y perturbar la concentración. El ruido puede ocasionar accidentes al dificultar las comunicaciones y señales de alarma, como se observa en la Figura 1.10. El ruido puede provocar problemas de salud crónicos y, además, hacer que se pierda el sentido del oído.

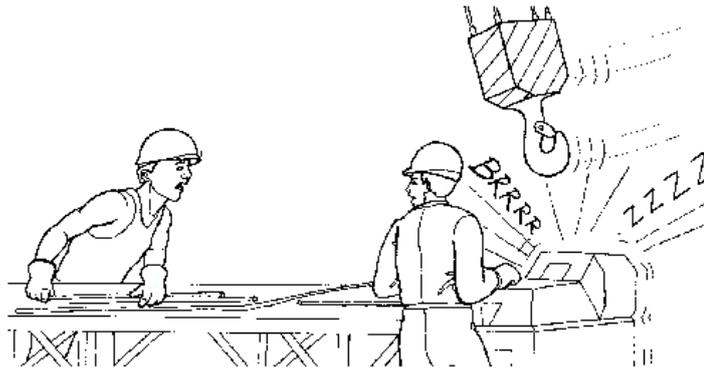


Figura 1. 10: El ruido en el lugar de trabajo

La pérdida del sentido del oído a causa de la exposición a ruidos en el lugar de trabajo es una de las enfermedades profesionales más corrientes. Los trabajadores pueden verse expuestos a niveles elevados de ruido en lugares de trabajo tan distintos como la construcción, las fundiciones y el textil. La exposición breve a un ruido excesivo puede ocasionar pérdida temporal de la audición, que dure de unos pocos segundos a unos cuantos días. La exposición al ruido durante un largo período de tiempo puede provocar una pérdida permanente de audición. La pérdida de audición que se va produciendo a lo largo del tiempo no es siempre fácil de reconocer y, desafortunadamente, la mayoría de los trabajadores no se dan cuenta de que se están volviendo sordos hasta que su sentido del oído ha quedado dañado permanentemente. Se puede combatir la exposición a ruidos en el lugar de trabajo, a menudo con un costo mínimo y sin graves dificultades técnicas. La finalidad del control del ruido laboral es eliminar o reducir el ruido en la fuente que lo produce.

1.4.7 LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Los efectos en la salud de la exposición al ruido dependen del nivel del ruido y de la

duración de la exposición.

a. Efectos nocivos auditivos del ruido

Fatiga auditiva: Es producida por el ruido intenso y se detecta como una disminución del umbral auditivo o como sensación de ensordecimiento, posterior al estímulo auditivo intenso. Se recupera totalmente con el reposo.

Traumatismo acústico agudo: Es provocado por un ruido muy intenso de corta duración, con rotura del tímpano y/o lesión del oído interno.

Trauma acústico crónico: Ruidos intensos con exposiciones prolongadas y repetidas. Se caracteriza por la pérdida de audición para las altas frecuencias, siendo la frecuencia de 4.000 Hz a 90dB la que más afecta.

Hipoacusia o sordera: Si la exposición al ruido se mantiene, se dañan las frecuencias adyacentes alterando, con el tiempo, las frecuencias donde se producen las conversaciones (de 500 a 2.000 Hz). Si es producida como consecuencia de la realización de un determinado trabajo, se denomina **sordera profesional**.

Sordera Profesional se caracteriza por lo siguiente:

- ✓ Es una hipoacusia por afectación del oído interno.
- ✓ La pérdida de audición es mayor cuando más años se permanece en el puesto de trabajo.
- ✓ Está asociada a un historial de exposición prolongada al ruido, y su desarrollo es gradual.
- ✓ La pérdida auditiva se inicia en las frecuencias altas.
- ✓ La lesión auditiva no progresa si el empleado público es retirado del ambiente ruidoso.

Para llevar a cabo un control correcto de la función auditiva, se realizan audiometrías. Ésta es una prueba específica, que debe incluirse en los exámenes de salud periódicos de todos los trabajadores/as expuestos al ruido y sirve para

detectar la pérdida de audición en las distintas frecuencias, la intensidad del trauma acústico y el tipo de hipoacusia.

b. Efectos nocivos no auditivos del ruido

Efectos fisiológicos

- ✓ Aumento de la presión arterial, aumento del ritmo cardíaco.
- ✓ Aumento de la tensión y de la fatiga muscular.
- ✓ Trastornos de memoria, de atención, de reflejos.
- ✓ Alteraciones agudeza visual y campo visual.
- ✓ Aumento frecuencia respiratoria.
- ✓ Reducción de la actividad cerebral (con el consiguiente efecto sobre el rendimiento).

Efectos psicológicos

El ruido puede producir modificaciones del carácter o del comportamiento como agresividad, ansiedad, disminución de la atención, estrés, molestia, desagrado, nerviosismo, irritabilidad etc.

Además de estos efectos psicológicos, se ha observado que los trabajadores expuestos a ruidos intensos durante el día pueden tener dificultades a la hora de conciliar el sueño e incluso despertarse a media noche con mayor frecuencia.

Interferencias con la actividad

La presencia de determinados niveles de ruido afecta a la realización del trabajo, dificulta la concentración, disminuye la atención y actúa como elemento de distracción, disminuyendo el rendimiento. Todos estos hechos pueden contribuir a aumentar el número de accidentes de trabajo en puestos de trabajo determinados.

Alteración con la comunicación oral

La presencia de niveles de ruido elevados dificulta la comunicación hablada con los compañeros u otras personas, repercutiendo negativamente en el trabajo realizado. Se ha observado que en los trabajadores expuestos a niveles de ruido elevados son más frecuentes las alteraciones de garganta y de laringe (debido a que deben forzar su voz para hacerse entender).

El nivel del sonido de una conversación en tono normal es, a un metro del hablante, de entre 50dBA y 55dBA. Hablando a gritos se puede llegar a 75dBA u 80dBA. Por otra parte, para que la palabra sea perfectamente inteligible es necesario que su intensidad supere en alrededor de 15dBA al ruido de fondo.

Por lo tanto, un ruido superior a 35 ó 40 decibelios provocará dificultades en la comunicación oral que sólo podrán resolverse, parcialmente, elevando el tono de voz. A partir de 65 decibelios de ruido, la conversación se torna extremadamente difícil.

1.4.8 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para la medida del ruido existen una gran variedad de sistemas (dependiendo del número de aparatos interconectados) con los que es posible dar respuesta a la mayoría de los problemas.

Aunque cada equipo es distinto, básicamente todos consisten en: un transductor, una sección de análisis y una unidad de visualización. El transductor es habitualmente un micrófono. La sección de análisis es la más compleja. Se compone de una gran variedad de circuitos que acondicionan la señal eléctrica y la ponderan. En el caso más sencillo consiste en una ponderación en frecuencia de acuerdo a alguna de las curvas de ponderación (ponderación A, B o C.).

Cuando el parámetro de mayor interés sea una evolución temporal del ruido, la ponderación A se puede integrar para obtener parámetros como LAeq. La sección

de salida o de visualización varía según la tecnología utilizada: marcador de aguja, lectura digital, impresora alfanumérica, pantalla de rayos catódicos e incluso conexión con computadoras.

a. Sonómetro

El sonómetro es un instrumento diseñado para responder al sonido en aproximadamente la misma manera que lo hace el oído humano, y dar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora. Existen muchos sistemas de medición sonora disponibles.

Aunque pueden ser muy diferentes en el detalle, cada uno consiste de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura.

El micrófono convierte la señal sonora a una señal eléctrica equivalente. La señal eléctrica producida por el micrófono es muy pequeña y debe ser amplificada por un preamplificador antes de ser procesada. (Ver Figura 1.11)

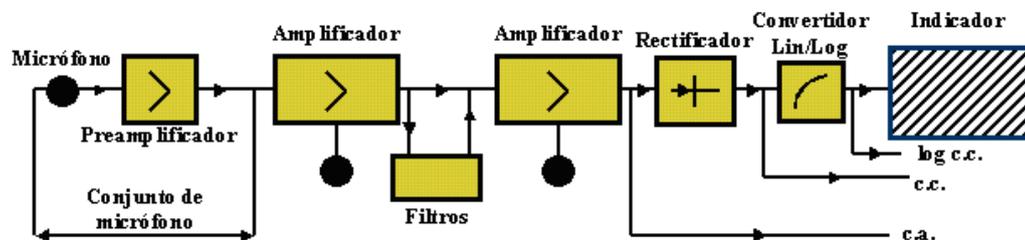


Figura 1. 11: Diagrama de bloques genérico de un Sonómetro¹¹

Varios procesamientos diferentes pueden aplicarse sobre la señal. La señal puede pasar a través de una red de ponderación. Consiste en construir un circuito electrónico cuya sensibilidad varíe con la frecuencia de la misma manera que lo hace el oído humano, y así simular las curvas de igual sonoridad. En la figura 1.12 se muestran las partes de un sonómetro.

¹¹<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html#DESCRIPCIÓN>



Figura 1. 12: Partes del Sonómetro

Existen diversos tipos de sonómetros que se diferencian principalmente por el grado de precisión que deben cumplir en relación a los valores que son capaces de medir. Ellos son los sonómetros tipo 0, 1, 2 y 3. El sonómetro Tipo 0 se utiliza generalmente en laboratorios especializados y sirve como dispositivo estándar de referencia. El Tipo 1, se utiliza tanto en laboratorio como en terreno cuando el ambiente acústico debe ser especificado y/o medido con precisión. El Tipo 2, es adecuado para mediciones generales en terreno. El tipo 3 se utiliza para realizar mediciones de reconocimiento.

b. Los dosímetros

Los dosímetros son equipos que monitorean el ruido ambiental y recogen los datos para su posterior análisis. El termino dosímetro se usa para definir cualquier instrumento dedicado a la medición de la dosis recibida de varias medidas físicas. En la Figura 1.13 se aprecia el instrumento de medición dosímetro.



Figura 1. 13: Dosímetro

Es portátil, permitiendo obtener una medición real durante un tiempo prolongado, como puede ser la jornada laboral.

1.4.9 NORMATIVA SOBRE LA EXPOSICIÓN Y EMISIÓN AL RUIDO

La normativa vigente sobre ruido en la actualidad es la Normativa ecuatoriana 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Anexo A) y el TULAS¹²(Anexo B), estas normas, que tienen el objetivo de proteger la salud de los trabajadores, aportan novedades a la metodología de prevención de los efectos del ruido en el trabajo

Otra normativa aplicable y vigente es la norma española NTP¹³, las mismas que son recomendaciones y, por tanto, no reclamables, si bien se utilizan y exigen en mesas de negociación

Los artículos más importantes de la NTP referentes al presente estudio son:

NTP 503. Confort acústico

En esta NTP se pretende conocer y valorar el malestar de las personas frente al ruido (Anexo C)

NTP 270. Evaluación de la exposición al ruido

El objetivo de esta NTP es facilitar una metodología que permita determinar el nivel de presión acústica continuo equivalente, representativo de las condiciones de exposición al ruido, así como el nivel de pico. (Anexo D)

NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico.

El objetivo del presente artículo es analizar las diversas circunstancias que influyen

¹²Texto Unificado de Legislación Secundario del Medio Ambiente

¹³ Normas Técnicas de Prevención

en la hipoacusia por exposición a ruido y desarrollar un diagrama de flujo exploratorio que permita localizar la lesión en relación a su topografía. (Anexo E)

1.4.10 GUIAS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Y LÍMITES DE RUIDO PERMITIDOS

Se utilizan los criterios de la OMS para determinar los niveles de ruido y tiempos de exposición en un lugar determinado. (Ver Tabla 1.6)

Tabla 1. 3. Niveles Límite para cada Tipo de Ambiente

Ambiente	Efectos en la Salud	Lee [dB]	Tiempo [h]	LA máx, fast [dB]
Exterior habitable	Molestias graves, día y anochecer Molestias moderadas, día y atardecer	55	16	-
		55	16	-
Interior de viviendas	Interferencia en la comunicación verbal, día anochecer Perturbación del sueño, noche	35	16	
Dormitorios		30	8	16
Fuera de los dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores en el exterior)	45	8	60
Aulas de escolar y preescolar, interior	Interferencia en la comunicación Perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje	35	Durante la clase	-
Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30	Horas de descanso	45
Escolar, terrenos de juego	Molestias (fuentes externas)	55	Durante el juego	-
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche Perturbación del sueño, día y anochecer	30	8	40
		30	16	-
Salas de tratamiento en hospitales, interior	Interferencia con descanso y restablecimiento	1		
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24	110
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: < 5 veces/año)	100	4	110
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	1	110
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (adultos)	-	-	140
	Daños al oído (niños)	-	-	120

Límites de Ruido Permitidos¹⁴

Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.

Para el caso de ruidos continuos, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Tabla 1. 4. Límites permitidos de ruido según el número de horas de exposición

Nivel Sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

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

En el caso de exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de

¹⁴Documento 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Capítulo V Medio Ambiente y Riesgos Laborales por Factores Físicos, Químicos y Biológicos, Art. 55. Ruidos y Vibraciones.

85 dB (A). Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1:

$$D = \frac{C}{T}$$

Ec. 1.11

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

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

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

Ruido de Impacto.-Se considera ruido de impacto a aquel cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquel cuya frecuencia sea superior, se considera continuo.

Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho período de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1. 5. Número de impulsos o impacto por jornada laboral

Número de impulsos de impacto por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dB)
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audio métrico.

Para mayor detalle del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo referirse al Anexo A.

En la figura siguiente se observa el nivel sonoro, la fuente del sonido y el efecto sobre el ser humano, según la OIT¹⁵.

¹⁵OIT Organización Internacional del Trabajo

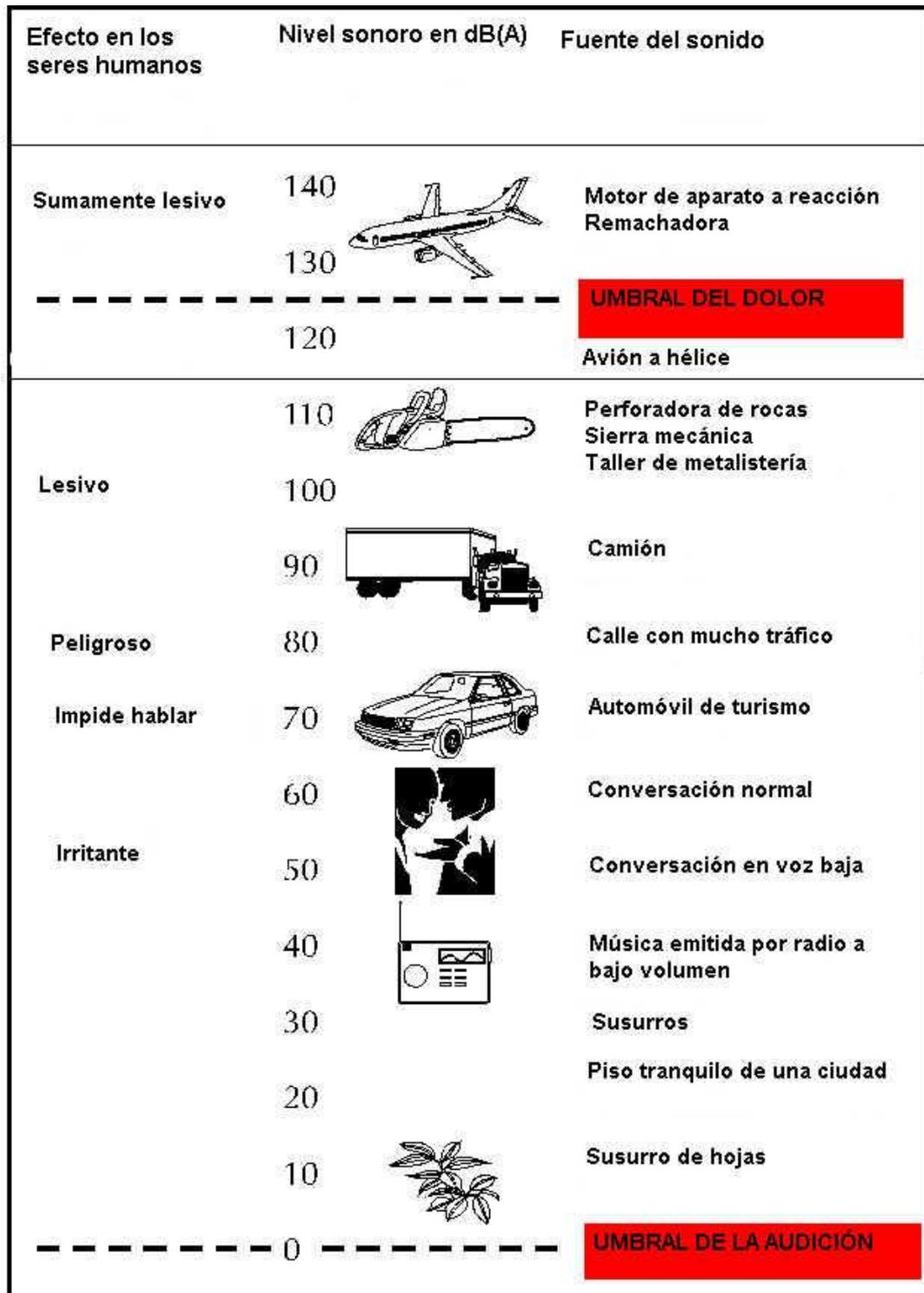


Figura 1. 14: Niveles Límite para cada Tipo de Ambiente¹⁶

¹⁶http://actrav.itcilo.org/osh_es/m%F3dullos/noise/noiseat.htm

1.5 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias.

La concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede aportar información sobre distintos aspectos y circunstancias de un edificio tales como posibilidad de efectos sobre la salud de sus ocupantes, correlación con problemas y quejas por olor o como dato para estudiar la ventilación de un local.

1.5.1 EMISIONES DE CO₂

En la capa más baja de la Tierra, la tropósfera, existe un balance cíclico de gases que protegen y hacen posible la vida en el planeta. Entre los gases que contiene se encuentra el dióxido de carbono (CO₂), un gas que contribuye a moderar la pérdida de calor de la Tierra al espacio exterior. Tanto el CO₂, como el metano, el óxido nitroso y el ozono, son conocidos como “gases de efectos invernadero”, ya que su función es similar a las paredes de cristal de un invernadero; permiten que penetre la radiación solar en la atmósfera terrestre, pero evitan que escape, ya que tienen la propiedad de absorber parte de la radiación solar que recibe y refleja la superficie terrestre y conservarla como energía calorífica.

La mayoría de los gases de efecto Invernadero se generan naturalmente. En particular, el CO₂ liberado a la atmósfera por procesos de descomposición orgánica y su concentración en la atmósfera es moderado por el crecimiento de las plantas. Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, el ser humano comenzó a emitir

grandes cantidades de CO₂ por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y la quema de biomasa, que se han acumulado en la atmósfera. Al haber una mayor absorción de radiación infrarroja, el aumento del CO₂ atmosférico, junto con otros gases invernadero, se ha traducido en un aumento en la temperatura terrestre; fenómeno conocido como Cambio Climático.

1.5.2 FUENTES DE CO₂

Entre las fuentes que emiten los gases y partículas contaminantes a la atmósfera, se tiene: industrias, fábricas, plantas de producción de energía, vehículos, hogares, entre otros.

Estas fuentes pueden ser puntuales como una chimenea o afectar a una región a través de una serie de fuentes pequeñas.

Las fuentes de contaminación se pueden clasificar en: móviles y estacionarias.

a. Fuentes Móviles

Estas fuentes corresponden a los automóviles, autobuses, locomotoras, camiones y aviones.

La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, debido a la combustión de gasolina y diesel que produce grandes cantidades de monóxido de carbono y menores cantidades de óxidos de nitrógeno. Las emisiones de los automóviles también contienen plomo y algunos contaminantes peligrosos.

Debido al creciente número de vehículos, estos siguen siendo la principal fuente móvil de contaminación del aire.

b. Fuentes Estacionarias

Existen cientos de miles de fuentes estacionarias de contaminación del aire, incluidas las plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo,

fábricas, hogares. Las fuentes estacionarias producen una amplia variedad de contaminantes del aire.

Una de las principales fuentes estacionarias de contaminación es la industria. Las principales actividades contaminantes que realiza son: quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, diesel, gasolina) para realizar los diferentes procesos, emisión de productos o desechos químicos volátiles (ácidos, solventes, catalizadores) y la modificación de las condiciones ambientales (calor y liberación de partículas inertes que modifican la visibilidad y la penetración de la luz).

Aunque la contaminación producida en los hogares en proporción pudiera parecer menor, comparada con la industria, también contribuye mediante la quema incompleta de gas en la calefacción o cocción de alimentos, la incineración de basura o, el uso de insecticidas

1.5.3. EL DIÓXIDO DE CARBONO LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE¹⁷

El dióxido de carbono es esencial para la respiración interna en el cuerpo humano. La respiración interna es un proceso por el cual el oxígeno es transportado a los tejidos corporales y el dióxido de carbono es tomado de ellos y transportado al exterior.

El dióxido de carbono es un guardián del pH de la sangre, lo cual es esencial para sobrevivir. El sistema regulador en el cual el dióxido de carbono juega un papel importante es el llamado tampón carbonato. Consiste en iones bicarbonato y dióxido de carbono disuelto, con ácido carbónico. El ácido carbónico neutraliza los iones hidroxilo, lo que hará aumentar el pH de la sangre cuando sea añadido. El ión bicarbonato neutraliza los protones, lo que provocará una disminución del pH de la sangre cuando sea añadido. Tanto el incremento como la disminución del pH son una amenaza para la vida.

¹⁷<http://www.lenntech.es/dioxido-de-carbono.htm>

Aparte de ser un tampón esencial en el cuerpo humano, también se sabe que el dióxido de carbono tiene efectos sobre la salud cuando la concentración supera un cierto límite.

Los principales peligros para la salud del dióxido de carbono son:

Asfixia. Causada por la liberación de dióxido de carbono en un área cerrada o sin ventilación. Esto puede disminuir la concentración de oxígeno hasta un nivel que es inmediatamente peligroso para la salud humana. Además al aumentar la concentración de CO₂, aumenta el ritmo respiratorio, y con ello la inhalación de otros gases tóxicos.

Congelación. El dióxido de carbono siempre se encuentra en estado sólido por debajo de los 78°C en condiciones normales de presión, independientemente de la temperatura del aire. El manejo de este material durante más de un segundo o dos sin la protección adecuada puede provocar graves ampollas, y otros efectos indeseados. El dióxido de carbono gaseoso liberado por un cilindro de acero, tal como un extintor de incendios, provoca similares efectos. El dióxido de carbono en estado líquido, se evapora con gran rapidez y en contacto con la piel y los ojos puede provocar graves efectos de congelación.

Daños renales o coma. Esto es causado por una alteración en el equilibrio químico del tampón carbonato. Cuando la concentración de dióxido de carbono aumenta o disminuye, provocando alteración del equilibrio, puede tener lugar una situación amenazante para la salud.

Hiperventilación. La inhalación de elevadas concentraciones, puede originar pérdida del conocimiento, taquicardias y dolores de cabeza. Si la exposición es prolongada o repetitiva puede provocar alteraciones en el metabolismo de la persona.

Efecto Invernadero. En el medio ambiente, el dióxido de carbono es la sustancia que más contribuye a este efecto, es decir, que absorbe gran parte de la radiación

solar incidente, reteniéndola cerca de la superficie terrestre y produciendo un calentamiento progresivo de la misma.

Monóxido De Carbono. Cuando no hay suficiente oxígeno presente, se genera monóxido de carbono, un gas invisible, inodoro e insípido. Cada año se vierten en el aire millones de toneladas métricas de este invisible pero letal gas. El CO ingresa al torrente sanguíneo y forma un compuesto con la hemoglobina (proteína transportadora) más estable que el que normalmente forma ésta con el oxígeno. En concentraciones por sobre 400 ppm el monóxido de carbono es letal (muerte se produce por asfixia).

1.5.4CO₂ COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE

a. El dióxido de carbono como contaminante sobre la salud de sus ocupantes

El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones (mayores a 30.000 ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición.

Es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm.

El valor límite de exposición profesional (LEP-VLA) del INSHT¹⁸ para exposiciones diarias de 8 horas es de 5.000 ppm con un valor límite para exposiciones cortas de 15 minutos de 15.000 ppm. Estos valores son difíciles de encontrar en ambientes interiores no industriales como son oficinas, escuelas y servicios en general. En la práctica, en estos recintos se encuentran valores de 2.000 y hasta 3.000 ppm.

Si se superan estos niveles puede deberse a una combustión incontrolada, en cuyo

¹⁸Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

caso el riesgo para la salud puede no ser debido al dióxido de carbono sino a la presencia de otros subproductos de la combustión, principalmente el monóxido de carbono (CO), cuyo límite de exposición es muy inferior (25 ppm).

b. El dióxido de carbono como indicador de olor

La emisión de CO₂ en la respiración humana está ligada a la de otros productos procedentes del metabolismo humano como son: agua, aerosoles biológicos, partículas, alcoholes, aldehídos, etc. Estos son los responsables directos de la carga de olor por ocupación humana dentro de un local.

Por ello, el nivel de concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede tomarse, si no hay otras fuentes contaminantes, como indicador de la carga de olor existente debida a sus ocupantes.

Para establecer valores de referencia se han realizado estudios con personas a distintas tasas de ventilación y aunque existen datos que sugieren que a 600 ppm los individuos más sensibles ya manifiestan quejas y molestias, en la práctica se acepta que no debe superarse una concentración de 1.000 ppm de dióxido de carbono con el fin de evitar problemas de olor y para que el aire sea considerado aceptable para aproximadamente el 80% de los visitantes del local.

Los ocupantes adaptados, es decir los que llevan un cierto tiempo en el local, pueden no notar molestias, en términos de olor corporal, hasta que la concentración de dióxido de carbono supera 2.000 ppm. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el hecho de que no se superen en un local estos niveles de dióxido de carbono no garantiza la ausencia de compuestos de origen distinto a los ocupantes (materiales, productos de consumo, actividades, etc.) que puedan ser molestos o nocivos para la salud.

1.5.5 MEDICIÓN DE GASES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La medición de gases contaminantes consiste en la determinación de la

concentración de cada uno de ellos en la atmósfera. La concentración consiste en la cantidad de un elemento o compuesto por unidad de volumen. Para expresar concentraciones en gases se utilizan las unidades ppm (partes por millón) y ug/m^3 .

Una parte por millón (ppm) consiste en 1 parte en 1000000 de partes en volumen.

El ug/m^3 relaciona la masa y el volumen de un gas. La equivalencia entre ppm y ug/m^3 es la siguiente:

—

Ec. 1.12

V= Volumen de un gas ¹⁹

n= número de moles

R= constante de Reynolds(0.082l.atm/°K.mol)

P= presión atmosférica

— —————

Ecu. 1.13

ug/m^3 = Equivalencia entre ug/m^3 y ppm

PM= peso molecular

V= volumen

1.5.6EFECTOS DEL CO₂ SOBRE LAS PERSONAS

La concentración de CO₂ en el aire a nivel global ha ido aumentando con el paso de los años hasta situarse en la actualidad en una media de aproximadamente 380 ppm.

Los efectos del nivel aumentado de CO₂ en personas adultas con buena salud se pueden resumir de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 1.9.

¹⁹<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/manualab/anexos.pdf>

Tabla 1. 6. Niveles Normales y Máximos de CO₂ sobre una persona²⁰

Porcentaje de CO ₂ (PPM)	Efectos sobre una persona
350 – 600	Niveles exteriores normales
Hasta 600	Niveles aceptables
600 – 1000	Sequedad y olor
1000 – 2500	Estupor
5000	Valor TLV (Valor máximo para un trabajador) 8h
30000	Aumento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, y náusea (por carencia de oxígeno)
50000	Dolores de cabeza y debilidad visual
100000	Inconsciencia, muerte por exposición prolongada

Estándar seguro establecido por la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Aire Acondicionado y Refrigeración (ASHRAE) y por la Administración para la Seguridad y Salud Laborales (Occupational Safety and Health Administration, (OSHA): 1000 ppm.

Los niveles máximos suceden de vez en cuando, como se ve, el Dióxido de Carbono no intoxica, sino que asfixia. Todos los efectos escritos corresponden a asfixia, no a envenenamiento; sin embargo, el agua y la arena también asfixian y no se consideran agentes contaminantes. Por lo tanto, el CO₂ tampoco puede considerarse como un agente contaminante simplemente porque asfixia.

1.6 SENSORES

Un sensor es aquel elemento que permite transformar una forma de energía en otra, particularmente es interesante cuando el cambio se hace a una variable eléctrica. Las variables eléctricas más comunes son la resistividad, capacitancia, inductancia o flujo magnético, y su variación se refleja en cambios de voltaje, corriente y

²⁰http://biocab.org/Bioxido_de_Carbono_CO2.html

<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=392>

resistencia.

Existe una inmensa variedad de sensores disponibles en el mercado: que generan una corriente eléctrica tras la aplicación de una fuerza como es el caso de los sensores piezoeléctricos, o sensores que cambian las propiedades de conducción según una variable externa. Consecuentemente no es una sorpresa que una forma de clasificar los sensores sea de acuerdo a la variable eléctrica que se modifica a través de la variable física. O por el contrario que se clasifiquen de acuerdo a la variable física que ellos puedan sentir.

1.6.1 SENSORES DE CO₂

Existen diferentes técnicas para la medida de CO₂. En este trabajo, de manera sintética, se han tomado como referencia los siguientes tipos de sensores: NDIR, resistivos y electroquímicos.

a. Sensores NDIR (Non Dispersive Infra Red)

Esta técnica aprovecha la propiedad de que muchos gases absorben radiación en una zona de luz infrarroja determinada, que se encuentra entre 2 y 14 micrómetros. Estas absorciones muestran características únicas para cada uno de los gases, permitiendo que se puedan deducir sus concentraciones.

Dentro de la cavidad del sensor, en donde se encuentra el gas, está la fuente de luz infrarroja y el detector infrarrojo (Figura 1.17). La luz que pasa hacia los detectores lo hace a través de un filtro cuyas características dependen del gas a ser medido. De esta manera, según cuanta luz se recoja en los detectores, se puede medir la concentración del gas²¹.

²¹ http://www.raesystems.com/~raedocs/App_Tech_Notes/Tech_Notes/TN-169_NDIR_CO2_Theory.pdf



Figura 1. 15: Método no dispersivo

Para el caso del CO₂ la longitud de onda de absorción es de 4,26 μm, es decir, que en la fabricación del sensor NDIR se utiliza un filtro óptico que sólo deja pasar esta longitud de onda hacia el detector de presencia de CO₂.

Los dispositivos comercialmente disponibles tienen dos detectores, el detector de presencia del gas a analizar y otro que se utiliza como referencia y que tiene otro filtrado diferente.

La figura 1.18 muestra un esquema de cómo están constituidos estos sensores.

Se debe alimentar la lámpara infrarroja (Source) con una señal determinada que especifica el fabricante. En un principio se debe realizar una rutina de calibración con unos valores de temperatura y de CO₂ determinados y guardar estos datos en una memoria. El proceso de medida del gas consiste en monitorear las tensiones de las salidas (Sensing detector y Reference detector) y realizar unos cálculos utilizando también los datos de calibración previamente guardados.

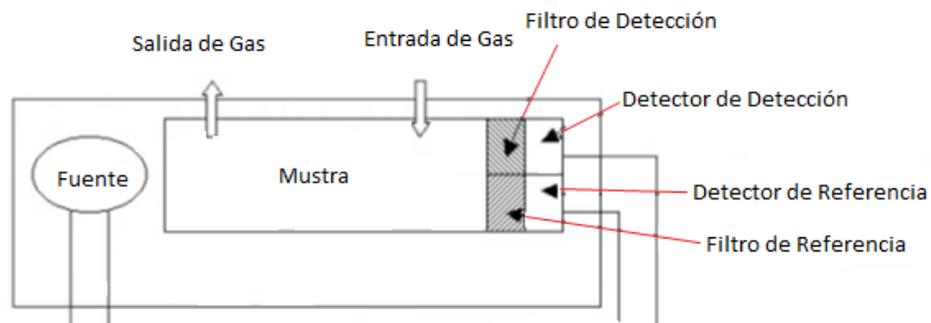


Figura 1. 16: Esquema del sensor NDIR de dos canales

Las ventajas que presentan los sensores NDIR son su reducido tiempo de calentamiento y su bajo consumo. Por el contrario las desventajas son que el procesamiento de las señales, la rutina de calibración y el cálculo de la medida son procesos relativamente complicados. Además, su precio es relativamente elevado comparado con los sensores electroquímicos.

b. Sensores Resistivos

Existen dos tipos de sensores resistivos para gases, los catalíticos (Pellistor) y los del tipo Metal oxide semiconductor. Sin embargo, no se han encontrado dispositivos para la medida de CO₂. Aun así, se describe su principio de funcionamiento.

Los sensores de gas catalíticos utilizan una fina bobina de platino que cuando se calienta llega a una temperatura de unos 450 °C. Esta bobina está incrustada dentro de una unidad (pellet) que se encuentra impregnada en un material catalizador. Cuando un gas inflamable entra en contacto con la superficie del catalizador se quema y se convierte en óxido, esto aumenta la temperatura del conductor con lo que se modifica su resistencia. Para compensar la temperatura ambiente y la humedad, se utiliza otro pellistor similar, pero sin catalizador conectado en serie. Este método se utiliza para la medida de gases inflamables.

Los sensores resistivos del tipo Metal oxide semiconductor se basan en el cambio de conductividad de óxidos semiconductores, dependiendo de la concentración de oxígeno en el ambiente. Se utilizan diferentes materiales en su construcción y se calientan a una determinada temperatura según el gas que se quiere detectar. Para cierto rango de concentración del gas en cuestión, la resistencia del sensor se puede expresar como:

$$\text{Ec. 1.14}$$

Donde A y α son constantes y C es la concentración del gas.

c. Sensores Electroquímicos

Un sensor electroquímico consiste de un electrodo sensor (cátodo) y un contra electrodo (ánodo) separados por una delgada capa de electrolito. El gas que entra en contacto con el sensor reacciona sobre la superficie del electrodo sensor generando una reacción de oxidación o reducción. Los materiales del electrodo, específicamente desarrollados para el gas de interés, catalizan estas reacciones. Una tensión proporcional a la concentración de gas es generada, la que puede ser medida para determinar la concentración de gas.

Existen diferentes maneras en que los sensores electroquímicos están contruidos, dependiendo del tipo de gas a detectar y del fabricante. La tecnología más utilizada en los sensores electroquímicos disponibles en el mercado para la medida de CO₂ es la del tipo de electrolito sólido. La figura 1.19 muestra la disposición de los diferentes elementos que conforman un sensor electroquímico de electrolito sólido. El elemento sensor consiste en un electrolito sólido de sodio (Na⁺) ubicado entre dos electodos (Fig. 1.19 izquierda). El cátodo (sensing electrode) consiste en carbonato de litio y oro, mientras que el ánodo (counter electrode) es de oro. El elemento sensor está dispuesto sobre una resistencia de calentamiento impresa (Figura 1.19 derecha) de sustrato de óxido cerámico (RuO₂).

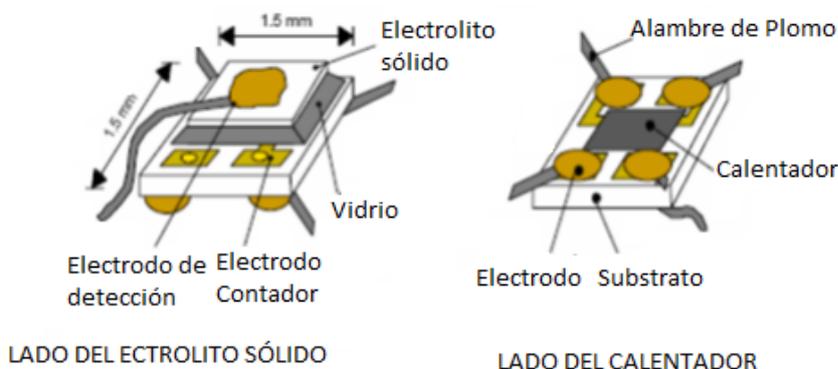


Figura 1. 17: Estructura del sensor electroquímico²²

²²<http://www.figarosensor.com/products/4161pdf.pdf>

Para que el sensor funcione correctamente se requiere de una tensión que especifica el fabricante aplicada a la resistencia de calentamiento (Heater) con el fin de mantener el elemento sensor a una temperatura óptima de funcionamiento. Entre los pines Electrodo contador y el Electrodo de detección se genera una tensión de salida que depende logarítmicamente de la concentración de CO₂.

Las ventajas de este sensor son su consumo muy bajo, su tamaño muy reducido y que no requiere de un circuito asociado complicado ni de cálculos complejos.

1.6.2 SENSORES DE RUIDO

Existen varios micrófonos los cuales son utilizados como sensores de ruido.

a. Micrófono Dinámico

Son micrófonos cuyo principio de funcionamiento es el transductor dinámico o un conductor eléctrico, en este caso una bobina unida a la membrana o una cinta plana, se desplaza bajo el efecto de las ondas sonoras en el interior de un campo magnético que crea un imán permanente ver Figura 1.20.

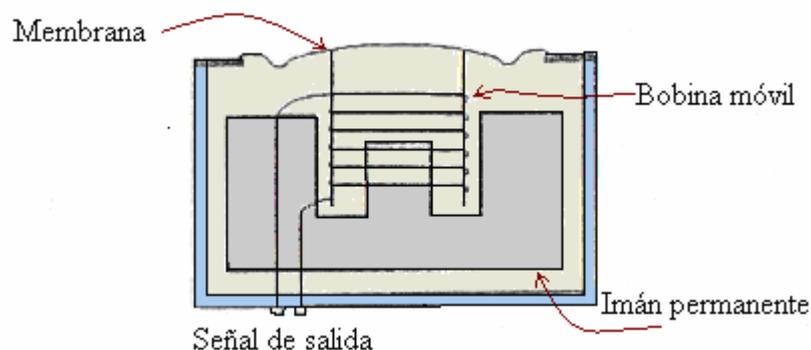


Figura 1. 18: Cápsula de un micrófono dinámico o de bobina móvil

Son los micrófonos más comunes en la actualidad, tanto en el ámbito doméstico como en aplicaciones de ingeniería de sonido. Sus características principales se comentan a continuación:

Fidelidad: Respuesta amplia y regular de 50 Hz a 15 kHz

Sensibilidad: Buena sensibilidad

Directividad: Omnidireccional y direccional

Ruido: Bajo

Impedancia interna: Baja

Otros: Robustos y seguros, no requieren fuente exterior

Uso: Radiodifusión, estudio y grabación domésticas.

b. Micrófono Electrostático

Los micrófonos electrostáticos o de condensador se basan en un transductor electrostático que opera como receptor. Para que el proceso de transducción sea lineal, necesitamos una polarización de tensión elevada que obtenemos del dispositivo al que van conectados. Ver Figura 1.21.

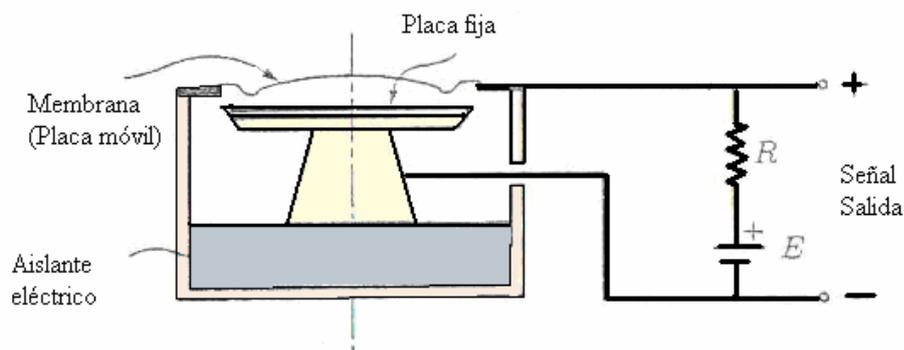


Figura 1. 19: Cápsula de un micrófono electrostático o de condensador

Como se observa se trata de un condensador plano, formado por dos placas conductoras separadas por aire como dieléctricos. Cuando el diafragma se mueve frente a la placa fija, la distancia de separación varía de forma proporcional a la

presión recibida. Con ello, la capacidad varía de forma inversa, cuando disminuye la distancia la capacidad aumenta y viceversa.

Fidelidad: Respuesta extremadamente plana, de 20 Hz a 20 kHz.

Sensibilidad: Alta

Directividad: Omnidireccional y direccionales

Ruido: Muy Bajo

Impedancia interna: Muy elevada

Otros: Muy delicados y caros, requieren energía externa

Uso: Calibración, instrumentación y grabación de alta calidad

c. Micrófono Electret Omnidireccional

Este micrófono ofrece la salida de sonido de alta calidad, es muy sensible (salida de alta impedancia) y un amplificador integral FET.



Figura 1. 20: Micrófono Electret

Las características que definen a la mayoría de estos micrófonos son las siguientes:

- **Sensibilidad**

Indica la capacidad de un micrófono para captar sonidos débiles, de poca intensidad. Específicamente es la presión sonora que hay que ejercer sobre el diafragma para que nos proporcione señales eléctricas. La sensibilidad de un micrófono cualquiera se expresa en mili voltios por Pascal (mV/Pa), y se mide a una frecuencia de 1000 Hertz.

Su expresión matemática es la siguiente:

$$S = t / p \qquad \text{Ec. 1.15}$$

Donde S es la sensibilidad, t es la tensión eléctrica proporcionada, y p es la presión sonora que ejercemos sobre el diafragma.

Los micrófonos de condensador son los más sensibles, después los dinámicos, y por último los de cinta. No es aconsejable utilizar micrófonos cuya sensibilidad esté por debajo de 1 mV/Pa.

- **Directividad**

Se define como la variación de sensibilidad del micrófono en función de la dirección de donde provenga la presión sonora.

Directividad de Presión: Son omnidireccionales, es decir tienen una respuesta similar en todas las direcciones del espacio.

Directividad de Gradiente: Presenta respuesta de tipo Bidireccional (en 8).

Su máxima sensibilidad se presenta entre 0 y 180 grados.

- **Fidelidad**

Indica la variación de la sensibilidad respecto de la frecuencia. Se mide esta característica para todo el espectro audible (20Hz a 20KHz). Así se proporcionan

con los micrófonos sus curvas de respuesta en frecuencias que indica las desviaciones sobre la horizontal (0µdB).

Cuanto más lineal sea esta curva, mayor fidelidad tendrá el micrófono. Los de mayor fidelidad son los de condensador.

- **Impedancia de salida**

Es la resistencia que proporciona el micrófono en su conector. Su valor típico está entre 200Ω y 600Ω a 1KHz. A esto se le llama baja impedancia, que es la habitual. Si la señal del micrófono no es de la impedancia adecuada, es necesario adaptarla. Para conseguir esto se utilizan los preamplificadores adaptadores de impedancia que suelen ir incorporados en la propia carcasa de algunos micrófonos. Hay que tener en cuenta que la impedancia de salida del micrófono ha de ser como máximo un tercio de la del equipo al que se conecta para evitar pérdidas de señal e incremento de ruidos de fondo. En baja impedancia se podrán emplear cables largos sin problemas, mientras que en altas no, porque provocarían pérdidas por efecto capacitivo²³.

- **Respuesta de Frecuencia**

Define el comportamiento de la señal de salida del micrófono en función de la frecuencia.

1.7 EQUIPOS DE PROTECCIÓN

1.7.1 PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO

La exposición continua a niveles de ruido superiores a 80 dB(A) puede provocar lesiones en el oído. Por lo que recomienda el uso de distintos aparatos de protección auditiva.

²³**Efecto capacitivo:** Se produce por el almacenamiento de cargas en un sistema formado por dos conductores separados por una pequeña distancia

Tapones

Los tapones para los oídos se llevan en el canal auditivo externo, son amoldables son esponjosos, suaves y se comprimen antes de insertarlos. Una vez en el oído se expanden y amoldan a la forma de su oído hasta que se queda ajustado cómodamente. Son desechables. Tapones amoldables se usan sólo una vez.



Figura 1. 21: Tapones amoldables

Tapones preamoldados

Los tapones pre amoldados están hechos de un material suave y flexible preformado para encajar en el oído. Deben hacerse a medida para cada oído. Estos tapones se usan más de una vez. Estos tapones deben lavarse después de cada uso. Use tapones preamoldados cuando necesite usar protección a menudo en su trabajo.



Figura 1. 22: Tapones pre amoldados

Orejas

Las orejas son diademas ajustables con copas y almohadillas que se ajustan alrededor de los oídos. Se pueden poner tapones debajo de las orejas para añadir protección. Las orejas son más cómodas de usar que los tapones si se llevan puestos durante un largo tiempo. Los trabajadores no deben llevar orejas cuando usen gafas u otro tipo de obstrucción. Las orejas pueden ser la mejor opción para proteger los oídos cuando los trabajadores necesitan protección ocasionalmente o usan maquinaria ruidosa como pulidoras sólo en ocasiones.

De acuerdo al elemento utilizado para acoplar las orejas, estas se clasifican en:

- Orejas con arnés
- Orejas acoplables a un casco de protección

Orejas con arnés: Consisten en casquetes que cubren las orejas y que se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, generalmente rellenas de espuma plástica o líquido. Los casquetes se forran normalmente con un material que absorba el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión (arnés), por lo general de metal o plástico. A veces se fija a cada casquete, o al arnés cerca de los casquetes, una cinta flexible. Esta cinta se utiliza para sostener los casquetes cuando el arnés se lleva en la nuca o bajo la barbilla.



Figura 1. 23: Orejas con arnés

Orejas acoplables a casco de protección: consisten en casquetes individuales unidos a unos brazos fijados a un casco de seguridad industrial, y que son regulables de manera que puedan colocarse sobre las orejas cuando se requiera.



Figura 1. 24: Orejas acoplables a casco de protección

No todos los materiales bloquean la misma cantidad de ruido. El fabricante indicará qué nivel de ruido (en decibelios) se bloquea si usa la protección apropiadamente. Esto se llama Escala de Reducción de Ruido (Noise Reduction Rating o NRR, por sus siglas en inglés). Para uso general, un NRR de 25 ó más es apropiado. Para condiciones extremadamente ruidosas los trabajadores pueden usar tapones y orejas a la vez.

El sistema consta de una clasificación sencilla que emplea un código de colores lógico para así facilitar el proceso de selección.

1.7.2 PROTECCIÓN CONTRA GASES

En cualquier empresa en la que, por el tipo de tareas, se emitan contaminantes atmosféricos peligrosos para la salud de los trabajadores, la primera consideración debe ser siempre la de aplicar las medidas preventivas para controlar o eliminar dichas emisiones. Pero, en algunos casos no son factibles de aplicar las medidas preventivas debiendo el trabajador recibir un EPP apropiado.

Las personas deben ser dotadas de equipos protectores para la respiración, frente a dos tipos de situaciones:

Situaciones emergentes: el personal está expuesto a concentraciones de contaminantes que tienen un efecto rápido y peligroso para la vida o la salud, después de un período relativo corto. Este tipo de situación exige emplear EPP que den una completa protección respiratoria, en la que se incluya protección adicional encaso que se produzca una falla en el dispositivo en el momento en que el trabajador se encuentra expuesto a la atmósfera peligrosa.

Situaciones no emergentes: son generalmente operaciones de rutina normales, en las que el trabajador se expone a atmósferas que no producen efecto rápido ni peligroso para la vida o la salud en períodos relativamente cortos. Pueden, en cambio, producir enfermedades crónicas, daños permanentes físicos, o incluso la muerte, después de exposiciones repetidas o prolongadas.

Los dispositivos de protección personal tienen una gran desventaja: no eliminan la fuente del riesgo. Por eso, una falla en estos dispositivos significa que el trabajador quede inmediatamente expuesto al riesgo.

Las atmósferas peligrosas se pueden clasificar en tres categorías básicas:

- Atmósferas contaminadas (por polvos, humos y neblinas, o gases y vapores).
- Atmósferas deficientes de oxígeno (calderas, tanques, tuberías, etc.).
- Atmósferas con temperaturas extremas, ya sea por excesivo calor o por excesivo frío.

Para cada tipo de peligro hay una clase de respirador. Por ello, hay que tener en cuenta:

- La selección del dispositivo adecuado
- El uso correcto del respirador

- El mantenimiento necesario

Purificadores de aire

Estos respiradores sólo pueden usarse en situaciones no emergentes, y si se cumplen los siguientes requisitos:

- La atmósfera contiene suficiente oxígeno.
- La concentración del contaminante es conocida.
- Los niveles de contaminación no exceden las limitaciones de la mascarilla o del cartucho del respirador.

Los trabajos más corrientes en los que se usan este tipo de respiradores, son aquéllos en los que los trabajadores se exponen a vapores de disolventes, como suelen darse en operaciones de pintado a pistola, desengrase, lavado en seco, y en los que se presentan concentraciones poco importantes de gases ácidos (ej.: fundición de minerales sulfúricos).

Consisten en un dispositivo flexible para el rostro, y los hay de distintos tipos:

Protectores respiratorios de media cara, que no necesitan mantenimiento (mascarillas): están diseñados para cubrir la nariz, la boca y la barbilla del trabajador, evitando la inhalación de sustancias perjudiciales. Están hechos de fibras que atrapan y retienen las partículas dañinas, actuando como filtros. Estos respiradores funcionan solamente si se los ajusta bien.



Figura 1. 25: Mascarilla

Respiradores de filtros reemplazables (máscara buco nasal): son aparatos purificadores de aire, que cubren la nariz, la boca y la barbilla. Los que protegen contra gas y vapor tienen cartuchos con sustancias que filtran gases y vapores del aire. Cada cartucho está preparado para un gas o vapor peligroso distinto. El cartucho puede traer, además, un pre filtro para atrapar polvos, humos y neblinas.



Figura 1. 26: Mascarilla buco nasal

a. Cómo Elegir los respiradores

Para realizar una adecuada selección de respiradores o mascarillas se debe tomar en cuenta las indicaciones que los proveedores nos proveen en sus catálogos, teniendo en cuenta cual es el trabajo que se realiza o a que gases estarán expuestos continuamente.

1.8 MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida.

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Frecuentemente se emplea la notación μC para referirse a los microcontroladores, de ahora en adelante, serán referidos en este documento por μC .

1.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES.

Las principales características de los μC son:

Unidad de Procesamiento Central (CPU): Típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/bus de programa compartidas.

Memoria de Programa: Es una memoria ROM (Read-OnlyMemory), EPROM (Electrically Programmable ROM), EEPROM (Electrically Erasable/Programmable ROM) o Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte a varios megabytes.

Memoria de Datos: Es una memoria RAM (Random Access Memory) que típicamente puede ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 kilobytes.

Generador del Reloj: Usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.

Interfaz de Entrada/Salida: Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I²C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos (Controller Area Network), USB (Universal Serial Bus).

La alta integración de subsistemas que componen un μC reduce el número de chips, la cantidad de pistas y espacio que se requeriría en un circuito impreso si se implementase un sistema equivalente usando chips separados.

Un aspecto de especial interés para el desarrollador de circuitos basados en microcontroladores son las interfaces de entrada/salida. A través de los pines del

chip asociados a las interfaces de entrada/salida el μ C puede interactuar con otros circuitos externos enviándoles señales de comando o recibiendo estímulos correspondientes a variables externas. Por lo general varios pines de datos son bidireccionales, es decir pueden configurarse como entradas o salidas.

1.8.2 ARQUITECTURA INTERNA DEL PIC²⁴

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales de un microcontrolador son:

- a. Procesador
- b. Memoria no volátil para contener el programa
- c. Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
- d. Líneas de E/S para los controladores de periféricos:
 - a. Comunicación paralelo
 - b. Comunicación serie
 - c. Diversas puertas de comunicación (bus I2C, USB, etc.)
- e. Recursos auxiliares:
 - a. Circuito de reloj
 - b. Temporizadores
 - c. Perro Guardián (watch dog)
 - d. Conversores AD y DA
 - e. Comparadores analógicos
 - f. Protección ante fallos de la alimentación
 - g. Estado de reposo o de bajo consumo

A continuación se pasa revista a las características más representativas de cada uno de los componentes del microcontrolador.

²⁴ Microcontroladores Pic, Diseño Práctico de Aplicaciones, ANGULO José María, ANGULO Ignacio

a. El Procesador

La necesidad de conseguir elevados rendimientos en el procesamiento de las instrucciones ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura Harvard frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de Von Neumann.

a.1 Arquitectura Von Neumann

Dispone de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta (ver Figura 1.40). A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).



Figura 1. 27: Arquitectura Von Neumann

a.2 Arquitectura Harvard

Dispone de dos memorias independientes (ver Figura 1.41), una que contiene sólo instrucciones, y otra que contiene sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias, ésta es la estructura para los PIC's.



Figura 1. 28: Arquitectura Harvard

El procesador de los modernos microcontroladores responde a la arquitectura RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones máquina pequeño y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecuta en un ciclo de instrucción.

Otra aportación frecuente que aumenta el rendimiento del computador es el fomento del paralelismo implícito, que consiste en la segmentación del procesador {pipe-Line), descomponiéndolo en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez.

El alto rendimiento y elevada velocidad que alcanzan los modernos procesadores, como el que poseen los microcontroladores PIC, se debe a la conjunción de tres técnicas:

- ✓ Arquitectura Harvard
- ✓ Arquitectura RISC
- ✓ Segmentación

b. Memoria de programa

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación.

Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

ROM con máscara

En este tipo de memoria el programa se graba en el chip durante el proceso de su fabricación mediante el uso de «máscaras». Los altos costes de diseño e instrumental sólo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series muy grandes.

EPROM: La grabación de esta memoria se realiza mediante un dispositivo físico gobernado desde un computador personal, que recibe el nombre de grabador. En la superficie de la cápsula del microcontrolador existe una ventana de cristal por la que se puede someter al chip de la memoria a rayos ultravioletas para producir su borrado y emplearla nuevamente. Es interesante la memoria EPROM en la fase de diseño y depuración de los programas, pero su coste unitario es elevado.

OTP (Programable una vez): Este modelo de memoria sólo se puede grabar una vez por parte del usuario, utilizando el mismo procedimiento que con la memoria EPROM. Posteriormente no se puede borrar. Su bajo precio y la sencillez de la grabación aconsejan este tipo de memoria para prototipos finales y series de producción cortas.

EEPROM: La grabación es similar a las memorias OTP y EPROM, pero el borrado es mucho más sencillo al poderse efectuar de la misma forma que el grabado, o sea, eléctricamente. Sobre el mismo zócalo del grabador puede ser programada y borrada tantas veces como se quiera, lo cual la hace ideal en la enseñanza y en la creación de nuevos proyectos. El fabuloso PIC16C84 dispone de 1 K palabras de memoria EEPROM para contener instrucciones y también tiene algunos bytes de memoria de datos de este tipo para evitar que cuando se retira la alimentación se pierda información.

Aunque se garantizan 1.000.000 de ciclos de escritura/borrado en una EEPROM, todavía su tecnología de fabricación tiene obstáculos para alcanzar capacidades importantes y el tiempo de escritura de las mismas es relativamente grande y con elevado consumo de energía.

FLASH: Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado sólo es posible con bloques completos y no se puede realizar sobre posiciones concretas.

Son muy recomendables en aplicaciones en las que sea necesario modificar el

programa a lo largo de la vida del producto, como consecuencia del desgaste o cambios de piezas, como sucede con los vehículos.

c. Memoria de datos

Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene deba ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa.

La memoria tipo EEPROM y la tipo Flash pueden escribirse y borrarse eléctricamente. Sin necesidad de sacar el circuito integrado del zócalo del grabador pueden ser escritas y borradas, numerosas veces.

d. Líneas de E/S para los controladores de periféricos

A excepción de dos patitas destinadas a recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Roset, las restantes patitas de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de Puertas. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el PC, el USB, etc.

e. Recursos auxiliares

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de

microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan a los siguientes:

- **Circuito de reloj**, encargado de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- **Temporizadores**, orientados a controlar tiempos.
- **Perro Guardián (watch dog)**, destinado a provocar una re inicialización cuando el programa queda bloqueado.
- **Conversores AD y DA**, para poder recibir y enviar señales analógicas.
- **Comparadores analógicos**, para verificar el valor de una señal analógica.
- Sistema de protección ante fallos de la alimentación.
- **Estado de Reposo**, en el que el sistema queda «congelado» y el consumo de energía se reduce al mínimo.

1.9 COMUNICACIÓN

1.9.1 PUERTO SERIE RS-232

Lo más importante del estándar de comunicaciones es la funciones específica de cada pin de entrada y salida de datos porque nos encontramos básicamente con dos tipos de conectores los de 25 pines y los de 9 pines, es probable que se encuentre más la versión de 9 pines aunque la versión de 25 permite muchas más información en la transferencia de datos.

Las señales con la que actúa el puerto son digitales (0 - 1) y la tensión a la que trabaja es de 12 Voltios, así:

12Voltios = Lógica “0”

-12 Voltios = Lógica “1”

Las características de los pines y su nombre típico se muestran en la Tabla 1.10.

Tabla 1. 7. Pines más importantes del conector DB9

Número	Pin	Función	Entrada/Salida	Conector DB9
1		Tierra de chasis		
2	RXS	Recibir datos	Señal de entrada	
3	TXD	Transmitir datos	Señal de salida	
4	DTR	Terminal de datos listo	Señal de salida	
5	SG	Tierra	Referencia para señales	
6	DSR	Equipo de datos listo	Señal de entrada	
7	RTS	Solicitud de envío	Señal de salida	
8	CTS	Libre para envío	Señal de entrada	
9	RI	Indicador de llamada	Señal de entrada	

Para controlar al puerto serie, la CPU emplea direcciones de puertos de E/S y líneas de interrupción (IRQ).

Antes de iniciar cualquier comunicación con el puerto RS-232 se debe de determinar el protocolo a seguir dado que el estándar del protocolo no permite indicar en qué modo se está trabajando, es la persona que utiliza el protocolo el que debe decidir y configurar ambas partes antes de iniciar la transmisión de datos.

Siendo los parámetros a configurar los siguientes:

- Protocolo serie (numero bits-paridad-bits stop)
- Velocidad de puerto
- Protocolo de control de flujo (RTS/CTS o XON/XOFF).

Para la visualización de las señales y la comunicación del PC con el micro son necesarias unas rutinas macro que gestione el software del micro así como un programa base para el PC que gestione el control dentro del Ordenador

1.9.2 LA INTERFAZ RS-232

La interfaz RS-232 es una interfaz de comunicación asíncrona que al no utilizar una señal de reloj para el envío de datos utiliza como técnica el encapsulamiento de los datos entre un bit de inicio y uno o dos bits de parada dependiendo de la configuración dada.

Esta interfaz serial además de emplear el bit de inicio y el de parada para el envío de datos durante la comunicación emplea un protocolo serial previamente establecido, para lo cual se debe determinar:

- El número de bits de datos, que puede ser en grupos de 5, 6, 7 u 8 bits, en este caso los datos a transmitir tendrán 8 bits.
- La paridad (par o impar)
- El número de bits de parada.
- La velocidad de transmisión, la misma que debe ser constante durante la transmisión de la trama de datos para garantizar de esta manera que cada uno de los 8 bits lleguen en forma correcta y no se presenten lecturas erróneas a causa de variaciones en la velocidad durante la transmisión de los mismos.
- El protocolo de control de flujo.

La trama de datos para la interfaz RS-232 como se indica en la Figura 1.42, está compuesta de la siguiente manera:

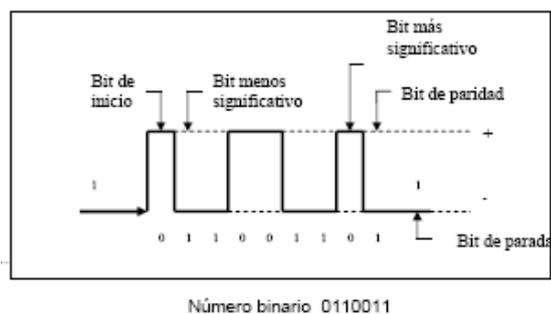


Figura 1. 29: Trama de datos de la Interfaz RS-232

a. Bit de inicio

Al detectar el bit de inicio el receptor sabe que la transmisión ha iniciado y a partir de ese momento empieza a leer las señales que recibe en intervalos de tiempo constantes que dependen de la velocidad de transmisión.

b. Bit de paridad

Este bit permite detectar si existe un error durante la transmisión. La paridad puede ser par o impar.

c. Bit de parada

Este bit indica que la transmisión de los datos ha finalizado. En este tipo de protocolos se permite tener 1, 1.5 y 2 bits de parada.

Para realizar esta comunicación se usa el circuito integrado MAX232, que permite cambiar los niveles TTL a los del estándar RS-232 o viceversa cuando se hace una transmisión.

1.10 INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

En las últimas décadas se han incrementado de manera considerable las aplicaciones que corren a través de redes debido al surgimiento de nuevas tecnologías que han modificado la forma de trabajo y producción en todos los sectores de la sociedad: industrial, educación, militar, salud, investigación, entre otras.

En la rama de la ingeniería y la ciencia, principalmente, la instrumentación virtual ha surgido como una herramienta muy importante para la adquisición de datos y el monitoreo remoto proporcionando grandes ventajas sobre la instrumentación tradicional.

La instrumentación virtual involucra tareas de procesamiento, análisis,

almacenamiento y despliegue de datos relacionados con la medición de una señal específica, que varían dependiendo de las necesidades del usuario; a diferencia de la instrumentación tradicional que se caracteriza por realizar funciones específicas que no pueden ser modificadas por el usuario ya que están definidas por el fabricante.

La instrumentación virtual es una herramienta que también puede ser implementada en equipos móviles (laptops), equipos a distancia (conectados vía radio, Internet, etc.), equipos distribuidos en campo (RS-485), o equipos industriales (NEMA 4X, etc.). Existe una tarjeta de adquisición de datos casi para cualquier bus o canal de comunicación en PC (ISA, PCI, USB, serial RS-232/485, paralelo EPP, PCMCIA, Compact PCI, PCI, etc.) y existe un driver para casi cualquier sistema operativo (WIN 3.1/95/NT, DOS, Unix, MAC OS, etc.).

1.10.1 INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL CON LABVIEW

a. LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un ambiente de desarrollo basado en la programación gráfica. Utiliza terminología, iconos, e ideas familiares a técnicos, científicos e ingenieros, y se basa en símbolos gráficos en lugar de lenguaje textual para describir acciones de programación. LabVIEW está integrado completamente en las comunicaciones con el hardware tal como GPIB, RS-232 y DAQ. Además cuenta con librerías para el manejo de redes TCP/IP y ActiveX.

b. Instrumentos Virtuales

Los archivos básicos que se pueden crear con LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales o VIs por sus siglas en inglés. Cada VI consiste de dos partes principales el panel frontal y el diagrama de bloques.

Otra parte importante es el icono y conector, el cual es el cuadro situado en la parte

superior derecha, y son medios para conectar un VI con otros VIs.

Panel Frontal: Es utilizado para interactuar con el usuario cuando el programa está corriendo, lo usuarios pueden controlar el programa, cambiar entradas, y ver datos actualizados en tiempo real. Es la interface del usuario con el VI. Se construye el panel frontal con controles e indicadores, que son las entradas y salidas que interactúan con las terminales del VI, respectivamente.

Los controles simulan instrumentos de entradas de equipos y suministra datos al diagrama de bloques del VI. Son botones, botones de empuje, marcadores y otros componentes de entradas. Son usados como entradas - ajustando controles de deslizamiento para colocar un valor de alarma, encendiendo o apagando un switch, o parando un programa.

Los indicadores simulan salidas de instrumentos y suministra datos que el diagrama de bloques adquiere o genera. Son usados como salidas los termómetros, luces, gráficas y otros indicadores, indican valores del programa, puede incluir datos, estados de programa y otra información.

Cada control o indicador del panel frontal tiene una terminal correspondiente en el diagrama de bloques. Cuando un VI se ejecuta, los valores de los controles fluyen a través del diagrama de bloques, en donde estos son usados en las funciones del diagrama, y los resultados son pasados a otras funciones o indicadores.

En la Figura 1.43 podemos observar el Panel Frontal y sus partes.

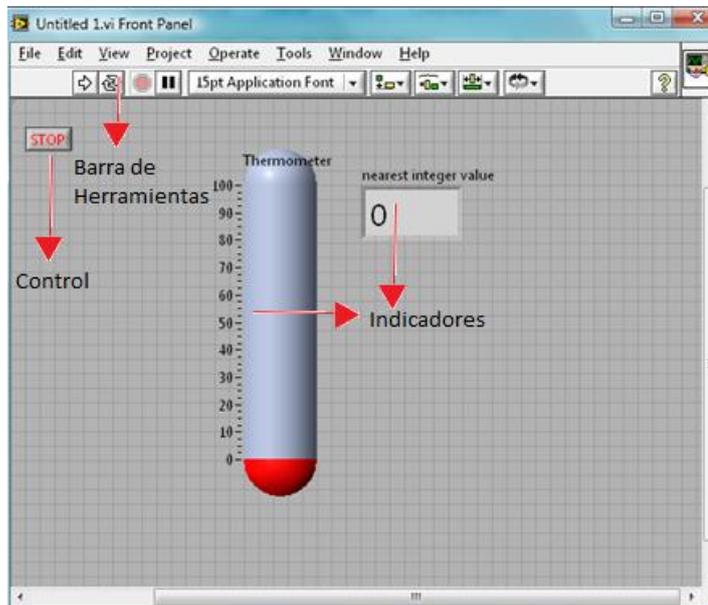


Figura 1. 30: Panel Frontal de VI

Diagrama de Bloque: Contiene el código fuente gráfico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloque. Adicionalmente, el diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas de LabVIEW VI. Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras. Como observamos en la Figura 1.44.

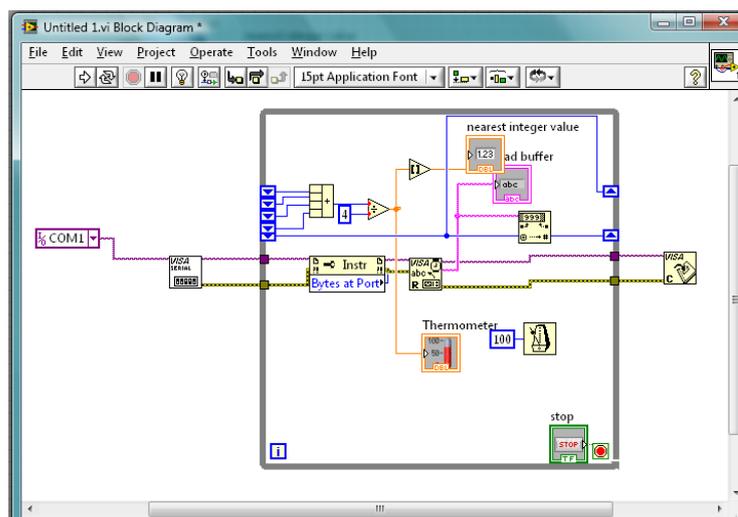


Figura 1. 31: VI Diagrama de Bloque

c. Ambiente de LabVIEW

Paleta de Controles

La paleta de controles (Controls) se usa para colocar los controles e indicadores en el panel frontal. La paleta de controles está disponible solamente en el panel frontal.

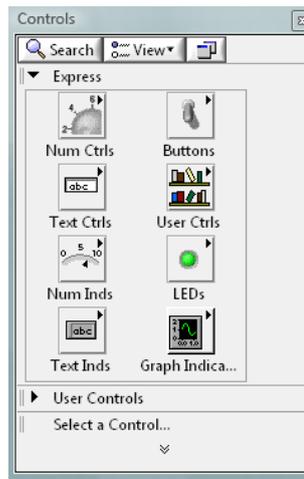


Figura 1. 32: Paleta de Controles

Paleta de Funciones

La paleta de funciones (Functions), se usa para construir un diagrama de bloque. La paleta de funciones está disponible solamente en el diagrama de bloque.

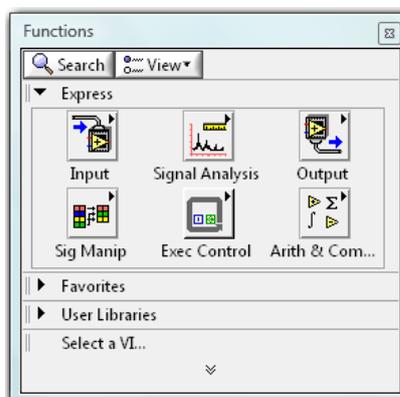


Figura 1. 33: Paleta de Funciones

Paleta de Herramientas

Paleta flotante. Utilizado para operar y modificar objetos en el panel frontal y en el diagrama de bloques.



Figura 1. 34: Paleta de Herramientas

1.10.2 INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL VS INSTRUMENTACIÓN TRADICIONAL

La arquitectura de los instrumentos tradicionales es muy similar a la de un instrumento virtual basado en PC. Ambos requieren uno o más microprocesadores, puertos de comunicación y capacidad de mostrar resultados y cuentan también con módulos de adquisición de datos. Lo que diferencia y proporciona ventaja del instrumento virtual sobre el tradicional, es la flexibilidad y el hecho de que es el usuario quien modifica la funcionalidad del instrumento.

Con la instrumentación virtual, los usuarios tienen la posibilidad de redefinir, expandir o modificar las funciones existentes de los instrumentos virtuales mediante cambios realizados por software.

Las ventajas que ofrecen los instrumentos virtuales sobre los instrumentos tradicionales se mencionan a continuación en la Tabla 1.11.

Tabla 1. 8. Tabla comparativa de Instrumentos Tradicionales vs Virtuales

INSTRUMENTO TRADICIONAL	INSTRUMENTO VIRTUAL
Definido por fabricante	Definido por el usuario
Funcionalidad específica, con conectividad limitada	Funcionalidad ilimitada, orientado a aplicaciones, conectividad amplia
Hardware en la clave	Software es la clave
Alto costo/función	Bajo costo/función, variedad de funciones, reutilizable
Arquitectura "cerrada"	Arquitectura "abierta"
Lenta incorporación de nuevas tecnologías	Rápida incorporación de nuevas tecnologías, gracias a la plataforma PC
Bajas economías de escala, alto costo de mantenimiento	Altas economías de escala, bajos costos de mantenimiento

Se puede observar, la única limitante existente de un instrumento virtual la tiene el diseñador de éste. Ya que de él dependerá la eficiencia del sistema y el aprovechamiento de los recursos para obtener un instrumento que vaya más allá de sólo realizar mediciones de señales desde un lugar remoto, debido a las herramientas de software con las que cuenta desde la PC y a la tecnología que se encuentra instalada en ésta.

Con la ayuda de la instrumentación virtual se logran:

- Control de información de flujo de dispositivos periféricos a través de interfaces estándar a la unidad de procesamiento central.
- Análisis, adquisición y monitoreo de datos remoto.
- Manipulación de datos como impresión, comunicación en red y acceso a Internet.
- Investigación científica mediante cambios de variables de experimentos en tiempo real.
- Sistemas de adquisición para aplicaciones en Internet.
- Aprendizaje mediante laboratorios virtuales.

1.10.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA BASADO EN INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

Los sistemas basados en PC que permiten desarrollar aplicaciones con Instrumentación Virtual, tienen una estructura que se puede dividir en tres componentes fundamentales:

Hardware de Adquisición de Datos y Acondicionamiento de Señal, Computador Personal y Software. Sin embargo, en cualquier aplicación con estos sistemas surgen otros elementos tales como: Transductores, Bloques Terminales, Cables conectores, etc. De esta forma el diagrama de bloques de una aplicación de Instrumentación Virtual como la disponible en el laboratorio de control automático del DIE, puede representarse como se muestra en la Figura 1.35.



Figura 1. 35: Diagrama de bloques de un Sistema basado en instrumentación Virtual

La función de cada uno de estos componentes es fundamental para el desarrollo de aplicaciones en Instrumentación Virtual, es por esto que se definirán brevemente las características de cada uno de estos elementos.

– Transductores

Son los elementos que tienen la capacidad de transformar una señal en una de naturaleza distinta. Es así como se tienen transductores que pueden censar un fenómeno físico, entregando una señal eléctrica con la información necesaria para

interpretarlo y otros que pueden actuar sobre un fenómeno determinado mediante la generación de señales. Las señales provenientes de ciertos transductores son ingresadas al sistema de adquisición de datos en forma de Voltaje o Corriente, dependiendo esto último exclusivamente del Transductor y de la Tarjeta Adquiridora.

– **Bloques Terminales**

Estos elementos constituyen la interfaz de conexión entre los transductores y los Sistemas de adquisición y acondicionamiento de señal. Son simplemente bloques similares a las borneras, pero presentan características adicionales que los hacen muy útiles, como por ejemplo algunos incluyen RTD conectados a un canal de adquisición dedicado para realizar la compensación de cero cuando se mide temperatura con termocuplas. Otros Bloques tienen conjuntos de resistencias de precisión para realizar lectura de señales de corriente.

– **Hardware de Acondicionamiento de Señal**

Las señales eléctricas generadas por los Transductores deben ser acondicionadas para poder ser adquiridas por el Hardware. Los accesorios de acondicionamiento permiten Amplificar, Aislar y Filtrar para realizar mediciones más exactas y además, Multiplexar y Excitar Transductores como Strain Gauges y RTD. Además permiten aumentar el número de canales para aplicaciones que así lo requieran.

– **Hardware de Adquisición de Datos**

Estos dispositivos son fundamentales para implementar cualquier aplicación en Instrumentación Virtual, ya que permiten relacionar en forma directa el concepto Virtual desarrollado en el computador y el concepto Instrumentación que se desarrolla en terreno, ahí donde están los Sensores y Actuadores, transformándose así en una interfaz absolutamente necesaria.

– **Cables de Conexión**

La necesidad de conectar equipos entre sí es evidente, más aún cuando se trata de dispositivos de naturaleza distinta, por ejemplo PC y Hardware de Adquisición. Es por esto que cada etapa de la aplicación deberá ser cableada con un tipo de cable conector apropiado y que cumpla las condiciones mínimas de compatibilidad para asegurar un correcto funcionamiento.

– **Computador**

El Computador, ya sea PC o Portátil puede afectar drásticamente el desempeño de un sistema, principalmente porque puede potenciar o limitar las aplicaciones de Software y de Adquisición de Datos. Hoy en día la Tecnología basada en procesadores Pentium y Power Pc, y agregando el alto desempeño de la arquitectura de los buses PCI, USB, y el tradicional bus ISA/EISA y Machintosh Nu Bus, entregan una herramienta poderosa, sobre todo, en velocidad.

Además con la posibilidad de utilizar PCMCIA²⁵ para PC portátiles, permiten desarrollar aplicaciones que entregan una mayor flexibilidad y movilidad. El desarrollo que ha tenido la transferencia de datos DMA en algunas arquitecturas de Computador, permite incrementar la tasa de transferencia y así la velocidad del sistema. De acuerdo a la arquitectura del computador y las características del Hardware se debe escoger el sistema operativo y el Software de aplicación que entreguen mayores beneficios a la hora de establecer aplicaciones.

– **Software**

El Software transforma al PC, Hardware de Adquisición y Acondicionamiento de señales en un sistema completo de adquisición y generación de señales, análisis, procesamiento y visualización de datos, es decir, es el último y tal vez uno de los más importantes ingredientes para realizar una aplicación de Instrumentación Virtual. A la hora de elegir el Software adecuado se debe considerar entre otras

²⁵Personal Computer Memory Card International Association

cosas:

- ✓ Compatibilidad con el Hardware de Adquisición y Acondicionamiento.
- ✓ Funcionalidad expresada en Drivers para manejar un determinado Hardware.
- ✓ Sistema operativo bajo el cual opera.
- ✓ Potencialidad y Flexibilidad.
- ✓ Dificultad y complejidad en la programación.

De acuerdo a las características antes mencionadas, el usuario podrá implementar y desarrollar sistemas a la medida de sus necesidades, entregándote una poderosa herramienta para realizar expansiones, modificaciones y generación de nuevos sistemas y aplicaciones en Instrumentación, Control, Monitoreo y Automatización de Procesos Industriales.

El software es el componente más importante de un instrumento virtual.

CAPITULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se da la descripción del dispositivo evaluador a implementarse, los diferentes elementos a utilizarse y su principio de funcionamiento. Luego se detalla lo referente al diseño e implementación de hardware y de software.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El dispositivo debe ser compacto y apto para realizar las mediciones en el sitio que se requiera. En la Figura 2.1 se puede observar el diagrama de bloques del evaluador donde consta los sensores de ruido y CO₂, estos van acoplados a diferentes dispositivos que se encargarán de procesar las señales para mostrar los datos al usuario.

Como sensor para medir el ruido se emplean Micrófono de Condensador Electret y para evaluarla concentración de CO₂ se usa un Sensor de CO₂MG-811, los mismos que se encuentran dispuestos de la siguiente forma:

- En la parte superior derecha el sensor de CO₂.
- En la parte frontal se encuentra el sensor de ruido (micrófono de condensador electret).

La parte medular del dispositivo es donde se localiza toda la circuitería electrónica, se encarga de:

- Recibir las señales provenientes de los sensores y procesarlas a través de los convertidores análogos-digitales del microcontrolador.
- Leer e indicar en la LCD, la fecha y hora.
- Mostrar en la pantalla de cristal líquido (LCD) las diferentes variables.
- Guardar los datos de las variables en la memoria externa.

- Leer los datos de la memoria externa y enviar los datos a través del puerto serial a un computador.

La parte de comunicación constituye la interfaz del dispositivo con el usuario (teclado y pantalla LCD) y el puerto DB-9 para la conexión del dispositivo evaluador con el computador. Desde aquí se puede controlar la visualización de los diferentes datos con los cuales se trabaja y se ordena al dispositivo que realice una de las actividades para las cuales está configurado (sincronizar reloj, realizar las mediciones, descargar datos).

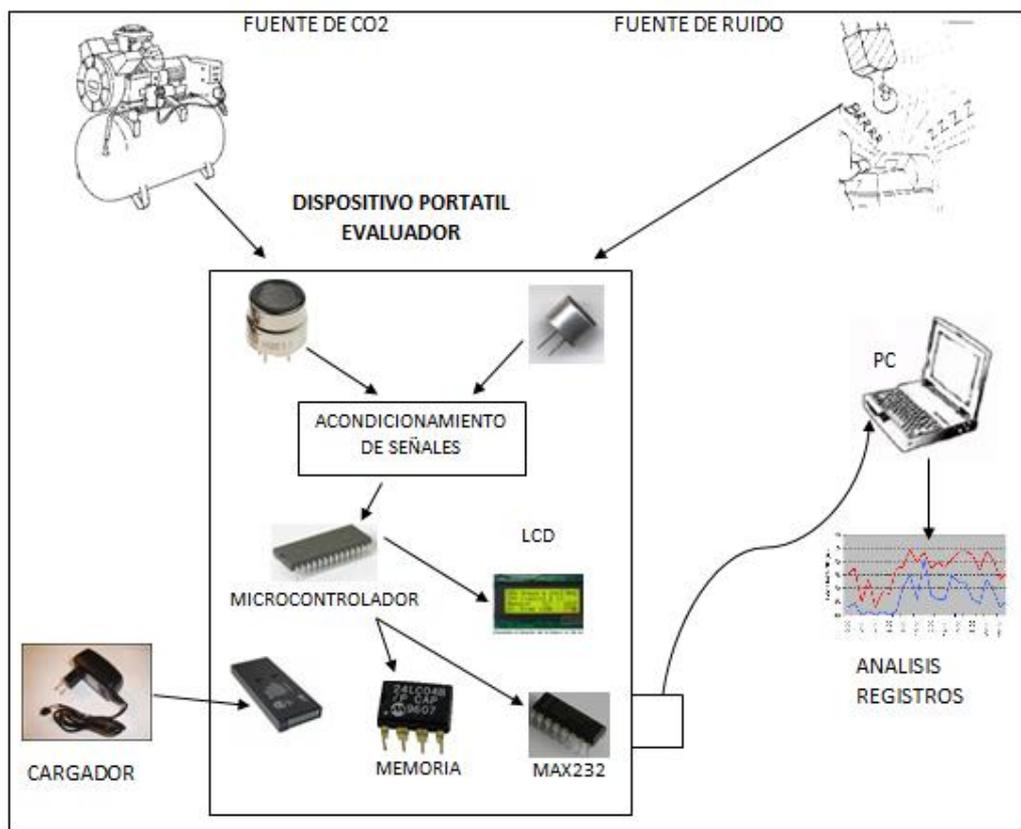


Figura 2. 1: Diagrama de bloques del evaluador de CO₂ y ruido

2.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

El evaluador de CO₂ y ruido para cumplir su trabajo en forma eficiente necesita de varios elementos electrónicos que son de vital importancia para su funcionamiento, se selecciono el microcontrolador 18F452 para la parte de adquisición, visualización

y control; además de actuadores que son los que efectúan las acciones de control ordenadas por el microcontrolador.

2.3.1 MICROCONTROLADOR

Tomando en cuenta las características de los diferentes microcontroladores se selecciona el que tiene más ventajas para su uso. El programa con el cual funciona el dispositivo es de un tamaño considerable por lo que necesita un gran espacio de memoria.

Además tiene varios periféricos conectados por lo que se requiere de una cantidad considerable de pines para su respectiva conexión.

Este circuito integrado forma parte de los circuitos integrados de Microchip Technology Inc., que pertenece a la categoría de los microcontroladores. Presenta características muy versátiles que le permiten aplicaciones en un gran número de variedades.

Características Técnicas:

- ✓ Memoria Flash de 32 Kbytes.
- ✓ Número de instrucciones: 16384.
- ✓ RAM (incluida) de 1536 bytes.
- ✓ Datos EMPRO 256 bytes.

Características Periféricas:

- ✓ Posee 5 puertos I/O, de 8 bits, menos el puerto A que sólo tiene 7 bits.
- ✓ Compatibilidad A/D de 10 bits.
- ✓ Tiene un generador de oscilación que le brindan características de timer.

Además, un convertidor análogo-digital de 10 bits, comunicación serial RS-232 y RS485, timers, interrupciones, comunicación por el protocolo I²C²⁶, entre otras características.

En la Figura 2.2 se tiene un microcontrolador PIC18F452, este dispositivo

²⁶I²C Inter Integrated Circuit – Interconexión del circuito integrado

posee 40 pines de los cuales 33 se pueden usar como entradas o salidas.



Figura 2. 2: Microcontrolador PIC18F452

Para mayor detalle del microcontrolador PIC18F452 ver Anexo F.

2.3.2 SENSORES

En el presente proyecto es de interés medir parámetros tales como el nivel de concentración de CO₂ y el nivel de ruido en el ambiente laboral, por lo que los principales elementos son los sensores.

Para la selección de los sensores es necesario considerar varios aspectos como: tiempo de respuesta, disponibilidad en el mercado, precisión y durabilidad.

- **Tiempo de respuesta**, el tiempo de respuesta debe permitir tomar por lo menos datos cada 10 minutos, para mantener continuidad en la adquisición de muestras.
- **Disponibilidad en el mercado**, en el país se pueden encontrar fácilmente sensores de ruido a diferentes precios, mientras que el sensor de CO₂ no está disponible en el mercado nacional por lo que se debe importar.
- **Precisión**, la precisión de los sensores no debe superar el 5% para obtener una medida muy próxima al valor real.
- **Durabilidad**, representa el tiempo de vida de los sensores que debe ser superior a un año para que el prototipo funcione a largo plazo.

a. Micrófono

La etapa de ingreso de la señal de audio al prototipo, se la conseguirá con un micrófono, éste elemento será el encargado de transformar la energía acústica en

energía eléctrica. Para este tipo de aplicaciones el micrófono a elegir será un micrófono de condensador polarizado (electret²⁷).

Tomando en cuenta las características antes mencionadas en el Capítulo I, se ha elegido el micrófono Electret omnidireccional de Panasonic WM-61A. Su hoja de datos lo podemos ver en el Anexo G.

- ✓ Con un rango de respuesta de frecuencia lineal a partir de 20Hz a 20KHz.
- ✓ Alta sensibilidad de $-35 \pm 4\text{dB}$ ($0\text{dB} = 1\text{V/Pa}$, 1KHz).
- ✓ Un cociente $>62\text{dB}$ de señal/ruido.
- ✓ Diseñado para altas vibraciones.
- ✓ Es un micrófono de bajo costo, larga vida útil, de pequeño tamaño y que brinda una solución de la alta calidad.

El diagrama esquemático presentado en la Figura 2.3, es el circuito interno del micrófono WM-61A y su asignación dada a cada terminal.

La capacidad del diafragma aparece en el diagrama esquemático como C (aprox.10pF). El valor de R emula las salidas del espaciador del diafragma. El valor de R está dado en el orden de los Giga. El JAFET usado en WM-61A es el 2SK3426²⁸.

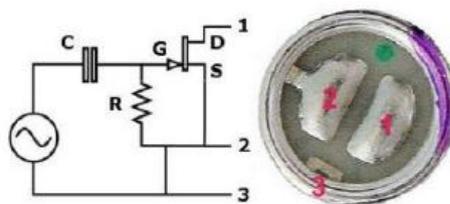


Figura 2. 3: Diagrama esquemático del circuito interno del Micrófono WM-61A

Según lo considerado en el diagrama esquemático, el JFET está conectado como

²⁷ Un material electret tiene como característica la capacidad de mantener carga sin necesidad de una fuente de polarización. Una de las dos placas se desplaza al recibir variaciones de presión, ya que el interior del micrófono está a una presión constante igual a la presión atmosférica. La variación de la capacitancia, al cambiar la distancia entre las placas, producirá una variación de voltaje. Este tipo de micrófono produce la mejor respuesta de frecuencia. Debido a que responde a variaciones de presión se clasifican en los micrófonos de presión, y como consecuencia de ello tienen una respuesta omnidireccional

²⁸ <http://www.datasheetarchive.com/preview/309983.html>

amplificador de fuente común.

b. Sensor de CO₂ MG811²⁹

Para la medición de dióxido de carbono se eligió el sensor MG811 (Figura 2.4) debido a que está disponible por importación, y posee un tiempo de respuesta menor a 60 segundos. Es muy utilizado en aplicaciones de medición de calidad del aire, alarmas, entre otros. Es pequeño y fácilmente incorporable.



Figura 2. 4: Sensor de CO₂

- **Características**

- Buena sensibilidad y selectividad de CO₂.
- Baja dependencia de humedad y temperatura.
- Larga estabilidad

- **Aplicación**

- Control de calidad de aire
- Control de proceso de fermentado
- Detección de concentración de CO₂ en cuartos de temperatura

- **Estructura y Circuito de prueba**

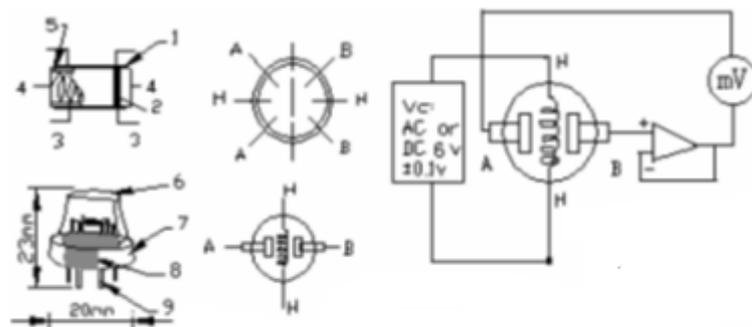


Figura 2. 5: Estructura y circuito de prueba del sensor de CO₂³⁰

²⁹http://www.futurlec.com/CO2_Sensor.shtml

El sensor está compuesto por una capa de electrolito sólido(1), electrodos de oro (2), plomo platino(3), calentador(4), tubo de porcelana(5), red de doble capa100m (6), anillo plateado de níquel y cobre(7), baquelita(8), pin plateado de níquel y cobre (9).

Como se muestra en la figura 2.5, el voltaje de calentamiento del sensor es provisto por un circuito externo. Cuando la temperatura de su superficie es suficientemente alta, sus dos lados darán una señal de voltaje equivalente al nivel de CO₂. En las pruebas del sensor, la impedancia del amplificador debe estar dentro de 100-1000GΩ.

En la Tabla 2.1 se observa las características que cumple el Sensor de CO₂.

Tabla 2. 1. Características del sensor de CO₂³¹

Símbolo	Nombre de parámetro	Parámetro Técnico	Observación
V _H	Voltaje de calentamiento	6.0±0.1V	AC o DC
R _H	Resistor de calentamiento	30.0±5% W	Temperatura
I _H	Corriente de calentamiento	@200mA	
P _H	Potencia de calentamiento	@1200mW	
T _{ao}	Temperatura de operación	-20 a 50°C	
T _{as}	Temperatura de almacenamiento	-20 a 70°C	
EMF	Salida	30 - 50mV	350 - 10000 ppm CO ₂

³⁰http://www.futurlec.com/CO2_Sensor.shtml

³¹http://www.futurlec.com/CO2_Sensor.shtml

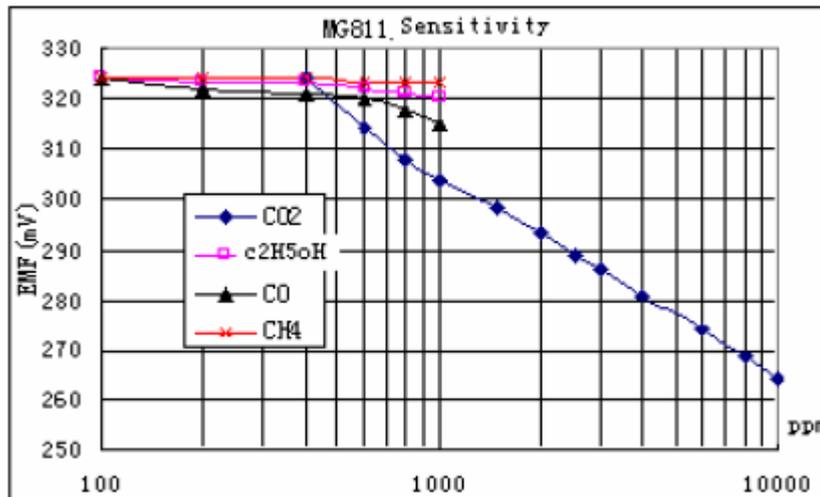


Figura 2. 6: Sensibilidad del sensor de CO₂³²

Para más información revisar la hoja de datos del Anexo H.

2.3.3 AMPLIFICADORES

Los amplificadores operacionales son dispositivos compactos activos y lineales de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada. Un amplificador operacional (A.O.) está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida.

La señal proveniente de los sensores necesita ser amplificada para lo cual se utiliza los siguientes circuitos integrados.

a. Amplificadores TL084

Para el diseño de todos los circuitos amplificadores o filtros se utilizará el circuito integrado TL084CN, que es un amplificador operacional con entrada JFET y que posee características magníficas para el diseño del prototipo como: bajo consumo de potencia, relación de rechazo en modo común (CMRR = 86dB), baja distorsión armónica 0.003%, alta impedancia de entrada, entre otros.

³²http://www.futurlec.com/CO2_Sensor.shtml

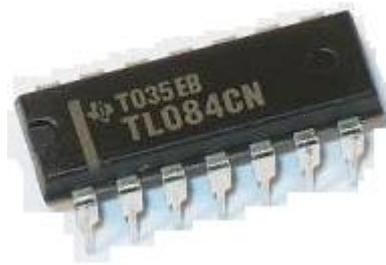


Figura 2. 7: Circuito integrado TL084

Para más información del Amplificador Operacional referirse al Anexo I.

b. Amplificador Operacional LM358

La señal proveniente del sensor necesita ser amplificada, se utiliza el amplificador LM358, este es un circuito compuesto de dos amplificadores operacionales independiente, diseñados para funcionar con alimentación simple o dual. La ganancia se la configura por medio de resistores externos. El consumo de corriente de $500\mu\text{A}$.

Mayor información en el Anexo J.



Figura 2. 8: Amplificador LM358

2.3.4 CONVERTOR RMS A DC AD636

El AD636 es un circuito integrado monolítico de bajo consumo que realiza la conversión RMS a DC en las señales de bajo nivel. El AD636 está especificado para un rango de señal de 0 mV a 200 mV rms.

A continuación se mencionan las características más importantes del AD636J:

- ✓ Señal de entrada: 0mV a 200mVAC
- ✓ Alta exactitud:
 - 1.0% máximo error (AD636J)

- ✓ Capacidad amplia de la respuesta:
 - Provee valor RMS de señal AC y DC
 - Ancho de banda 1MHz - 3dB: VRMS > 100mV
- ✓ Salida en dB con rango de 50dB
- ✓ Operación con simple o doble fuente de alimentación
- ✓ Bajo costo
- ✓ Corriente típica de 800μA
- ✓ Bajo consumo de potencia
- ✓ Rango de temperatura: 0°C a +70°C
- ✓ Empaquetados en tipo DIP de 14 pines

Mayor información referirse al Anexo K.

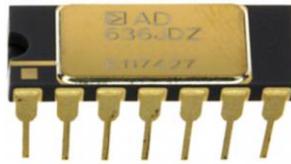


Figura 2. 9: Conversor RMS a DC AD636

2.3.5 RELOJ EN TIEMPO REAL - DS1307

Para el evaluador se ha utilizado el semiconductor DS1307 que es un reloj de tiempo real (RTC³³), con 56 bytes de memoria SRAM no volátil para propósito general. Direcciones y datos son transferidos utilizando I²C, que no es más que un protocolo de bus serial y sincrónico, que permite realizar la comunicación con el microcontrolador.

Tiene las siguientes características:

- ✓ Reloj en tiempo real cuenta los segundos, minutos, hora, fecha, mes, día de la semana y año, con corrección al año bisiesto hasta el 2100.
- ✓ Consume menos de 500 nA de la batería de respaldo, la misma puede durar 10 años aproximadamente por el bajo consumo de corriente.

³³RTC: Siglas en inglés Real Time Clock

- ✓ La precisión del RTC es de ± 2 minutos por mes a 25°C .
- ✓ Se puede conectar una batería de respaldo de 3V, que funcionara en el caso de faltar la alimentación principal evitando que el reloj pierda sus datos.

Para más características diríjase al Anexo L.

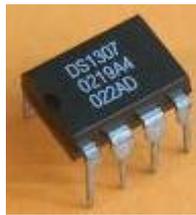


Figura 2. 10: RTC DS1307

2.3.6 MEMORIA EXTERNA - 24LC04

El equipo debe almacenar gran cantidad de datos en una jornada trabajo, se emplea la memoria 24LC04 del fabricante ATMEL (Figura 2.11).

El mismo que tiene las siguientes características:

- ✓ Bajo consumo de corriente 1 mA cuando está activo y $1 \mu\text{A}$ en espera.
- ✓ Se organiza en 2 bloques de 256 bytes
- ✓ El borrado y escritura es de forma eléctrica.
- ✓ Soporta 1000000 ciclos de borrado/escritura.
- ✓ Para la comunicación con el microcontrolador se usa el protocolo I^2C .
- ✓ Almacenamiento de datos mayor a 200 años.



Figura 2. 11: Memoria EEPROM

Para mayor información acerca de la memoria refiérase al Anexo M.

2.3.7 MAX 232

El MAX232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Lo interesante es que sólo necesita una alimentación de 5V, ya que genera internamente algunas tensiones que son necesarias para el estándar RS232.

El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS.

El circuito integrado posee dos convertidores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL.

Estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS.

TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos.

Más información refiérase al Anexo N.

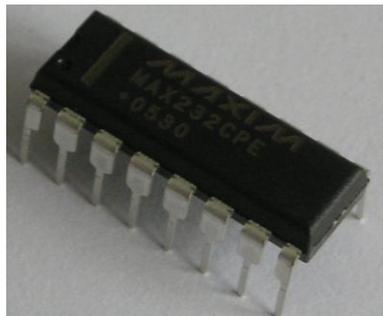


Figura 2. 12: MAX 232

2.3.8 PANTALLA DE CRISTAL (LCD)

Los datos procesados por el microcontrolador (hora, fecha, nivel de ruido y CO₂) se mostrarán en la pantalla de cristal líquido (LCD), este módulo de visualización de datos externo muestra los caracteres enviados desde el microcontrolador en una pantalla de 2 filas, de 16 columnas cada una. En la Figura 2.13 se aprecia una

pantalla de cristal líquido.

La hoja de datos se encuentra en el Anexo O.

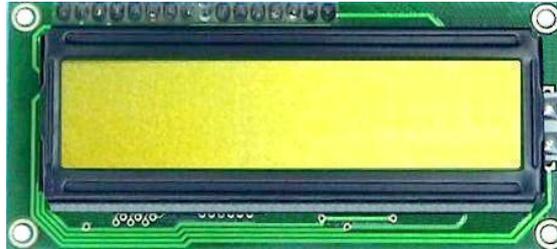


Figura 2. 13: Pantalla de cristal líquido (LCD)

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DEL SISTEMA

Los bloques del sistema a ser implementado son: Bloque de Acoplamiento de sensor de ruido, Acoplamiento del sensor de CO₂, Acoplamiento del Control del Prototipo (Adquisición de datos, Envío de Datos y Aplicación).

2.4.1 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR DE RUIDO (Micrófono)

El Sensor de Nivel de presión Sonora será procesada mediante circuitos amplificadores, filtros y convertidor AC/DC, a la salida de éste se tendrá una señal continua lista a ser digitalizada.

Se diseñará de la siguiente forma: El primer bloque constará de un preamplificador debido a que a la salida del micrófono se tendrá señales analógicas en el orden de las decenas de mili voltios; seguidamente estará el bloque que contiene los filtros en ponderación A y C; luego estará el bloque que permitirá convertir la componente alterna en componente continua y que al mismo tiempo se encargará de aplicar la función logarítmica; el siguiente bloque es un circuito retenedor; y finalmente un bloque que permitirá la adecuación de las señales continuas en valores entre 0 y 5V, niveles de voltaje necesarios a la entrada del microcontrolador.

El diseño del sensor de nivel sonoro se iniciará con el bloque amplificador

sumador hasta llegar al bloque inicial. Además se menciona que para éste y para todos los diseños de circuitos amplificadores o filtros se utilizará el circuito integrado TL084CN que es un amplificador operacional con entrada JFET.

a. Etapa de Adquisición de la señal

La etapa de ingreso de la señal de audio al prototipo, será a través del micrófono electret, éste elemento será el encargado de transformar la energía acústica en energía eléctrica.

La Figura 2.14 muestra como el terminal 1 del micrófono está alimentado por una fuente del voltaje de +2.1V a través de una resistencia de 2.2KΩ. Los valores 2V y 2.2KΩ son propuestos por el fabricante del micrófono (Anexo G). La señal de salida del terminal 1 contiene una componente continua, por ésta razón se coloca un capacitor de acoplo a la siguiente etapa. El valor del capacitor es determinado por el valor de Z_{IN} de la impedancia de la entrada del circuito del preamplificador. La frecuencia de corte en baja (FCC) se puede calcular por $FCC = 1/(2\pi CZ_{in})$, para ello se ha tomado como $Z_{IN} = 100K$ en el amplificador operacional y una $f_c = 1Hz$, obteniendo así el valor de $C=1\mu F$.

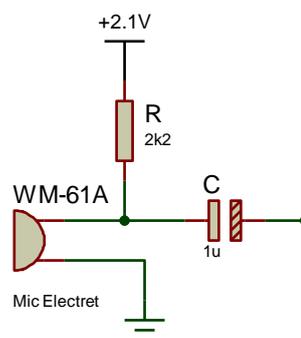


Figura 2. 14: Circuito de conexión del Micrófono WM-61A

b. Etapa del Preamplificador

El rango de audición igual que el de visión varía de unas personas a otras. El rango máximo de audición en el hombre incluye frecuencias³⁴ de sonido desde 16 hasta

³⁴La frecuencia es la cantidad de ciclos que una onda realiza en un segundo (Frecuencia= [ciclos/s]=Hz).

28000 ciclos por segundo. El menor cambio de tono que puede ser captado por el oído varía en función del tono y del volumen; además, la respuesta de frecuencia del oído humano no es lineal sino logarítmica y por lo tanto las frecuencias bajas se amplifican más que las altas.

La etapa mostrada en la figura 2.15, se encargará de amplificar una señal V_{in1} de alrededor 50mV entregada por el micrófono WM-61A para obtener un voltaje $V_{o1}=100mV$ y se basará en un amplificador no inversor teniendo en cuenta que su ganancia de voltaje es igual a:

$$A_v = 1 + \frac{R_{f2}}{R_{i2}} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde se ha asumido el valor de $R=22K\Omega$ (R23 en la figura 2.15) y el valor calculado de $R_f=22K\Omega$ (R20 en la figura 2.15). Para no cargar al amplificador operacional se ha colocado un potenciómetro (P4) en serie a R_f .

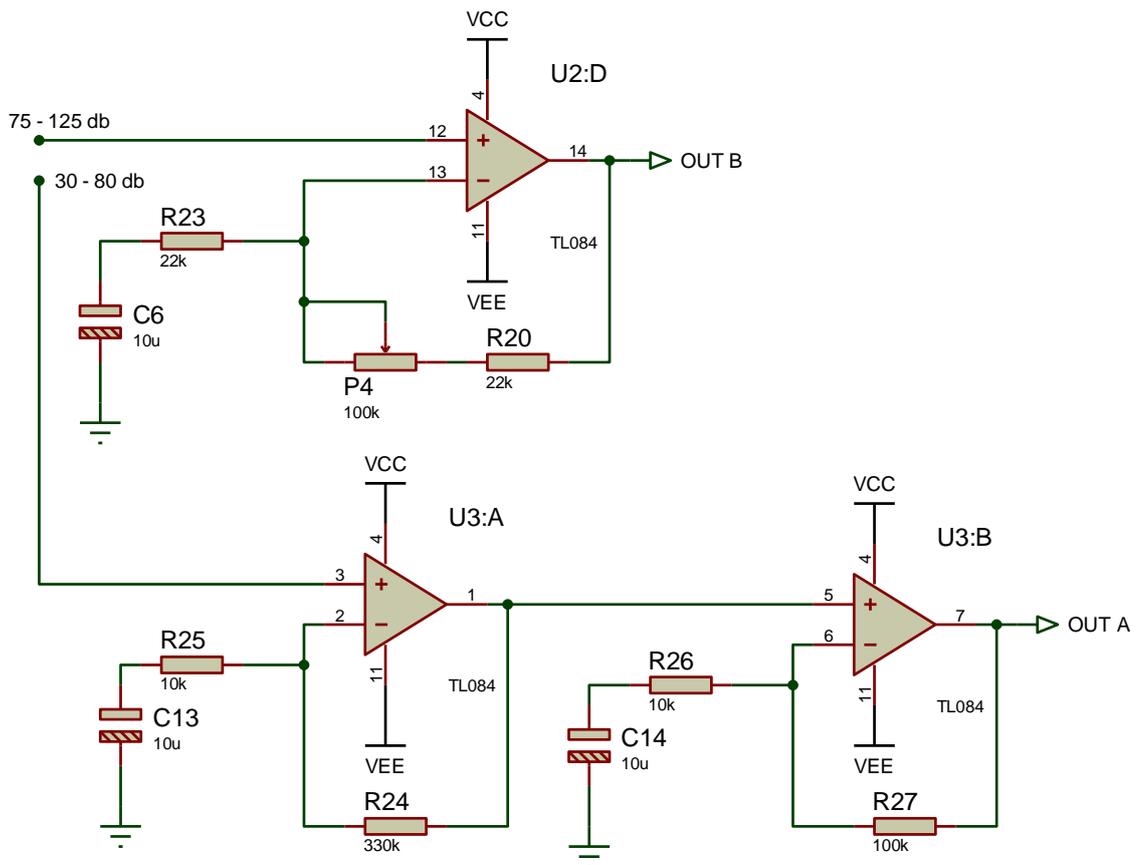


Figura 2. 15: Circuito esquemático del Preamplificador

c. Etapa de Filtros de Ponderación A y C

El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. En efecto, mientras que un sonido de 1KHz y 0dB ya es audible, es necesario llegar a los 37dB para poder escuchar un tono de 100Hz, y lo mismo es válido para sonidos de más de 16KHz.

Cuando la dependencia de la frecuencia y la sensación de sonoridad fue descubierta y medida (por Fletcher y Munson, en 1933), se pensaba que utilizando una red de filtrado (o ponderación de frecuencia) adecuada sería posible medir esa sensación en forma objetiva. Esta red de filtrado tendría que atenuar las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas.

Los efectos sobre la audición humana exhibían una importante correlación con los niveles sonoros con compensación A (es decir, filtrados con el filtro A), lo cual llevó a adoptar universalmente el nivel sonoro A para todas las cuestiones relativas a la audición.

Dada esta premisa, se propone el diseño de un filtro de ponderación A y un filtro de ponderación C, el mismo que se basará en lo definido por el ANSI³⁵ S1.42-2001³⁶ (y IEC/CD 1672), este documento que describe las funciones de transferencia de los filtros A y C en el dominio de la variable “s”.³⁷

La función de transferencia en el dominio de “s” para ponderación C es:

Ec. 2.2

Adicionando 2 polos reales a la función de transferencia de ponderación C, se obtiene la función de transferencia de ponderación A:

³⁵ ANSI (American National Standards Institute - Instituto Nacional Americano de Estándares). Organización formada en el año de 1918, encargada de estandarizar ciertas tecnologías en EEUU. Es miembro de la ISO, que es la organización internacional para la estandarización.

³⁶ Documento S1.42 elaborado en el año 2001.

³⁷ <http://www.cross-spectrum.com/audio/weighting.html>

Ec. 2.3

Dónde: $\pi = 3.14159$ y “s” es la variable compleja ($s = j\omega$ para señales senoidales)

Finalmente la respuesta de estado estacionario de ponderación C y A (magnitud de $H(s)$), se puede expresar en términos de frecuencia, de la siguiente manera:

Ec. 2.4

Ec. 2.5

Estos filtros demuestran una pérdida de 2dB y 0.06dB a la frecuencia de 1KHz para las ponderaciones A y C respectivamente. Al normalizar la respuesta de cada filtro a 1KHz, estas pérdidas se deben agregar al módulo. En otras palabras las respuestas se pueden expresar (en dB) como sigue:

Ec. 2.6

Ec. 2.7

Un gráfico de la respuesta relativa de las funciones se demuestra en la figura 2.16

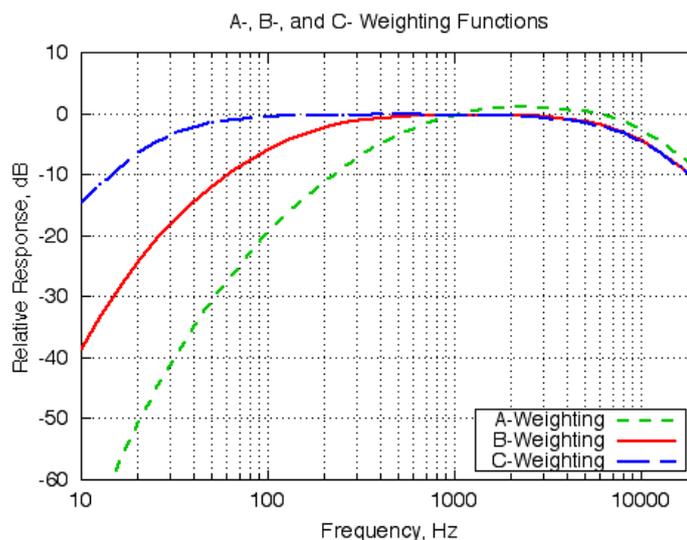


Figura 2. 16: Respuesta de las ponderaciones A y C³⁸

³⁸Gráfica de simulación de los filtros de ponderaciones A, B, y C, de acuerdo a los polos y ceros según lo definido por ANSI S1.42-2001(y IEC/CD 1672), realizado en el programa Matlab, actualizado el Abril 20 de 1998.

Dada la función de transferencia para el filtro de ponderación C (ver ecuación 2.4), se observa que es un filtro pasa banda con las siguientes características:

- ✓ En el denominador: Un polo³⁹ doble en 20.6Hz y un polo doble en 12200Hz
- ✓ En el numerador: dos ceros en el origen

Observando la figura 2.16, se tiene que para bajas frecuencias en el rango audible, existe atenuación, lo cual da la pauta para diseñar un filtro pasa altos con frecuencia de corte en 20.6Hz.

Debido a que se tiene dos polos en 20.6Hz y dos ceros nulos, se necesitará dos filtros pasa altos de primer orden con frecuencia de corte en 20.6Hz. En cambio, para los polos con frecuencia de corte en 12200Hz, se necesitará dos filtros pasa bajos de primer orden para que atenúen las altas frecuencias.

Para esto se utilizará un filtro Butterworth pasa bajos de dos polos y un filtro Butterworth pasa altas de dos polos.

El filtro de Butterworth es uno de los filtros electrónicos más básicos, diseñado para producir la respuesta en magnitud lo más plana que sea posible hasta la frecuencia de corte. En otras palabras, la salida se mantiene constante casi hasta la frecuencia de corte, luego disminuye a razón de $20n$ dB por década ($6n$ dB por octava), donde n es el número de polos del filtro.

En un filtro de segundo orden de ganancia unitaria, la frecuencia de corte estará dada por la siguiente relación:

$$\text{Ec. 2.8}$$

Donde, se asume $R1$ y se calcula $C1$ para cada una de las frecuencias de corte (FCC), obteniendo los siguientes valores que se observa en la Tabla 2.2:

³⁹Un polo real y simple identificado en la función de transferencia, hace que la pendiente baje en -20 dB/dec (“léase menos 20 dB por década”), mientras que los ceros hacen que la pendiente suba en 20 dB/dec.

Tabla 2. 2. Valores de R1 y C1 a una Frecuencia de corte dada

	Fc [Hz]	R1	C1
Filtro 1 Pasa Altos	20.6	77.3K Ω	0.1 μ F
Filtro 2 Pasa Bajos	12200	1.3K Ω	10nF

Una vez realizado todo el cálculo correspondiente para estos filtros de Butterworth, se ha procedido a elegir los valores estándares de R y C. Además hay que mencionar que para el caso del valor de R1 se han sumado valores de resistencias para hacer cumplir con la frecuencia de corte especificada. La figura 2.17 presenta el diseño del circuito esquemático del filtro de ponderación C, en donde $R1=R70+R71=R72+R73$ y $C1=C35=C36$ para el filtro 1 pasa altos y para el filtro 2 pasa bajos $R1=R74=R75$ y $C1=C37=C38$.

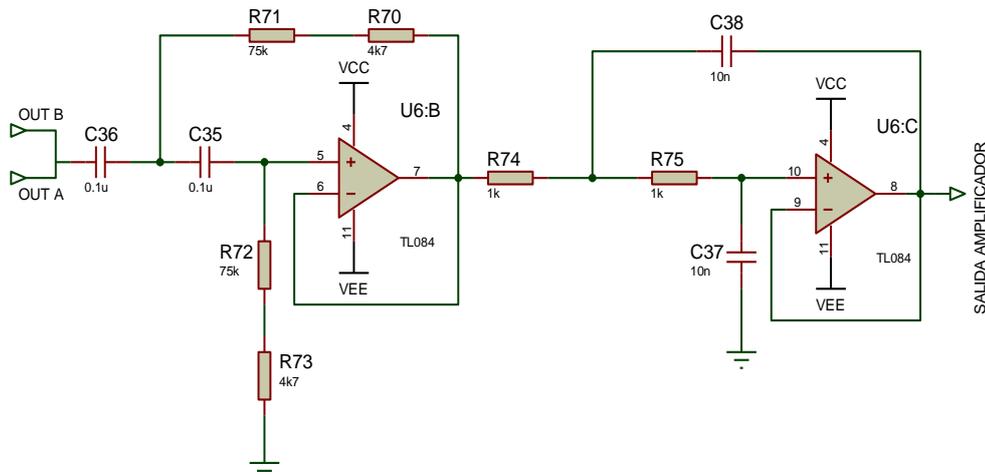


Figura 2. 17: Circuito esquemático del filtro de ponderación C

Luego, en la función de transferencia para el filtro de ponderación A (ver ecuación 2.5), se observa que es un filtro pasa banda con las siguientes características:

- ✓ Un polo doble en 20.6Hz
- ✓ Un polo doble en 12200Hz
- ✓ Dos polos simples en 107.7Hz y 737.7Hz

Para el diseño de éste filtro se toma en cuenta el análisis realizado para el filtro de ponderación C, solamente que ahora se debe añadir dos polos reales simples.

Entonces, observando la curva de ponderación A dada en la figura 2.16, se puede notar que hay que añadir filtros pasa altos y que para aquello se han utilizado dos filtros pasa altos en cascada y adicionalmente un amplificador no inversor para cumplir con dicha ponderación.

En el caso de los filtros pasa altos en cascada se tiene una función de transferencia:

$$\text{Ec. 2.9}$$

Luego, se hace el análisis correspondiente en frecuencia ($s = j\omega$) y se halla la frecuencia de corte de dichos filtros:

$$\text{Ec. 2.10}$$

Entonces, se asume el valor del capacitor C1 y el valor de R1 se calcula a la frecuencia de corte especificada.

Finalmente se diseña el amplificador no inversor de ganancia 1.26 (dato obtenido en la figura 2.16), obteniendo así la curva de ponderación A con los siguientes valores (Tabla 2.3) de cada uno de los elementos pasivos:

Tabla 2. 3. Valores de Frecuencia de corte, R1 y C1

	Fc [Hz]	R1	C1
Filtro 1 Pasa Altos	20.6	77.3KΩ	0.1μF
Filtro 2 Pasa Bajos	12200	1.3KΩ	10nF
Filtro 3 Pasa Altos	788.8	5.4KΩ	0.1μF

Dada ésta premisa, el esquema completo para el filtro de ponderación A se muestra en la figura 2.18. En el caso del filtro 1 y filtro 2 se repite lo dicho anteriormente en el filtro de ponderación A y para el filtro 3 pasa altos el valor $C1=C33=C34$ y el valor de $R1=R66+R67=R68+R69$.

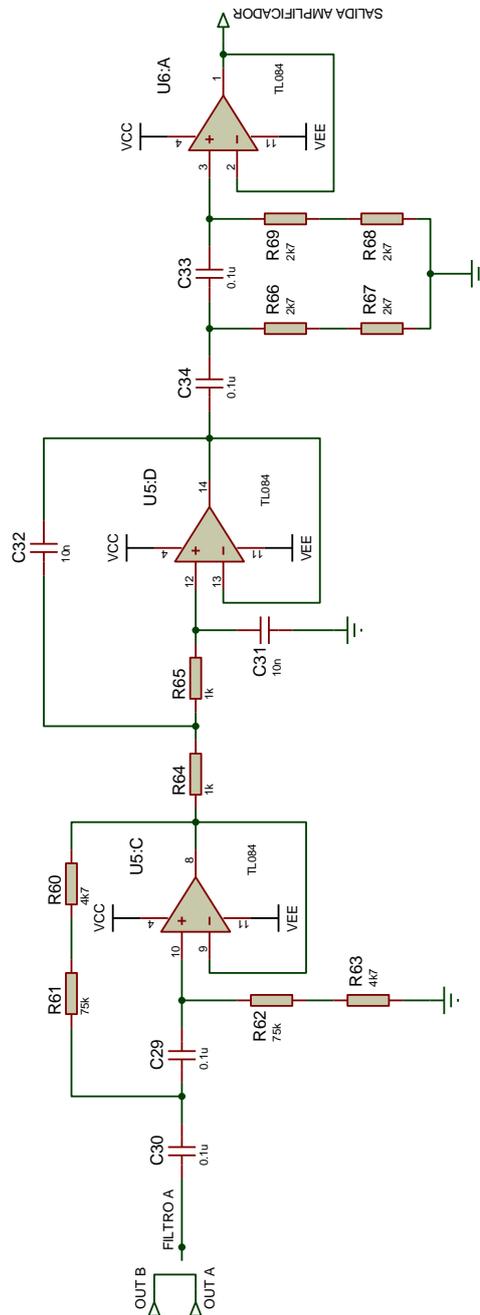


Figura 2. 18: Circuito esquemático del filtro de ponderación A

d. Etapa de Conversión Logarítmica AC/DC

En esta etapa se busca determinar el valor Root Mean Square (RMS) de una señal

analógica con un detector RMS. El RMS es un valor promedio matemático especial y es de importancia en las mediciones de sonido porque está relacionado directamente con la cantidad de energía del sonido que está siendo medido, es decir:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \qquad \qquad \qquad \text{Ec. 2.11}$$

Dónde:

T: Tiempo de Integración

NPS: Nivel de Presión Sonora

Resultaría bastante complejo realizar el diseño de un circuito que permita cumplir con la ecuación 2.11. Dadas las circunstancias, se ha optado por elegir el circuito integrado AD636J que realiza la misma función.

Para el diseño del convertidor AC/DC, se ha tomado en cuenta que el voltaje de entrada V_{in} estará en el rango de 0 a 200mVAC, niveles que están dentro de los niveles aceptables del circuito integrado AD636 y su voltaje de salida como ya se mencionó anteriormente V_o estará entre los 0 a 128mVDC. En la figura 2.19, se puede ver que se ha utilizado dos fuentes de alimentación VCC de 5VDC y VEE de -5VDC. La señal de entrada AC es acoplada a través del capacitor de 0.02uF (C29 en paralelo con C30), mientras que la resistencia R62 de 47KΩ y los diodos de silicio D5 y D6, proporcionan protección de voltajes máximos no permitidos en la entrada del AD636.

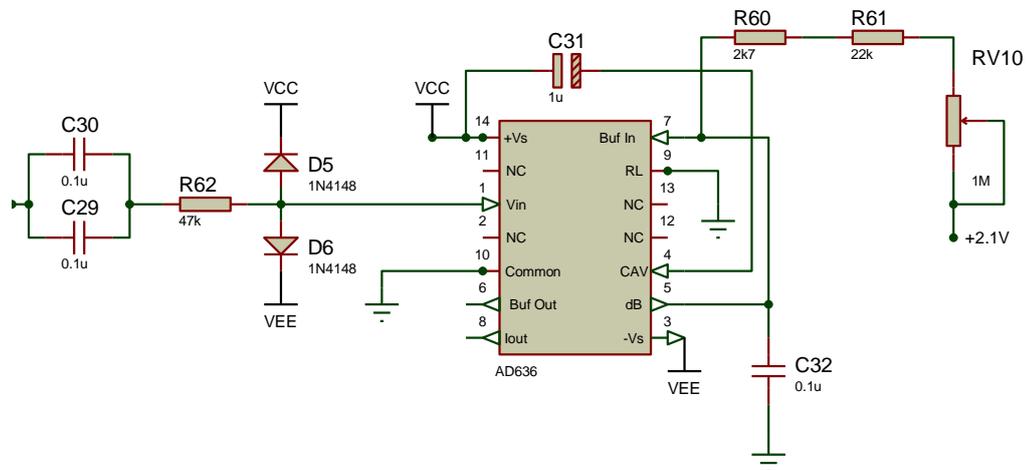


Figura 2. 19: Circuito Esquemático del Convertidor RMS/DC

2.4.2 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El sensor debe ser alimentado mediante una señal de 6V. Para este fin se utilizará un regulador de 6V, LM7806. Según las especificaciones del fabricante se debe utilizar un amplificador operacional de manera que se tenga una impedancia de entrada lo suficientemente grande para que la medición del sensor sea la correcta. La señal de salida variará de 420mV a 360mV por lo que será necesario un proceso de tratamiento de la señal para utilizar toda la resolución de conversor AD.

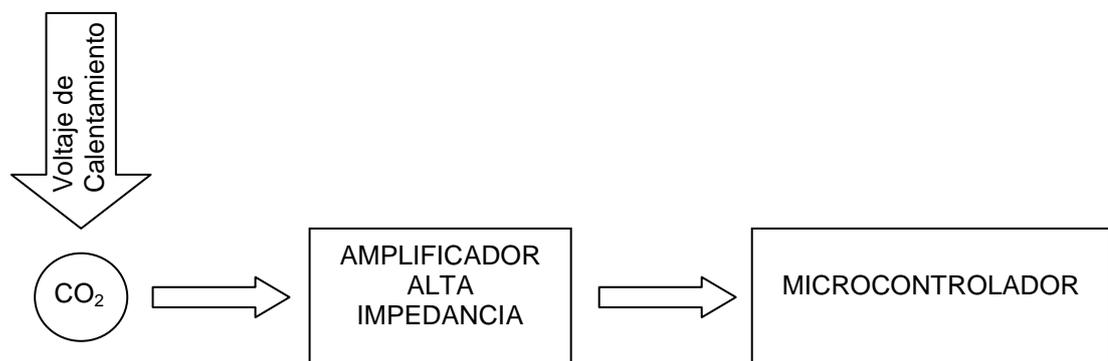


Figura 2. 20: Diagrama para el sensor de CO₂

Para tener una impedancia alta se debe utilizar amplificadores operacionales en modo seguidor de emisor como se especifica en la documentación del fabricante.

De esta forma cualquier instrumento o dispositivo que se agregue no influirá en la medición. Debido a que la señal del sensor varía en un rango de 420mV a 360mV es necesaria una etapa posterior de amplificación y adecuación para obtener una respuesta que varía desde 0 a 5V.

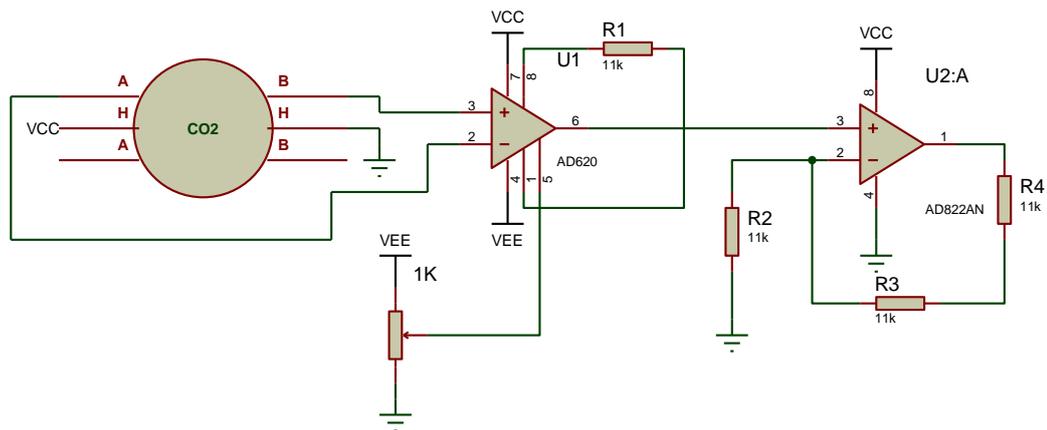


Figura 2. 21: Diagrama del circuito de conexión del sensor de CO₂

2.4.3 ACOPLAMIENTO DEL CONTROL DEL PROTOTIPO

Para realizar el acoplamiento de los diferentes elementos (reloj DS1307, memoria externa 24LC04) que realizaran el control al microcontrolador se usa un tipo bus I²C.

DEFINICIÓN DE I²C⁴⁰

Abreviatura de Inter-IC (Inter Integrated Circuits), un tipo de bus diseñado por Philips Semiconductors, que se utiliza para conectar circuitos integrados (ICs). Necesita sólo 2 líneas para transmitir y recibir datos, estos son para: datos (SDA) y la señal de reloj (SCL), esta forma de comunicación utiliza una sincronía por un tren de pulsos q viajan en la línea SLC, de tal manera que en los flancos negativos se revisan los datos RX o TX.

El bus I²C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias, sensores, RTC y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa.

⁴⁰CARLOS A REYES, Microcontroladores Pic, Tercera Edición, Volumen 1, 2008, Pág. 152

Su nivel de transmisión puede ser de 100 Kbits/seg. en el modo estándar, 400 Kbits/seg. en el modo rápido y 3,4Kbits/seg. en alta velocidad.

La metodología de comunicación de datos del bus I²C (Figura 2.22) es en serie y sincrónica. Cada dispositivo conectado al bus tiene un código de dirección seleccionable mediante software, por lo que existe una relación permanente Master/Slave. El Master es un dispositivo que inicia la transferencia en el bus y genera la señal de reloj (SCL), y el Slave es el dispositivo direccionado, sin embargo cada dispositivo reconocido por su código (dirección) puede operar como transmisor o receptor de datos, ya que la línea (SDA) es bidireccional.

En la Figura 2.22 se observa un ejemplo esquemático con un maestro (microcontrolador) y tres nodos esclavos (un ADC, un DAC, y otro microcontrolador) con resistencias pull-up R_p.

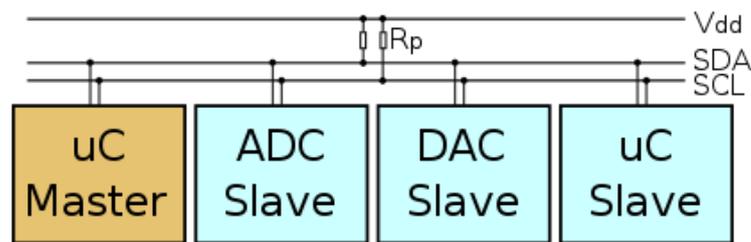


Figura 2. 22: Conexión de dispositivos I²C

Las líneas SDA y SCL son del tipo drenaje abierto, es decir, un estado similar al de colector abierto, pero asociadas a un transistor de efecto de campo (o FET). Se deben polarizar en estado alto (conectando a la alimentación por medio de resistores "pull-up") lo que define una estructura de bus que permite conectar en paralelo múltiples entradas y salidas.

Las dos líneas del bus están en un nivel lógico alto cuando están inactivas. En principio, el número de dispositivos que se puede conectar al bus no tiene límites, aunque hay que observar que la capacidad máxima sumada de todos los dispositivos no supere los 400 pF. El valor de los resistores de polarización no es muy crítico, y puede ir desde 1.8K (1.800 ohms) a 47K (47.000 ohms). Un valor menor de resistencia incrementa el consumo de los integrados pero disminuye la

sensibilidad al ruido y mejora el tiempo de los flancos de subida y bajada de las señales. Los valores más comunes en uso son entre 1.8K y 10K.⁴¹

a. Conexión del Reloj en tiempo real

Para el presente módulo se ha utilizado el semiconductor Maxim /Dallas DS1307 que es un reloj de tiempo real exacto, con 56 bytes de memoria SRAM no volátil para propósito general. Direcciones y datos son transferidos utilizando I²C (I²C: Inter Integrated Circuit bus), que no es más que un protocolo de bus serial y sincrónico.

El DS1307 es un dispositivo de 8 pines al que se le conectará un cristal de cuarzo estándar de 32.768KHz entre los pines 1 y 2 para proveer un tiempo base exacto.

Adicionalmente se conectará al pin 3 una batería de respaldo de 3V, asegurando que se mantendrá el tiempo y la fecha actualizado, aunque esté desconectada la fuente de voltaje del circuito principal. El circuito integrado automáticamente detecta que se ha removido la energía en el circuito principal y se conecta la batería de respaldo cuando es requerido.

Las líneas SCL (Entrada de reloj serial) y SDA (Entrada/salida de datos serial), requerirán ser conectadas a una resistencia externa de pull-up de 10KΩ (valor recomendado por el fabricante), las mismas que serán conectadas a los pines SCL y SDA del microcontrolador.

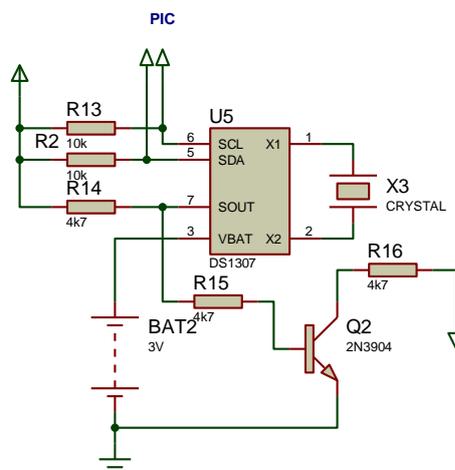


Figura 2. 23: Conexión del RTC DS1307

⁴¹http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_busI2C.htm

En esta pantalla se mostrará la fecha y hora, el nivel sonoro y la concentración de CO₂.

Así también las opciones para la descarga de datos y sincronización del reloj. Estas opciones se controlan por medio de pulsadores.

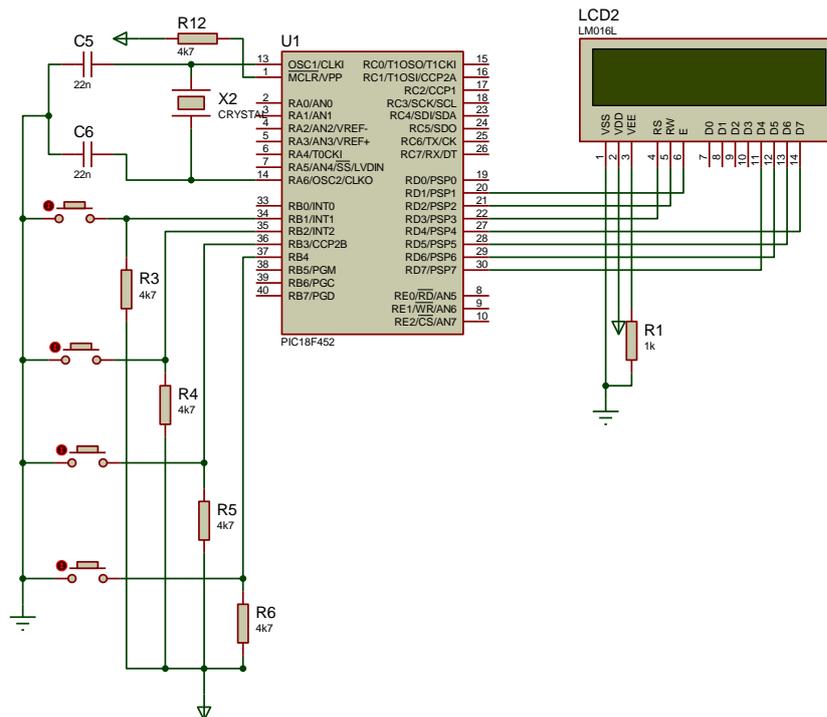


Figura 2. 25: Conexión del microcontrolador y el LCD

d. Conexión del circuito convertidor de nivel TTL/RS232 para la transmisión de datos

El circuito integrado MAX232 convierte los niveles TTL (0V – 5V) a los del estándar RS-232 cuando se hace una transmisión y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción y viceversa, sin requerir nada más que una fuente de voltaje de 5V. El chip contiene dos drivers TTL a RS-232 y dos RS-232a TTL y necesita cuatro condensadores externos de 10uF para generar el voltaje RS-232 internamente.

En la figura 2.26, muestra la conexión del MAX232, el pin 11 del MAX232, se conectará al pin de transmisión del microcontrolador, mientras que el pin 14 se conectará al pin de recepción en el conector DB9 (pin 2). En cambio, para la

recepción de datos en el microcontrolador se conectará el pin 12 del MAX232 y su pin 13 se conectará al pin de transmisión del conector DB9 (pin 3). La conexión a establecer será half-duplex bidireccional asíncrona.

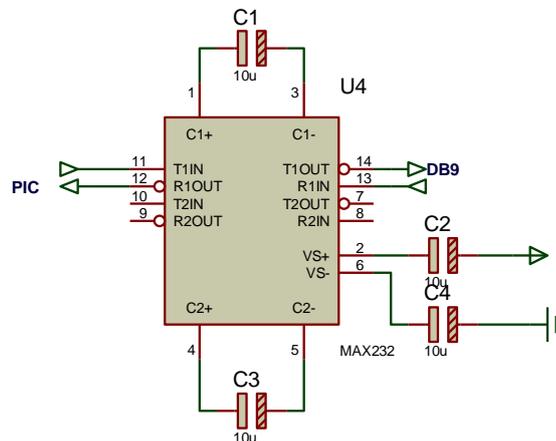


Figura 2. 26: Diagrama del circuito de conexión del MAX232

2.5 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

A continuación se describe el desarrollo del software a implementarse dentro del microcontrolador, de la aplicación del equipo central de recolección de datos, además de la construcción del hardware del equipo.

2.5.1 DISEÑO DEL SOFTWARE

a. Software para el microcontrolador

El software controlará al microcontrolador de manera que permita la recolección y envío de datos de forma eficaz. Por este motivo se presenta el siguiente diagrama de flujo del programa a realizarse.

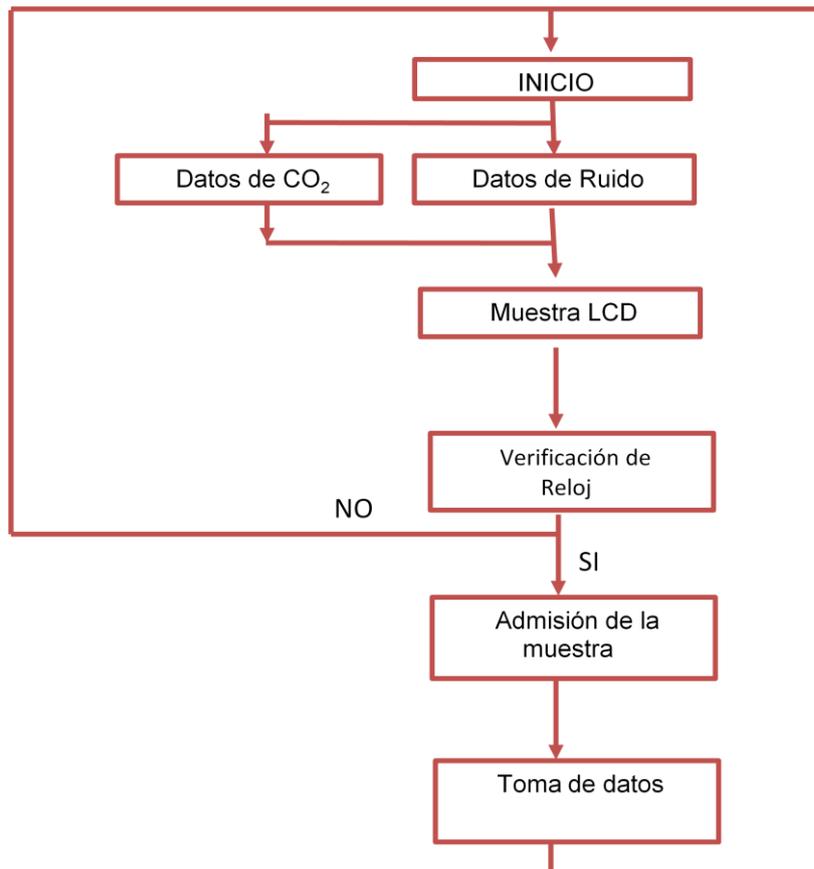


Figura 2. 27: Diagrama de bloques del programa a ser implementado

a. Programa para sincronización del reloj

Es indispensable realizar una etapa de sincronización del RTC ya que el mismo puede desigualarse por diferentes factores como son agotamiento de batería, errores del reloj.

Esto se puede hacer a través de las diferentes teclas que se encuentran en el panel frontal del instrumento, partiendo desde la hora, minuto, día del mes, mes y año; y en cada una de éstas incrementando o decrementando los valores de acuerdo a las necesidades, para esto se requieren una subrutina.

Una vez que se ha seleccionado los valores actuales en el reloj el dispositivo retorna a su funcionamiento normal.

El diagrama de flujo para esta opción se ilustra en la Figura 2.28.

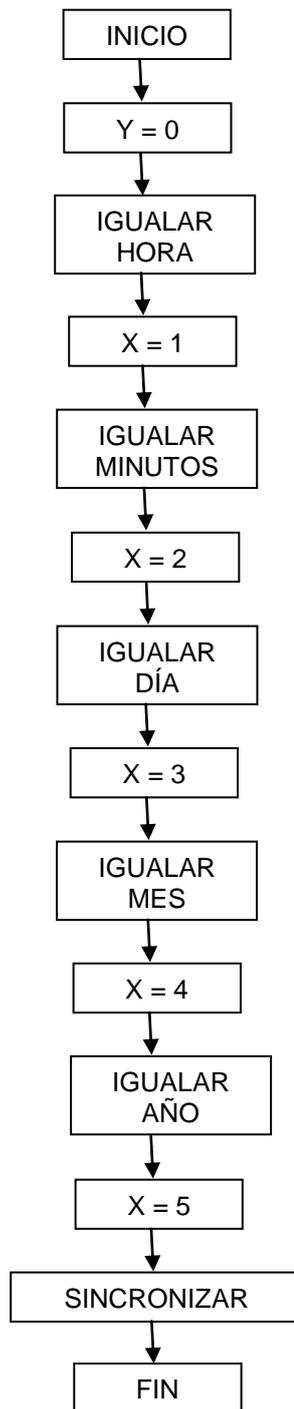


Figura 2. 28: Diagrama de bloques del programa para sincronizar reloj

a.2 Programa de subrutina para el Sensor de CO₂

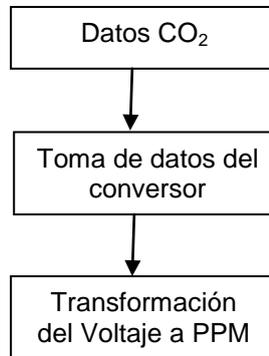


Figura 2. 29: Diagrama de la subrutina para el sensor de CO₂

La lectura del sensor de CO₂ se realiza por medio del pin 3 del microcontrolador, en donde se lo convierte de analógico-digital.

Se realizó un análisis matemático de las gráficas de respuesta del sensor provistas por el fabricante, con la finalidad de encontrar una ecuación que represente dicha gráfica.

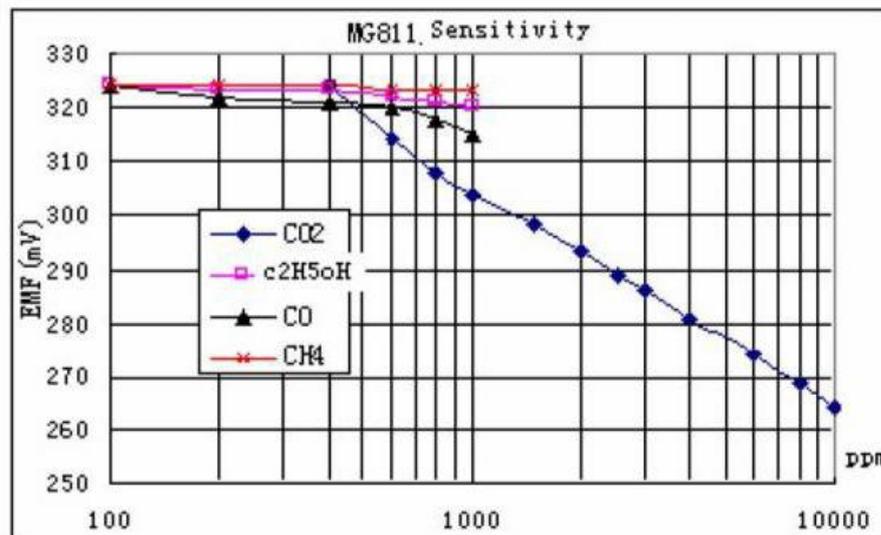


Figura 2. 30: Respuesta del sensor de CO₂

La gráfica en el eje X en un inicio es lineal entre 350ppm y 400ppm y seguidamente es logarítmica, por lo que esta última parte responde a una ecuación semi-logarítmica de la siguiente forma:

Ec. 2.12

La gráfica se divide en tres partes debido a que la pendiente no es constante. La primera parte varía entre 350ppm y 400ppm, la segunda parte desde 400ppm hasta 1000ppm y la tercera parte varían entre 1000ppm y 10000ppm.

Analizando las tres partes se obtiene las siguientes ecuaciones:

Ec. 2.13

Ec. 2.14

Ahora despejando X de las tres ecuaciones se obtiene lo siguiente:

Para 350 ppm x<1000 ppm _____ Ec. 2.15

Para 1000 ppm x< 10000 ppm _____ Ec.2.16

Dónde:

y: voltaje de salida del sensor en mV

x: concentración de CO₂ expresada en ppm

b. Programa para Análisis de Datos

Una vez que los datos son descargados en el computador a través de la comunicación serial se la debe procesar para realizar las gráficas y seguidamente proceder a almacenarlos en una tabla, para efectuar lo mencionado se desarrolló un software, que fue diseñado en el programa LabVIEW.

A través de este programa se enviara una señal que al ser recibida por el microcontrolador, éste enviará los datos; la misma que se procesara adecuadamente y se extraerán los datos y se almacenarán en una tabla para graficar el comportamiento de los diferentes nivel de ruido y CO₂.

b.1 Diseño del Software en LabView

Para recibir los datos se debe habilitar y configurar el puerto serial, se realiza a

través de los comandos de la librería VISA, este diagrama de conexión para enviar y recibir los datos por el puerto serie se muestra en la Figura 2.31.

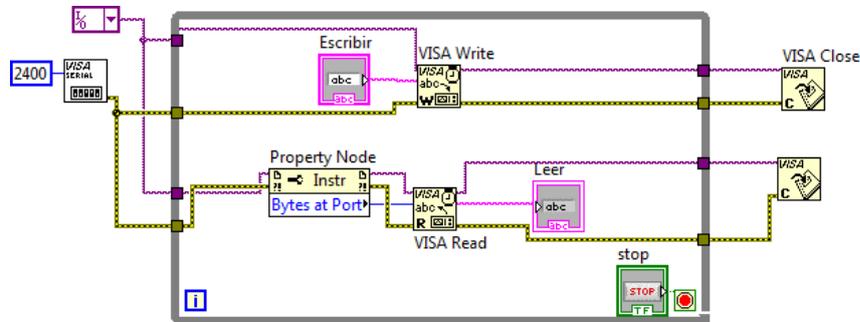


Figura 2. 31: Diagrama para habilitar y configurar el puerto serial

Una vez leída la cadena de caracteres se debe dividir en subgrupos, para posteriormente separarlos en la fecha y hora a las cuales se tomó las lecturas, así mismo los valores de nivel de ruido y concentración de CO₂ que se registraron. Esto se hace 32 veces, que corresponde a las 32 mediciones que se tomaron en la jornada de trabajo. Para esta tarea se usa la estructura FOR LOOP (Figura 2.32).



Figura 2. 32: Estructura FOR LOOP

Para separar los datos, se empleó la herramienta denominada STRING SUBSET, la forma de utilizar esta herramienta se muestra en la Figura 2.33. La cadena 71 ingresa a esta función, en el recuadro Offset se elige desde que elemento de la cadena se separa los datos, en el recuadro Length se elige de cuantos elementos estará formada la nueva cadena.

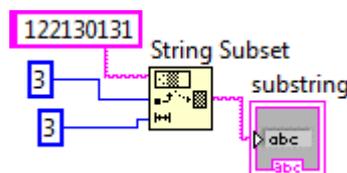


Figura 2. 33: Diagrama para trocear una cadena

A la cadena resultante se debe restar 100 para obtener el valor real (valor que se sumó a cada dato al momento de enviar desde el microcontrolador), este valor será el que almacenará en la tabla. El procedimiento para esta operación se ilustra en Figura 2.34. La cadena es transformada en un número entero para poder realizar la resta, una vez realizada la operación se transforma este resultado nuevamente en una cadena.

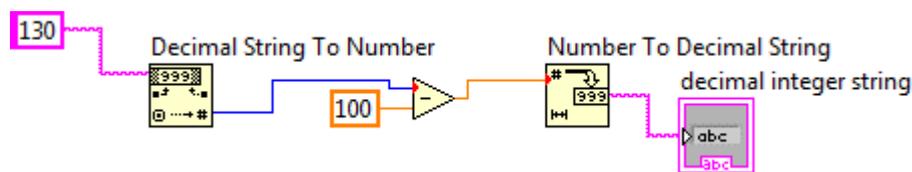


Figura 2. 34: Filtrado de datos

Esta operación se realiza con los datos que corresponde a la fecha y hora; en el caso de los datos que corresponde a los valores de nivel sonoro se debe operar de tal manera que se obtenga el valor del ruido con una precisión de un decimal y el de concentración de CO₂ en enteros. Para este caso se selecciona la función denominada FORMULA NODE, esta función permite evaluar fórmulas matemáticas. Esta función se ilustra en la Figura 2.35.

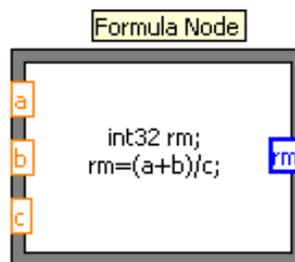


Figura 2. 35: Uso de Ecuaciones en LABVIEW

Una vez que se tiene los datos reales que se registraron en la memoria, se debe llevar a una tabla para visualizar y graficar cada variable.

Para esta operación se usa la función BUILD ARRAY, en la Figura 2.36 se muestra su forma de usar. Con esta función se obtiene un arreglo de varios elementos que contienen la fecha, hora y lecturas en cada una de las iteraciones del programa.

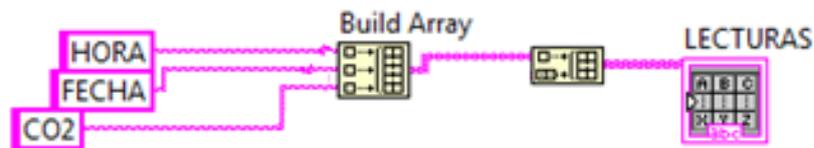


Figura 2. 36: Diagrama para unir datos

De esta forma se obtiene los datos que se almacenan en la tabla y se grafican en un WAVEFORM GRAPHS (Figura 2.37).



Figura 2. 37: Control Waveform Graph

Para crear el archivo en Excel se usa la herramienta denominada WRITE TO TEXT FILE, esta herramienta necesita de los siguientes argumentos para poder crear el archivo:

File: Se debe escribir la dirección y el nombre del archivo que se creará. En el nombre del archivo se debe especificar la extensión.

Text: Aquí deben llegar los datos que contendrá el archivo.

Para obtener la cadena que contiene la fecha, se usa la herramienta denominada FORMAT DATE/TIME STRING, la cual toma la fecha y hora del sistema y entrega una cadena con estos datos, de acuerdo al formato que se elige en la entrada Time Format String.

La dirección donde se almacenará el archivo y el nombre se unen a través de la herramienta CONCATENATE STRINGS, esta función recibe como entrada varias cadenas de caracteres y a la salida entrega una sola cadena.

La cadena con la dirección y el nombre del archivo es de tipo String y la entrada con el nombre del archivo del WRITE TO TEXT FILE es de tipo File Path, es necesario convertirla para ello se usa la herramienta STRING TO PATH.

Este procedimiento se ilustra detalladamente en la Figura 3.38.

Los datos recolectados se guardaran en dos diferentes carpetas las mismas que se direccionan de la siguiente manera:

- ✓ El ruido C:\Datos recolectados\Ruido\Tablas\
- ✓ El CO2 C:\Datos recolectados\CO2\Tablas\

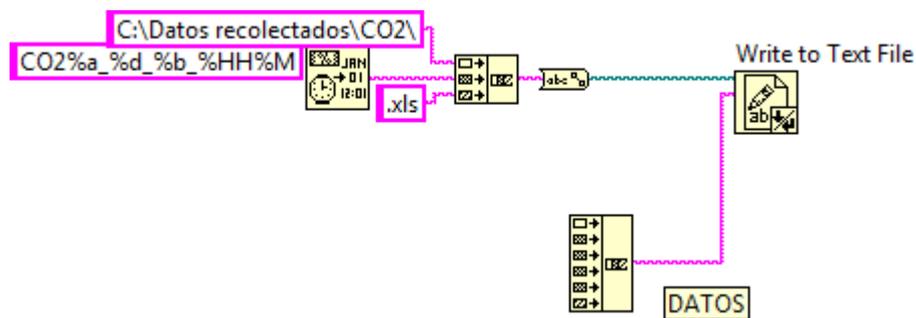


Figura 2. 38: Diagrama para guardar datos con LABVIEW

Para mostrar los datos en el panel frontal se tiene un TAB CONTROL, esta herramienta es un recuadro con varias pestañas que al ser seleccionadas despliegan una ventana con las funciones programadas.

En la segunda pestaña se introducirá valores referenciales del valor máximo y mínimo tanto del Nivel Sonoro como del de Concentración de CO₂ para de esta manera comparar con los valores que se registraran del instrumento. También se escribirá el nombre del área en donde se tomen las medidas. Esta ventana se aprecia en la Figura 2.39.

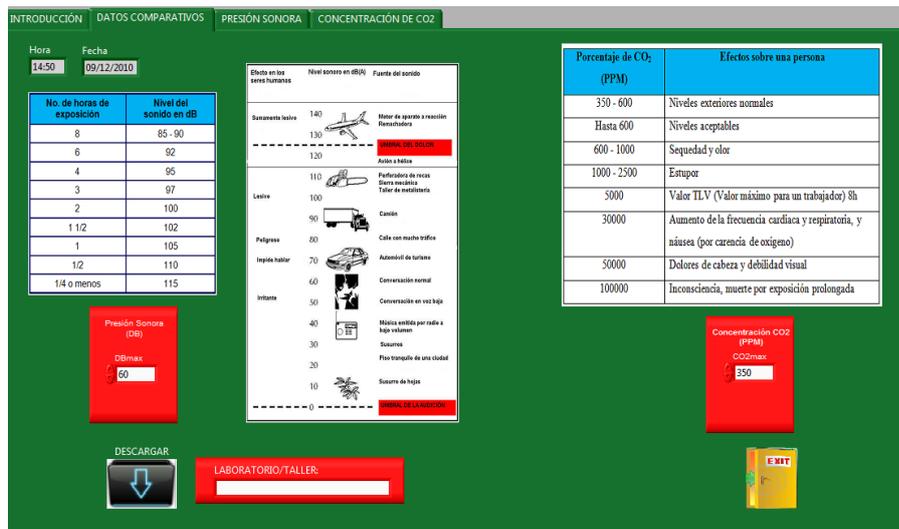


Figura 2. 39: Panel frontal: Parámetros de cálculo

La tercera y cuarta pestaña contendrá una tabla con los valores de las 32 lecturas de la Presión Sonora (Figura 2.40) y Concentración de CO₂ (Figura 2.41) respectivamente, que se han registrado durante la jornada de laboral. En la primera columna se visualiza la hora, en la segunda columna la fecha en la cual se registró la lectura, en la tercera se observara el valor de Presión Sonora, también se mostrará una gráfica que indica las curvas que indican el comportamiento de la Presión Sonora y de la Concentración de CO₂ registrados en el sitio realizado la medición.

Además consta de una luz indicadora en cual se activará y mostrará un mensaje si se ha sobrepasado el límite permitido, valor que lo hemos ingresado anteriormente.

Esto se muestra en las siguientes Figuras.

En función de estos gráficos se puede emitir un criterio sobre la exposición al cual está sometido la persona que se encuentra en el puesto de trabajo en el que se realizó la medición.

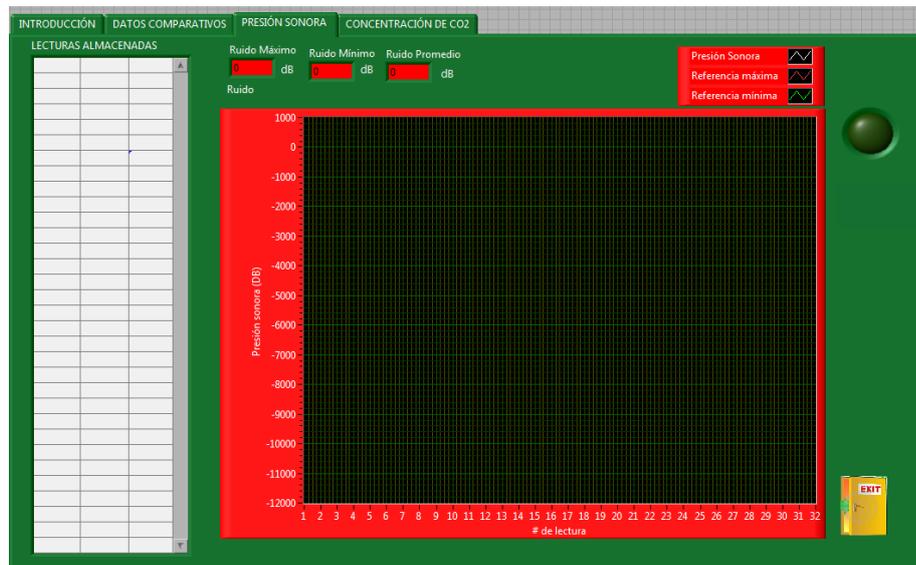


Figura 2. 40: Panel Frontal de mediciones y gráfica de la Presión Sonora



Figura 2. 41: Panel Frontal de mediciones y gráfica de Concentración de CO₂

2.5.2 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

Considerando todo lo dicho anteriormente acerca del acoplamiento de los diferentes elementos, se procedió a elaborar tres placas de circuito impreso. El diseño de los circuitos impresos se realizó lo más simétrico posible y la distribución de cada uno de los dispositivos electrónicos utilizados en cada placa, se lo ha hecho de manera óptima.

a. Construcción del Circuito de Acondicionamiento del Sensor de Nivel Presión Sonora

Para la elaboración de la placa denominada “Sensor de nivel sonoro”, se han tomado todas las consideraciones hechas en el acoplamiento de los diferentes elementos. En la Figura 2.42, se presenta todo el circuito esquemático, el cual consta en diferentes partes como se podrá observar, el cual ha servido de base para la elaboración de la placa. Este esquemático añade la entrada para conexión de fuentes alimentaciones, siendo VCC de 5VDC y VEE de -5VDC.

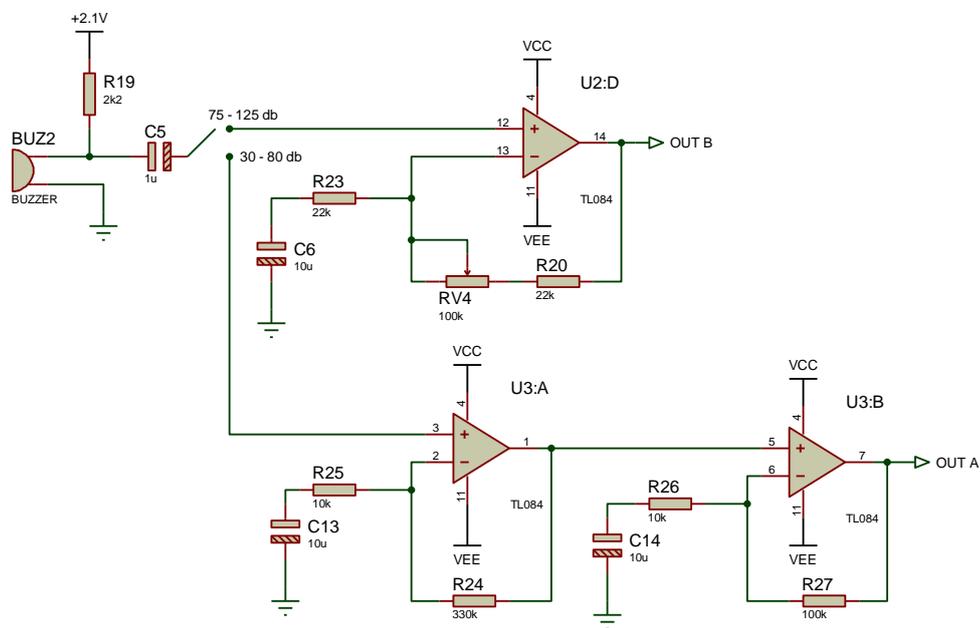


Diagrama del circuito del micrófono y preamplificador

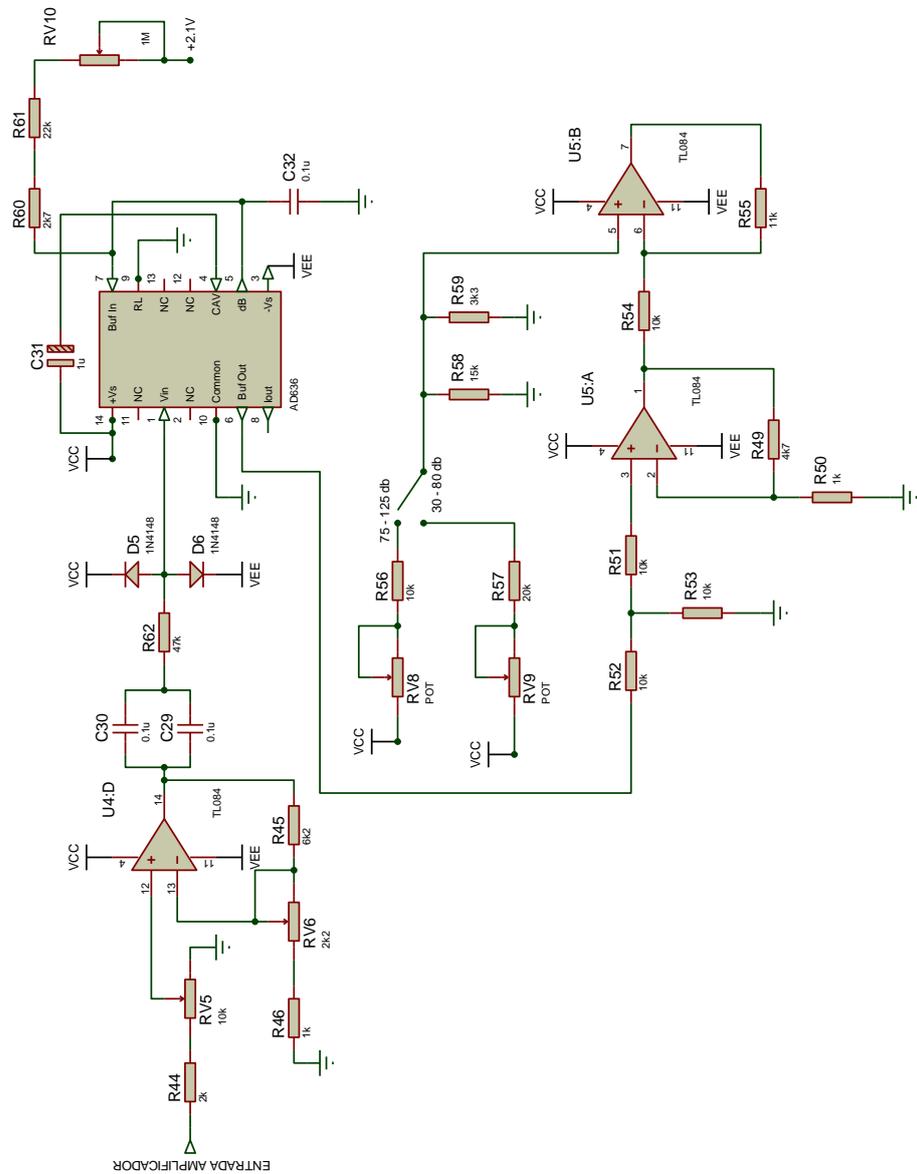


Diagrama del circuito de Amplificación y Convertidor RMS-DC

Figura 2. 42: Acondicionamiento del Sensor de Nivel Presión Sonora

La placa de circuito impreso con todos sus dispositivos electrónicos, se muestra en la Figura 2.43, se puede ver que para la entrada y salida, ya sea de señal o de alimentación se han utilizado terminales, de tal manera que ayude a su interconexión.

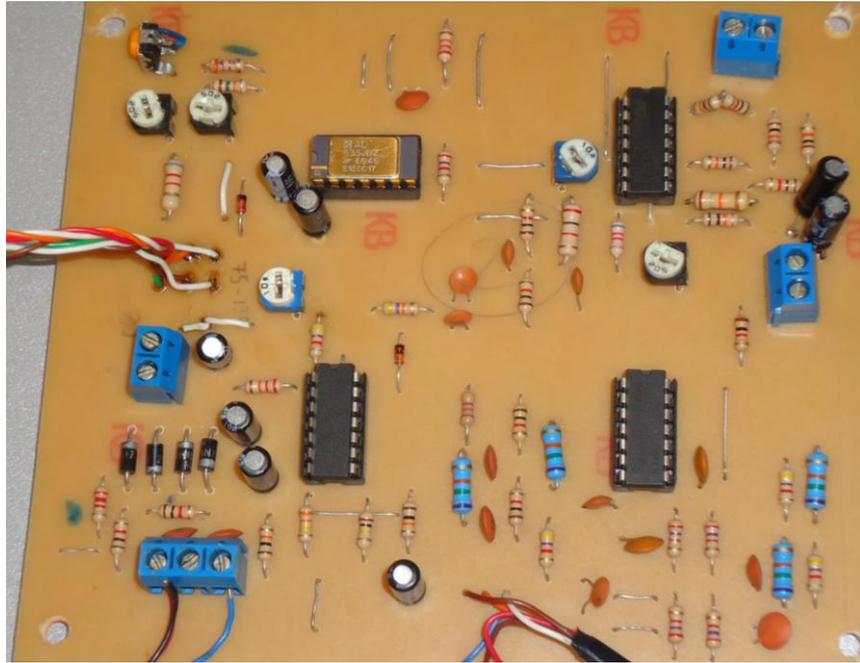


Figura 2. 43: Placa del Sensor de Nivel Sonoro

b. Construcción del Circuito de Acondicionamiento del Sensor CO₂

Para la elaboración de la placa denominada “Sensor de CO₂”, se ha diseñado tomando en cuenta sus diferentes elementos. En la figura 2.44, se presenta el circuito esquemático a través del cual se procederá a la elaboración de la placa.

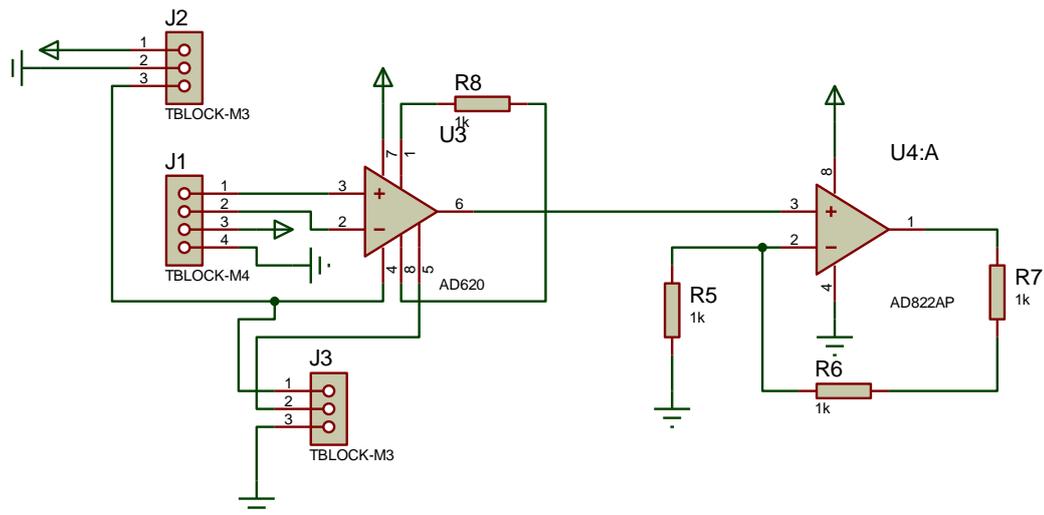


Figura 2. 44: Circuito esquemático para la placa del Control de CO₂

En la Figura 2.45 se observa la placa del Control del Sensor de CO₂, la misma que al

igual que la placa anterior en esta se añade los conectores de entrada para conexión de fuentes alimentaciones y otro conector de salida que permite la interfaz con el microcontrolador.

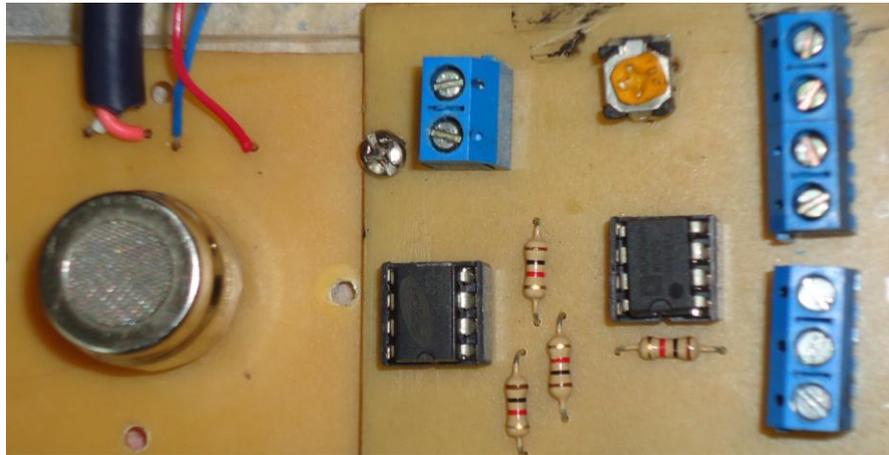


Figura 2. 45: Placa del Circuito de Control del Sensor de Concentración de CO₂

c. Construcción del Circuito del Control del Evaluador

La Figura 2.46, presenta el circuito esquemático de la placa denominada “Control del prototipo”, en ella constan: el circuito reloj en tiempo real, circuito convertidor de nivel TTL/RS232, circuito memoria y los diversos conectores que permiten la interfaz: serial, con la placa “Sensor de nivel sonoro” y “Sensor de CO₂”, conector para batería de respaldo utilizada por el DS1307, y su conector para la fuente de alimentación.

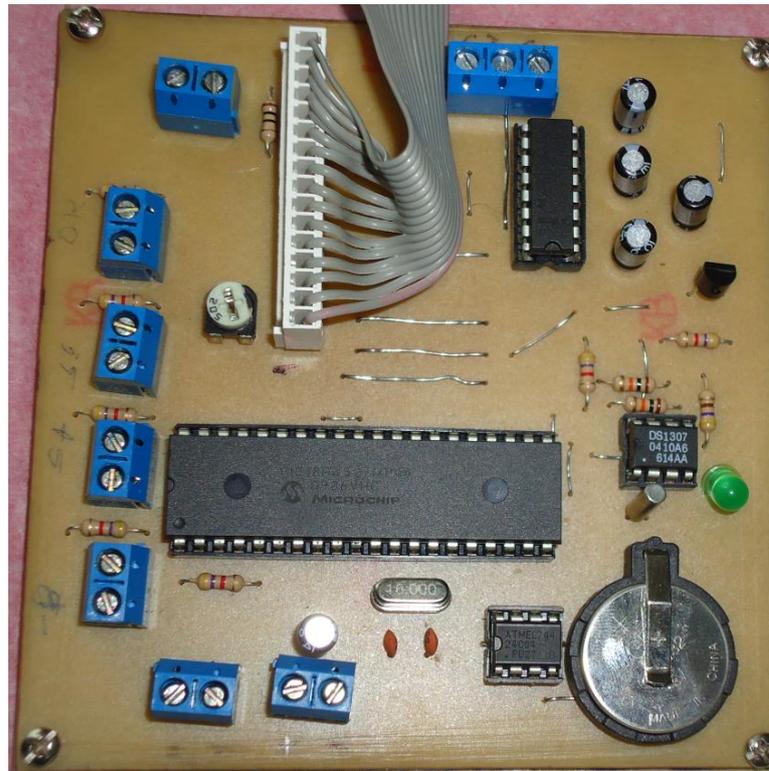


Figura 2. 47: Placa del Circuito de Control

d. Construcción del Circuito de la Fuente de Alimentación

Debido a que se utiliza amplificadores operacionales que requieren ser alimentados con fuente dual, la fuente de alimentación se obtuvo a partir de dos baterías de 6V 4Ah, las mismas que se debe conectar de tal manera de obtener una fuente dual, ya que el voltaje obtenido es elevado se utilizó reguladores de voltaje LM7805, LM7905 de donde se obtiene las salidas de voltaje de +5V y -5V respectivamente.

Para la fuente de 6V el cual alimentara el Sensor de CO₂, se utilizara un regulador LM7806.

El esquema del circuito lo observamos en la Figura 2.48.

En la siguiente Figura se muestra la placa con todos sus dispositivos electrónicos requeridos, además se observa que el regulador LM7806 consta de un disipador de calor.

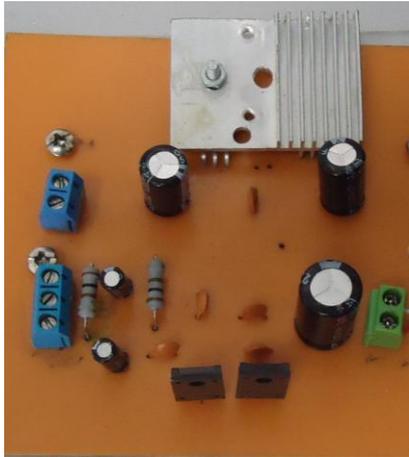


Figura 2. 48: Placa del Circuito de la Fuente de Alimentación

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 PRUEBAS

Con la finalidad de determinar el funcionamiento adecuado del sistema de monitoreo y control implementado, es necesario realizar pruebas del funcionamiento de los sensores y un análisis del control empleado para verificar la veracidad de las medidas y la funcionalidad del control.

Las pruebas realizadas se analizan a continuación:

3.1.1 PRUEBAS EN LOS SENSORES

a. Sensor de CO₂

Para el caso del sensor de CO₂ no se realizó una prueba comparativa con otro similar ya que no se pudo encontrar otro sensor que sirva como patrón, por lo que se tomaron algunas mediciones.

Tabla 3. 1 Lecturas obtenidas con el Sensor de CO₂

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA		
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
MEDIDOR DE RUIDO Y CO ₂		
AREA: Taller de Carpintería		
HORA	FECHA	CO ₂
9:45:00	03/12/2010	649
10:00:00	03/12/2010	729
10:15:00	03/12/2010	729
10:30:00	03/12/2010	529
10:45:00	03/12/2010	529
11:00:00	03/12/2010	529
11:15:00	03/12/2010	529

a.1 Control de CO₂

El control de CO₂ funciona en forma independiente del control de ruido por lo que este sistema tiene una respuesta mucho más rápida como se verá en la Tabla 3.2 a continuación:

Tabla 3. 2. Prueba del Control de CO₂

NIVEL DE CO ₂ / PPM		TIEMPO
SETEADA	MEDIDA	min
380	809	2
380	729	3
380	649	5
380	649	10
380	529	15
380	529	30
380	529	35
380	529	40
380	529	45

Como se puede ver en la tabla anterior, para el caso del CO₂ el control actúa rápidamente y demora un tiempo corto en llegar a la condición.

Con esta prueba se concluye que el sensor de CO₂ está funcionando correctamente, y tienen una salida en mili-voltios proporcional de acuerdo a la información obtenida en la hoja de datos de este elemento.

b. Sensor de Ruido

Para el caso del sensor de ruido se realizó pruebas comparativas con otros Sonómetros similares que sirvieron como patrón, para verificar el correcto funcionamiento entre uno de ellos se tomó como referencia el Sonómetro que posee la Empresa NOVACERO S.A., el mismo que está calibrado mediante un patrón estandarizado, el mismo que tiene similar precisión que el instrumento diseñado.

De esta manera se ha realizado la comparación obteniendo una calibración con

resultados aceptables y fiables (Anexo P).

Tabla 3. 3. Tabla comparativa de especificaciones de sonómetros

ESPECIFICACIONES	SONÓMETRO		
	AMPROBE SM-70	VELLEMAN DVM-1326	PROTOTIPO
RANGOS	35-100 dB	35-100 dB	35-80 dB
	65-130 dB	65-130 dB	80-125 dB
PRECISIÓN	± 2 dB	±3 dB a 94dB	±3 dB
SELECTOR DE RANGO	Manual	Manual	Manual
PONDERACIÓN	A y C	A y C	A y C
INTERVALO DE MUESTREO	Rápido/Lento	Rápido/Lento	Lento
RESOLUCIÓN	0,1 dB	0,1 dB	0,1 dB
INTERVALO DE MUESTREO	1 seg	1.5 seg	1 seg
MICRÓFONO	Condensador Electret 1/2"	Condensador Electret	Electret omnidireccional
Marca			Panasonic
Modelo			WM-61A
RANGO DE FRECUENCIA	31,5 Hz-8 KHz	30Hz-10HKz	20Hz-20KHz
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	1 Batería de 9V	1 Batería de 9V	2 Baterías de 6V

Con esta prueba se concluye que el sensor de ruido está funcionando correctamente.

3.1.2 PRUEBAS DEL PROGRAMA

a. Instalación del Programa

Inicialmente el programa ejecutable elaborado en LabView 8.5, será copiado en el escritorio del computador, de manera que facilite su acceso al momento de ir probando cada una de las opciones del prototipo.

b. Conexión PC – PROTOTIPO

Se realizó la conexión entre el computador y el prototipo a través de un cable conversor RS232 a USB, en mismo que se conecta al puerto serie RS-232 del prototipo solamente con 3 líneas (RX, TX, GND) ya que no se utilizará control de

flujo al momento de establecer la comunicación.

c. Puesta en Marcha del Menú Opciones

Una vez instalado el programa se procedió a ejecutar cada una de las opciones presentadas en el menú, las mismas que se muestran a través del LCD, y que a continuación se detallan.

a. Opción 1: Publicación de la hora

Al momento de encender el evaluador este mostrará la hora y fecha, el mismo que puede ser modificado de ser el caso.



Figura 3. 1: Presentación de la hora en el equipo

b. Opción 2: Publicación del Nivel de Presión Sonora

Al momento que el evaluador está registrado se observa los diferentes valores de Ruido en dB.



Figura 3. 2: Muestra nivel sonoro registrado

Si el nivel de presión sonora se sale de los límites del rango seleccionado se mostrará el mensaje **Seleccionar Rango**

c. Opción 3: Publicación de Concentración de CO₂

Al momento que el evaluador está registrado se observa los diferentes valores de concentración de CO₂ en ppm.



Figura 3. 3: Muestra concentración de CO₂

d. Opción 4: Descargar datos

Se muestra el mensaje de **Descargar datos** una vez que a través del programa se selecciona la descarga de datos aparecerá en el LCD el mensaje **Descargando...** finalizado la descarga mostrará **Procesado.....**



Figura 3. 4: Mensaje para realizar la descarga de datos

3.1.3 PRUEBAS DEL SOFTWARE

- Se probará el correcto funcionamiento para descargar los datos al PC y presentarlos para el análisis gráfico.
- Verificar en el disco C si se ha creado una carpeta con el nombre “Datos Recolectados”, caso contrario crearla manualmente.
- Conectar el evaluador a la PC a través del cable provisto para esta tarea, en el equipo evaluador seleccionar la opción Descargar Datos.

En el programa en la pestaña DATOS COMPARATIVOS, ingresar los diferentes datos requeridos y proceder a descargar presionando el icono de DESCARGAR, en la pantalla del equipo evaluador se muestra el

mensaje **Procesado** esto quiere decir que los datos han sido descargados satisfactoriamente y se puede observar en el programa.

- Para observar los datos de ruido descargados en el programa presionar la pestaña **PRESIÓN SONORA**, se muestra una tabla con los datos registrados de las mediciones realizadas, con estos datos de ruido se obtendrá un gráfico que muestra el comportamiento del mismo (Figura 3.5).



Figura 3. 5: Ventana de Presión Sonora

Para observar los datos de concentración de CO₂ descargados en el programa presionar la pestaña **CONCENTRACIÓN DE CO₂**, en donde se muestra una tabla la misma que contiene los valores de los datos registrados y con los mismos se obtendrá un gráfico que muestra el comportamiento del CO₂ (Figura 3.6).



Figura 3. 6: Ventana de Concentración de CO₂

3.1.4 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN

Para verificar que el dispositivo evaluador y el PC se sincronizan correctamente se establecerá la conexión con el programa Communication Terminal, que viene dentro del paquete Mikrobasic.

Para realizar esta prueba se envía la letra “A” e inmediatamente el medidor envía los datos que tiene almacenados en la memoria, como se observara en la siguiente figura.

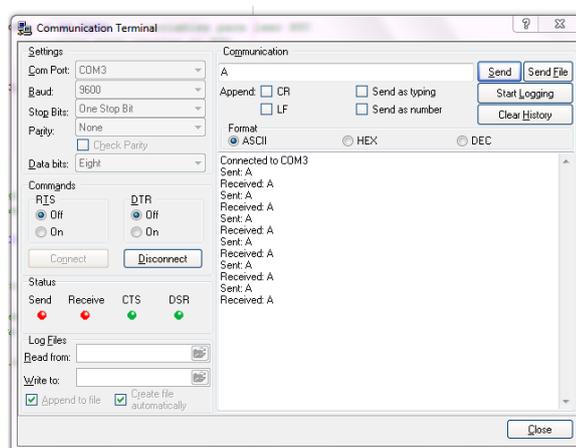


Figura 3. 7: Pantalla de Comunicación Terminal

3.2 TOMA DE DATOS

Una vez realizadas todas las pruebas del correcto funcionamiento del equipo y del software se procedió a realizar la toma de datos en Taller de Producción de la ESPEL, siguiendo los pasos que se indican en LIBRO VI ANEXO 5 del Texto Unificado de la Legislación Ambientan Secundaria en Ecuador, el mismo que dice:

El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes,

se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.⁴²

Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.⁴³

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente se procedió a realizar la toma de dato.

a. Taller de Metalmecánica

En el taller de Metalmecánica se procedió a realizar la toma de datos a partir de las 08:00 a las 16:00, en los lugares más críticos del mismo obteniendo varios valores los mismos que se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3. 4. Datos de Nivel de Presión sonora registrados en el taller de Metalmecánica

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA		
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
MEDIDOR DE RUIDO Y CO2		
ÁREA:	Taller de Metalmecánica	
HORA	FECHA	RUIDO
8:01:00	02/12/2010	87,4
8:02:00	02/12/2010	92,8
8:03:00	02/12/2010	84,6
8:04:00	02/12/2010	79,7
9:00:00	02/12/2010	82,8
9:15:00	02/12/2010	86,1
9:30:00	02/12/2010	84,9
9:45:00	02/12/2010	96,2
10:00:00	02/12/2010	84,5
10:15:00	02/12/2010	87
10:30:00	02/12/2010	90,6

⁴²TULAS, LIBRO VI ANEXO 5, apartado 4.1.2 De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija, art. 4.1.2.2

⁴³TULAS, LIBRO VI ANEXO 5, apartado 4.1.2 De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija, art4.1.2.4

10:45:00	02/12/2010	91,5
11:00:00	02/12/2010	103
11:15:00	02/12/2010	102
11:30:00	02/12/2010	96,2
11:45:00	02/12/2010	96,2
12:00:00	02/12/2010	90,6
12:15:00	02/12/2010	79,7
12:30:00	02/12/2010	80,9
12:45:00	02/12/2010	81,4
13:00:00	02/12/2010	64,3
13:15:00	02/12/2010	55,1
13:30:00	02/12/2010	51,5
13:45:00	02/12/2010	52,4
14:00:00	02/12/2010	57,9
14:15:00	02/12/2010	71,1
14:30:00	02/12/2010	89,2
14:45:00	02/12/2010	85,5
15:00:00	02/12/2010	81
15:15:00	02/12/2010	74,5
15:30:00	02/12/2010	63,6
15:45:00	02/12/2010	84,2
V máx.		103
V min.		51,5

Con los datos mostrados anteriormente en la tabla se obtiene como resultado que los trabajadores que operan en esa área están expuestos a ruidos excesivos por lo que se debe tomar rápidamente medidas correctivas para atenuar el ruido existente.

b. Carpintería

En la Carpintería a igual que en el taller de Metalmecánica se procedió a realizar la toma de datos a partir de las 08:00 a las 16:00, en los lugares más críticos del mismo obteniendo varios valores los mismos que se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3. 5. Datos de Nivel de Presión sonora registrados en la Carpintería

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA		
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
MEDIDOR DE RUIDO Y CO2		
ÁREA:	Carpintería	
HORA	FECHA	RUIDO
8:00:00	03/12/2010	72
8:15:00	03/12/2010	72,6
8:30:00	03/12/2010	65,4
8:45:00	03/12/2010	62,5
9:00:00	03/12/2010	57,1
9:15:00	03/12/2010	67,8
9:30:00	03/12/2010	74,1
9:45:00	03/12/2010	73,7
10:00:00	03/12/2010	86,1
10:15:00	03/12/2010	88,1
10:30:00	03/12/2010	93,9
10:45:00	03/12/2010	92,8
11:00:00	03/12/2010	79,2
11:15:00	03/12/2010	88,1
11:30:00	03/12/2010	80,9
11:45:00	03/12/2010	85,5
12:00:00	03/12/2010	85,2
12:15:00	03/12/2010	82,7
12:30:00	03/12/2010	79,4
12:45:00	03/12/2010	83,1
13:00:00	03/12/2010	89,8
13:15:00	03/12/2010	60
13:30:00	03/12/2010	69,3
13:45:00	03/12/2010	79,3
14:00:00	03/12/2010	78,3
14:15:00	03/12/2010	83,9
14:30:00	03/12/2010	81,4
14:45:00	03/12/2010	86,7
15:00:00	03/12/2010	82,1
15:15:00	03/12/2010	81
15:30:00	03/12/2010	82,1
15:45:00	03/12/2010	85,8
V máx.		93,9
V min.		57,1

La siguiente figura muestra la gráfica de los datos obtenidos en la Tabla 3.5

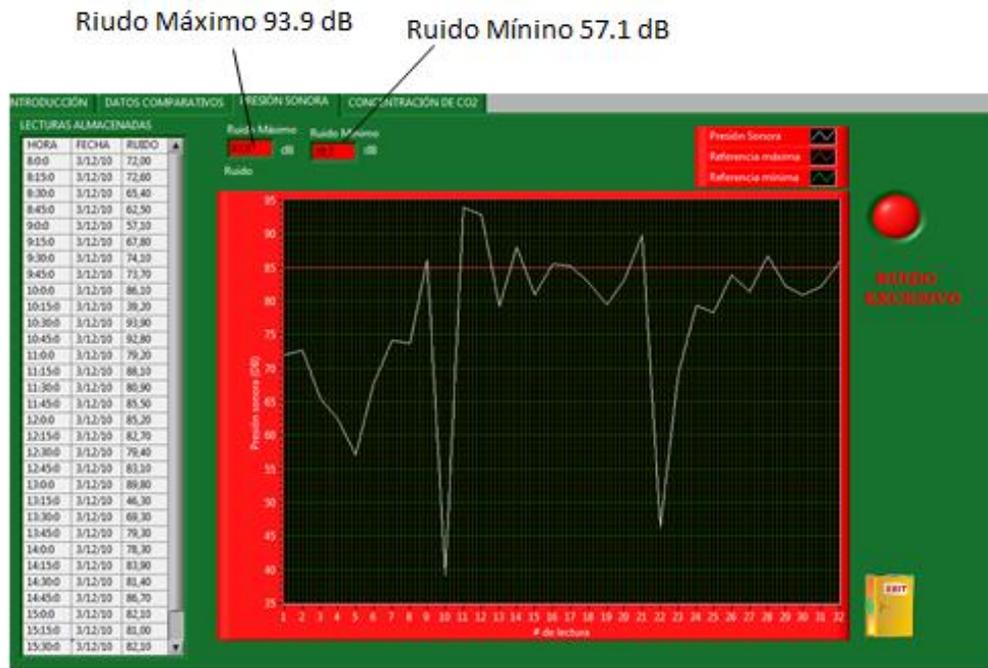


Figura 3. 8: Gráfica de Nivel de Presión sonora registrados en la Carpintería

c. CO₂ en el Taller de Metalmecánica

Al igual que con el ruido se procedió con la concentración de CO₂ a realizar la toma de datos a partir de las 08:00 a las 16:00, en los lugares más críticos tomando como punto más crítico el lugar en donde se realizan los trabajos de Soldadura, obteniendo los siguientes valores los mismos que se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3. 6. Datos de concentración de CO₂ registrados en el taller de
Metalmecánica

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA		
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
MEDIDOR DE RUIDO Y CO2		
ÁREA:	Taller de Metalmecánica	
HORA	FECHA	CO2
8:00:00	02/12/2010	390
8:15:00	02/12/2010	407
8:30:00	02/12/2010	425
8:45:00	02/12/2010	425
9:00:00	02/12/2010	407
9:15:00	02/12/2010	505
9:30:00	02/12/2010	516
9:45:00	02/12/2010	516
10:00:00	02/12/2010	516
10:15:00	02/12/2010	516
10:30:00	02/12/2010	550
10:45:00	02/12/2010	550
11:00:00	02/12/2010	550
11:15:00	02/12/2010	550
11:30:00	02/12/2010	550
11:45:00	02/12/2010	550
12:00:00	02/12/2010	516
12:15:00	02/12/2010	494
12:30:00	02/12/2010	494
12:45:00	02/12/2010	494
13:00:00	02/12/2010	494
13:15:00	02/12/2010	382
13:30:00	02/12/2010	382
13:45:00	02/12/2010	382
14:00:00	02/12/2010	382
14:15:00	02/12/2010	454
14:30:00	02/12/2010	516
14:45:00	02/12/2010	575
15:00:00	02/12/2010	575
15:15:00	02/12/2010	575
15:30:00	02/12/2010	575
15:45:00	02/12/2010	575
V máx.		575
V min.		382

d. CO₂ en la Carpintería

En la Carpintería se procedió a realizar la misma toma de datos obteniendo varios valores los mismos que se muestran en la Tabla 3.7.

Tabla 3. 7. Datos de concentración de CO₂ registrados en la Carpintería

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA		
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
MEDIDOR DE RUIDO Y CO2		
AREA:	Carpintería	
HORA	FECHA	CO2
8:00:00	03/12/2010	382
8:15:00	03/12/2010	454
8:30:00	03/12/2010	516
8:45:00	03/12/2010	529
9:00:00	03/12/2010	529
9:15:00	03/12/2010	529
9:30:00	03/12/2010	529
9:45:00	03/12/2010	529
10:00:00	03/12/2010	529
10:15:00	03/12/2010	529
10:30:00	03/12/2010	529
10:45:00	03/12/2010	529
11:00:00	03/12/2010	529
11:15:00	03/12/2010	529
11:30:00	03/12/2010	529
11:45:00	03/12/2010	529
12:00:00	03/12/2010	529
12:15:00	03/12/2010	529
12:30:00	03/12/2010	529
12:45:00	03/12/2010	529
13:00:00	03/12/2010	529
13:15:00	03/12/2010	529
13:30:00	03/12/2010	529
13:45:00	03/12/2010	529
14:00:00	03/12/2010	529
14:15:00	03/12/2010	529
14:30:00	03/12/2010	529
14:45:00	03/12/2010	529

15:00:00	03/12/2010	529
15:15:00	03/12/2010	529
15:30:00	03/12/2010	529
15:45:00	03/12/2010	529
V máx.		529
V min.		382

La siguiente gráfica muestra los datos de la Tabla 3.7.

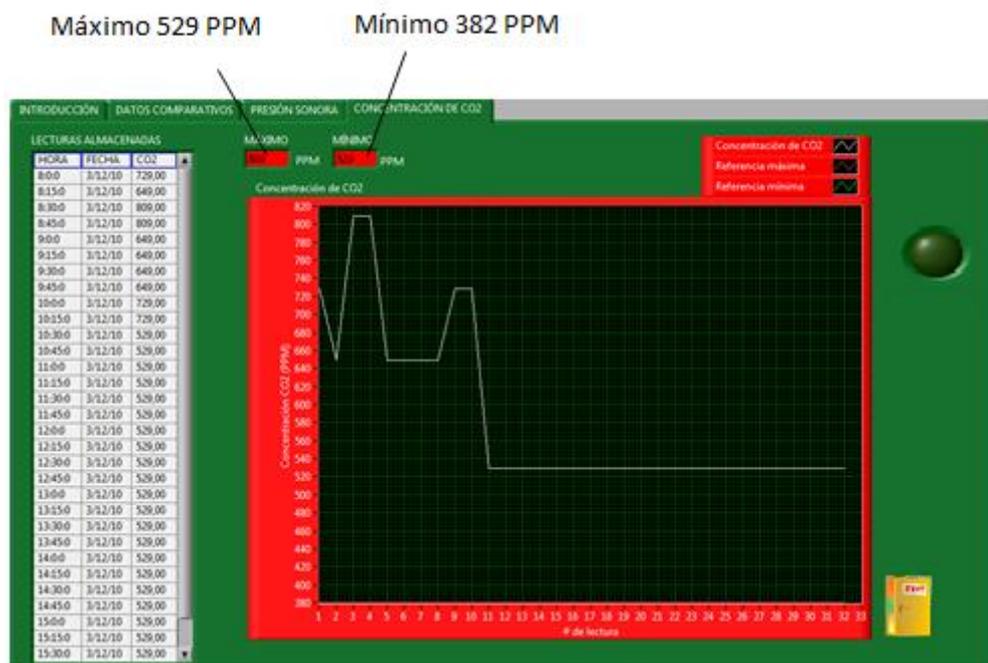


Figura 3. 9: Gráfica de Concentración de CO₂ registrados en la Carpintería

3.3 DIAGNÓSTICO

El presente estudio comprende al personal que se encuentra laborando en el Taller de Metalmecánica y la Carpintería de la ESPEL.

Para realizar en diagnóstico laboral primero se debe realizar un monitoreo del lugar de trabajo para saber a qué niveles de ruido y a qué cantidad de concentración de CO₂ están sometidos los operarios, y de esta manera saber cómo cuidar que estas personas se encuentren en un lugar libre de exposiciones severas.

En la legislación ecuatoriana, específicamente en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, artículo 55, numeral 7, se muestran los niveles de ruido permitidos y el tiempo de exposición en horas al cual podrá estar sometido el individuo.

Por esta razón todas las empresas del país están obligadas a realizar mediciones de Niveles de ruido y adecuar los puestos de trabajo para entregar un mayor confort al trabajador.

Para llevar a cabo el análisis se tomará como referencia el horario de trabajo.

Con las medidas obtenidas se procede a calcular el Nivel de presión sonora equivalente de la jornada laboral mediante la aplicación de la fórmula Ec.1.5.

- Taller de Metalmecánica 92,64 dB
- Carpintería 85,08 dB

El cálculo de la Dosis Diaria, mediante la fórmula Ec. 1.11.

- Taller de Metalmecánica el nivel de ruido está excedido en 100% de nivel aceptable.
- Carpintería el nivel de ruido no se encuentra excedido, es aceptable.

Todos estos cálculos se los realizan en una hoja de cálculo en el Programa Excel, para evitar errores de cálculo.

a. Selección de protección auditiva

Para realizar la selección de protectores auditivos se debe guiar en el catálogo de los diferentes proveedores de los mismo en este caso en el Anexo Q tenemos el catálogo de 3M, en el mismo que se puede encontrar los diferentes valores de NRR que es la Taza de Reducción de Ruido.

Este valor de NRR nos indica la cantidad de dB que se va a disminuir en el

trabajador al ocupar determinado protector auditivo ya sea este tapón u orejera.

Por ejemplo la persona que está encargada del manejo de la máquina de Corte debe utilizar doble protección ósea un tapón y una orejera ya que esta persona está sometido a elevados niveles de ruido, se han llegado a medir valores picos de hasta 103dB el mismo que le afecta considerablemente, siguiendo las referencias del catálogo del Anexo Q se recomienda usar Tapones Auditivos 1270/1271 que tienen un NRR 24dB y una orejera Peltor Optime™ 105 H10A HV que tiene un NRR de 30 dB, teniendo en cuenta que el grado de protección de NRR no es acumulativa y para saber cuál es el grado de protección se considera en NRR mas alto.

Una vez analizados los datos obtenidos se recomienda a los trabajadores el uso de Tapones Auditivos 1270/1271 que tienen un NRR 24, pero teniendo en cuenta que para realizar una correcta selección de EPP se debe realizar audiometrías individuales a los trabajadores para de esta forma entregarles el adecuado equipo de protección ya que no es el mismo para todas las personas, porque el oído humano reacciona de diferente manera a las variaciones de ruido.

Para mayor información de los Tapones Auditivos 1270/1271 refiérase al Anexo R.

En el área de Metalmecánica para entregar las respectivas protecciones respiratorias, se debe tener en cuenta el trabajo que realiza cada individuo, teniendo así que las personas que están encargadas del proceso de soldadura es necesario que usen respiradores de medio rostro con Filtros 2097 (Anexo S), las personas que están encargadas de realizar el trabajo de esmerilado y pulido deberían usar un respirador 8212 (Anexo T) o un respirador 8512 (Anexo U), también se recomienda el uso de estos respiradores a las personas que realicen su trabajo cerca de estas áreas.

En el área de Carpintería al observar la excesiva cantidad de material particulado debido a la preparación de la materia prima se sugiere el uso de Respiradores 8511 (Anexo V) o de 8210 (Anexo W) ya que estos están diseñados específicamente para trabajos de carpintería.

Teniendo en cuenta que el uso de los respiradores es personal, es decir cada persona deberá tener su respectivo EPP.

Además se debe tener en cuenta que también es obligatoria cuidar de la salud de las visitas que se pueda tener en Producción por lo cual se debería entregar tapones desechables y respiradores a los visitantes, recomendando para esto el uso de los Tapones Auditivos 1100 (Anexo X) y su respectivo respirador.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un dispositivo evaluador de CO₂ y ruido en base a microcontroladores que cumple con los estándares IEC651, ANSI S1.4 establecidos para los sonómetros.
- El equipo se contrastó con el Sonómetro AMPROBE SM-70 de la empresa NOVACERO S.A., que fue calibrado por la empresa ELICROM Cía. Ltda., el 25 de marzo del 2010, determinado que en nuestro evaluador el error de medida es del 0,7%.
- Se verificó el correcto funcionamiento del sensor de CO₂ comparando con las curvas de funcionamiento de la hoja de datos del mismo.
- Se analizó y almacenó en la PC los datos recolectados por el evaluador los días 2 y 3 de diciembre del 2010 durante la jornada de trabajo del taller de Producción de la ESPEL.
- Para evitar errores en el cálculo del nivel de presión sonora equivalente y la dosis diaria se elaboró un programa de cálculo en Excel para obtener menor porcentaje de errores.
- Las gráficas de análisis de ruido de los talleres de Metalmecánica y Carpintería muestran claramente que los valores picos sobrepasan la referencia de 85dBA establecido en la norma 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- El área de corte de material y el área de pulido del taller de Metalmecánica tienen una presión sonora de 98 a 103 dBA y 93.8 a 96.2 dBA respectivamente, los mismos que sobrepasan excesivamente los límites establecidos en la norma 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

- El taller de Metalmecánica es afectado directamente por el ruido generado en las áreas de corte y pulido, registrando una presión sonora de 95 dBA, mientras que cuando no se trabajan en estas áreas se tiene una presión sonora de 80-85 dBA.
- El área de preparación de madera y el área de armado de la Carpintería tiene una presión sonora de 85 a 96 dBA y de 75 a 80 dBA respectivamente, determinando que el área de preparación de madera incumple con la normativa 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- La concentración de CO₂ en el taller de Metalmecánica y Carpintería es de 575 y 529 PPM respectivamente, cumple con lo estipulado por la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Aire Acondicionado y Refrigeración (ASHRAE) y por la Administración para la Seguridad y Salud Laborales (Occupational Safety and Health Administration, (OSHA), manteniéndose por debajo de la referencia de 1000 PPM.
- Las fuentes de ruido importantes en el taller de Metalmecánica son la máquina cortadora de disco y la amoladora que producen ruido excesivo, mientras que en la Carpintería son la sierra de cinta, cierra circular, cepillo y canteadora produciendo un ruido que sobrepasa la norma 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- El aire que circula en los talleres de Producción es el medio conductor del nivel de presión sonora de concentración de CO₂.
- La correcta selección EPP son la mejor solución ante problemas de excesiva presión sonora y presencia de concentración de CO₂.
- El tiempo de exposición y de descanso de los trabajadores está definido en función del nivel de presión sonora al que están expuestos durante su jornada laboral.
- La inversión de 400 dólares más la gran funcionalidad que presenta el dispositivo frente a los 2000 dólares estimados en la adquisición de equipos de similares características incentiva a su construcción.

- En el área de Metalmecánica el espacio físico limitado provoca la inapropiada distribución de los puestos de trabajo, teniendo como resultado que el ruido generado en el área produce malestar a todo el personal.

4.2 RECOMENDACIONES

- Determinar las entradas y salidas del algoritmo de acuerdo a las necesidades requeridas para el análisis.
- Realizar mediciones semestrales para obtener una referencia actualizada de los niveles a los que están expuestos los trabajadores.
- Fijar el nivel máximo de referencia en el programa para el análisis de acuerdo al área de trabajo en donde se vaya a realizar las mediciones para obtener un valor exacto de los niveles que sobrepasan.
- Reubicar el área de corte y pulido del taller de Metalmecánica de manera individual en un lugar aislado para evitar la propagación del ruido.
- Distribuir de mejor manera todas las áreas dentro del taller de Metalmecánica y Carpintería.
- Implementar al Dispositivo Evaluador las variables de medición de gases de soldadura como el CO y material particulado con la finalidad de optimizar el mismo, ya que estos riesgos químicos afectan gravemente las vías respiratorias.
- Implementar un sistema de absorción de gases de soldadura en el taller de Metalmecánica.
- Suministrar el EPP adecuado a cada trabajador, seleccionando adecuadamente según el trabajo que realice. Y de ser el caso suministrar doble protección auditiva.
- Cumplir con la normativa del tiempo de exposición y descanso de acuerdo a los niveles que se encuentren sometidos.
- Promocionar y difundir a los trabajadores sobre la correcta utilización y los beneficios que les brinda la utilización de los EPP.

- Una vez analizados los datos obtenidos se recomienda a los trabajadores el uso de Tapones Auditivos 1270/1271 que tienen un NRR 24.
- Las audiometrías es algo muy necesario que se debe hacer a los trabajadores cada seis meses según la normativa ecuatoriana 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- En el área de Metalmecánica las personas que están encargadas del proceso de soldadura es necesario que usen respiradores de medio rostro con Filtros 2097.
- Los encargados de realizar el trabajo de esmerilado, pulido y las personas que realicen su trabajo frecuentemente cerca del área de soldadura deberían usar un respirador 8212/8512
- En el área de Carpintería al tener una presencia excesiva de cantidad de material particulado debido a la preparación de la materia prima se sugiere el uso de Respiradores 8511/8210 ya que estos están diseñados específicamente para trabajos de carpintería.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- Angulo José María, Angulo Ignacio, Microcontroladores Pic, Diseño Práctico de Aplicaciones
- Reyes Carlos (Tercera Edición, Volumen 1). (2008).Microcontroladores Pic.
- Montaluisa Benítez, R. (2009). Diagnóstico de un ambiente laboral mediante el diseño y construcción de un dispositivo para calcular el estrés térmico en caliente con el método temperatura de globo y bulbo húmedo (TGBH) en el tren automático de la empresa NOVACERO S.A...Tesis de Ingeniería, ESPEL
- Quimbiulco Chimarro, D. (2008). Diseño e implementación de un prototipo que permita cuantificar el nivel de presión sonora en una biblioteca con indicación visual y audible. Tesis de Ingeniería, EPN
- Estrada Jiménez, J. Reinoso Chisaguano, D. (2009). Diseño e implementación de un prototipo de monitoreo remoto de contaminación ambiental utilizando tecnología GSM.
- Texto Unificado de la Legislación Ambientan Secundaria en Ecuador (TULAS)
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Normativa 2393.
- Catalogación hecha por Centro de Documentación OPS/OMS en el Perú Manual de Salud Ocupacional / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. Dirección Ejecutiva de Salud Ocupacional. – Lima: Dirección General de Salud Ambiental, 2005 ,98 p
<http://www.opas.org.br/gentequefazsaude/bvsde/bvsacd/cd27/salud.pdf>
- Fuentes de Ruido
http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/Acustica_arquitectonica/practica/FUENTES2.HTML
- El portal de audiología (2008)
<http://www.auditio.com>

- Organización Internacional del Trabajo. La Salud y la seguridad en el trabajo. El ruido en el lugar de trabajo
http://actrav.itcilo.org/osh_es/m%20f3dullos/noise/noiseat.htm
- Instrumentos de Medida, Curso de Acústica creado por GA. (2003)
<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html#DESCRIPCION>
- Water Treatment Solutions LENNTECH (1998-2009)
<http://www.lenntech.es/dioxido-de-carbono.htm>
- Biology Cabinet (2007)
http://biocab.org/Bioxido_de_Carbono_CO2.html
- ORAE Systems, Theory and Operation of NDIR Sensor
http://www.raesystems.com/~raedocs/App_Tech_Notes/Tech_Notes/TN-169_NDIR_CO2_Theory.pdf
- FIGARO, TGS 4161
<http://www.figarosensor.com/products/4161pdf.pdf>
- Guía orientativa para la selección y utilización de protectores auditivos
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/Protectores_auditivos.pdf
- Futurlec, CO2 Sensor - Carbon Dioxide Sensor
http://www.futurlec.com/CO2_Sensor.shtml
- Frequency Weighting Equations, September 6, 2004
<http://www.cross-spectrum.com/audio/weighting.html>
- Comunicación - Bus I2C (2007-2009)
http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_busI2C.htm
- Guía para la Selección y Control de Protectores Auditivos
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPP/Ficheros/Protectores_auditivos.pdf

ANEXOS

Anexo A: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, 2393

Anexo B: TULAS

Anexo C: NTP 503: Confort acústico

Anexo D: NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido

Anexo E: NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido

Anexo F: PIC 18F452

Anexo G: Micrófono Electret Panasonic WM-61A

Anexo H: Sensor de CO₂ Mg811

Anexo I: Amplificador Operacional TL084

Anexo J: Amplificador Operacional LM 358

Anexo K: Conversor RMS A DC AD636

Anexo L: Reloj DS1307

Anexo M: Memoria AT24C04

Anexo N: MAX 232

Anexo O: LCD

Anexo P: Calibración

Anexo Q: Catalogo para la Selección de Protección Auditiva

Anexo R: Tapones Auditivos 1270/1271

Anexo S: Filtro 2097

Anexo T: Respirador 8212

Anexo U: Respirador 8512

Anexo V: Respirador 8511

Anexo W: Respirador 8210

Anexo X: Tapón 1100

Anexo Y: Manual De Operación

Anexo Z: Programa del microcontrolador

Anexo AA: Análisis de Resultados en Excel



CARGA DE TRABAJO

TIPO DE TRABAJO	LIVIANA Inferior a 200 Kcal/hora	MODERADA De 200 a 350 Kcal/hora	PESADA Igual o mayor 350Kcal/hora
Trabajo continuo 75% trabajo 25% descanso cada hora	TGBH = 30.0 TGBH = 30.6	TGBH = 26.7 TGBH = 28.0	TGBH = 25.0 TGBH = 25.9
50% trabajo, 50% descanso, cada hora	TGBH = 31.4	TGBH = 29.4	TGBH = 27.9
25% trabajo, 75% descanso, cada hora	TGBH = 32.2	TGBH = 31.1	TGBH = 30.0

Art. 55. RUIDOS Y VIBRACIONES.

1. La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.

2. El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes antivibratorios.

3. Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos.

4. (Reformado por el Art. 31 del Decreto 4217) Se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas.

5. (Reformado por el Art. 32 del Decreto 4217) Los conductos con circulación forzada de gases, líquidos o sólidos en suspensión, especialmente cuando estén conectados directamente a máquinas que tengan partes en movimiento siempre y cuando contribuyan notablemente al incremento de ruido y vibraciones, estarán provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones que generan aquellas mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques.

6. (Reformado por el Art. 33 del Decreto 4217) Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.



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

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

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

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

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

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

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

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

RUIDO DE IMPACTO.- Se considera ruido de impacto a aquel cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquel cuya frecuencia sea superior, se considera continuo.

Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho periodo de acuerdo con la siguiente tabla:

Número de impulsos o impacto por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dB)
100	140
500	135



1000
5000
10000

130
125
120

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

8. Las máquinas herramientas que originen vibraciones tales como martillos neumáticos, apisonadoras, remachadoras, compactadoras y vibradoras o similares, deberán estar provistas de dispositivos amortiguadores y al personal que los utilice se les proveerá de equipo de protección antivibratorio.

(Añadido por el Art. 30 del decreto 4217) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

9. (Reformado por el Art. 35 del Decreto 4217) Los equipos pesados como tractores, traillas, excavadoras o análogas que produzcan vibraciones, estarán provistas de asientos con amortiguadores y suficiente apoyo para la espalda.

(Añadido por el Art. 30 del decreto 4217) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS.

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

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

NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA PARA TRABAJOS ESPECÍFICOS Y SIMILARES.

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera; salas de máquinas y calderos, ascensores.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

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

LIBRO VI ANEXO 5

0 Introducción

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

La presente norma técnica determina o establece:

- Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

1 Objeto

La presente norma tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece además los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.

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

2.1 DEFINICIONES

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

2.1 Decibel (dB)

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

2.2 Fuente Fija

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

2.3 Generadores de Electricidad de Emergencia

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

2.4 Nivel de Presión Sonora

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

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

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

2.5 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

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

2.6 Nivel de Presión Sonora Corregido

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

2.7 Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

2.8 Respuesta Lenta

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

2.9 Ruido Estable

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.10 Ruido Fluctuante

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.11 Ruido Imprevisto

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

2.12 Ruido de Fondo

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

2.13 Vibración

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

2.14 Zona Hospitalaria y Educativa

Son aquellas en que los seres humanos requieren de particulares

condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

2.15 Zona Residencial

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

2.16 Zona Comercial

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

2.17 Zona Industrial

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

2.18 Zonas Mixtas

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

3 Clasificación

Esta norma establece los niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece la presente clasificación:

1. Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas
 - b. Niveles máximos permisibles de ruido
 - i. Medidas de Prevención y Mitigación de Ruidos
 - ii. Consideraciones generales

- b. De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija
- c. Consideraciones para generadores de electricidad de emergencias
- d. Ruidos producidos por vehículos automotores
- e. De las vibraciones en edificaciones

4 Requisitos

4.1 Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas

4.1.1 Niveles máximos permisibles de ruido

4.1.1.1 Los niveles de presión sonora equivalente, NPS_{eq} , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la Tabla 1.

Tabla 1

Niveles Máximos de Ruido Permisibles según Uso del Suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS_{eq} [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

4.1.1.2 Los métodos de medición del nivel de presión sonora equivalente, ocasionado por una fuente fija, y de los métodos de reporte de resultados, serán aquellos fijados en esta norma.

generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento

4.1.1.3 Para fines de verificación de los niveles de presión sonora equivalente estipulados en la Tabla 1, emitidos desde la fuente de emisión de ruidos objeto de evaluación, las mediciones se realizarán, sea en la posición física en que se localicen los receptores externos a la fuente evaluada, o, en el límite de propiedad donde se encuentra ubicada la fuente de emisión de ruidos.

4.1.1.4 En las áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de una fuente fija, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no deberán superar al nivel ruido de fondo en diez decibeles A [10 dB(A)].

4.1.1.5 Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos correspondientes a la zona en que se encuentra el receptor.

4.1.1.6 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos en la definición del uso de suelo, para la evaluación de cumplimiento de una fuente fija con el presente reglamento, será la Entidad Ambiental de control correspondiente la que determine el tipo de uso de suelo descrito en la Tabla 1.

4.1.1.7 Se prohíbe la emisión de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros desde el interior de locales destinados, entre otros fines, para viviendas, comercios, servicios, discotecas y salas de baile, con niveles que sobrepasen los límites determinados para cada zona y en los horarios establecidos en la presente norma.

4.1.1.8 Medidas de prevención y mitigación de ruidos:

- a) Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles A o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.
- b) En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de

exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.

4.1.1.9 Consideraciones generales:

- e) La Entidad Ambiental de Control otorgará la respectiva autorización o criterio favorable de funcionamiento para aquellos locales comerciales que utilicen amplificadores de sonido y otros dispositivos que produzcan ruido en la vía pública.
- f) En proyectos que involucren la ubicación, construcción y operación de aeródromos públicos o privados, el promotor del proyecto proveerá a la Entidad Ambiental de Control del debido estudio de impacto ambiental, el cual requerirá demostrar las medidas técnicas u operativas a implementarse a fin de alcanzar cumplimiento con la presente norma para niveles de ruido. Además, el estudio evaluará cualquier posible o potencial afectación, no solamente para seres humanos, sino también para flora y fauna.
- g) La Entidad Ambiental de Control no permitirá la instalación y funcionamiento de circos, ferias y juegos mecánicos en sitios colindantes a establecimientos de salud, guarderías, centros educacionales, bibliotecas y locales de culto.
- h) Los fabricantes, importadores, ensambladores y distribuidores de vehículos y similares, serán responsables de que las unidades estén provistas de silenciadores o cualquier otro dispositivo técnico, con eficiencia de operación demostrada y aprobada por la autoridad de tránsito. Se prohibirá cualquier alteración en el tubo de escape del vehículo, o del silenciador del mismo, y que conlleve un incremento en la emisión de ruido del vehículo. La matriculación y/o permiso de circulación que se otorgue a vehículos considerará el cumplimiento de la medida descrita.

e) En lo referente a ruidos emitidos por aeronaves, se aplicarán los conceptos y normas, así como las enmiendas que se produzcan, que establezca el Convenio sobre Aviación Civil Internacional (OACI).

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

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

4.1.2.2 El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

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

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

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

4.1.2.6 Se utilizará una tabla, dividida en cuadrículas, y en que cada cuadro representa un decibel. Durante un primer período de medición de cinco (5)

segundos se observará la tendencia central que indique el instrumento, y se asignará dicho valor como una marca en la cuadrícula. Luego de esta primera medición, se permitirá una pausa de diez (10) segundos, posterior a la cual se realizará una segunda observación, de cinco segundos, para registrar en la cuadrícula el segundo valor. Se repite sucesivamente el período de pausa de diez segundos y de medición en cinco segundos, hasta conseguir que el número total de marcas, cada una de cinco segundos, totalice el período designado para la medición. Si se está midiendo ruido estable, un minuto de medición, entonces se conseguirán doce (12) marcas en la cuadrícula. Si se está midiendo ruido fluctuante, se conseguirán, por lo menos, ciento veinte (120) marcas en la cuadrícula.

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

$$NPSeq = 10 * \log^* \sum P_i 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

4.1.2.7 De los Sitios de Medición.- Para la medición del nivel de ruido de una fuente fija, se realizarán mediciones en el límite físico o lindero o línea de fábrica del predio o terreno dentro del cual se encuentra alojada la fuente a ser evaluada. Se escogerán puntos de medición en el sector externo al lindero pero lo más cerca posible a dicho límite. Para el caso de que en el lindero exista una pared perimetral, se efectuarán las mediciones tanto al interior como al exterior del predio, conservando la debida distancia de por lo menos 3 metros a fin de prevenir la influencia de las ondas sonoras reflejadas por la estructura física. El número de puntos será definido en el sitio pero se corresponderán con las condiciones más críticas de nivel de ruido de la fuente evaluada. Se recomienda efectuar una inspección previa en el sitio, en la que se determinen las condiciones de mayor nivel de ruido producido por la fuente.

4.1.2.8 De Correcciones Aplicables a los Valores Medidos.- A los valores de nivel de presión sonora equivalente, que se determinen para la fuente objeto de evaluación, se aplicará la corrección debido a nivel de ruido de

fondo. Para determinar el nivel de ruido de fondo, se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente siendo evaluada, o en su lugar, bajo condiciones de ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación. Las mediciones de nivel de ruido de fondo se efectuarán bajo las mismas condiciones por las que se obtuvieron los valores de la fuente fija. En cada sitio se determinará el nivel de presión sonora equivalente, correspondiente al nivel de ruido de fondo. El número de sitios de medición deberá corresponderse con los sitios seleccionados para evaluar la fuente fija, y se recomienda utilizar un período de medición de 10 (diez) minutos y máximo de 30 (treinta) minutos en cada sitio de medición.

Al valor de nivel de presión sonora equivalente de la fuente fija se aplicará el valor mostrado en la Tabla 2:

Tabla 2

Corrección por Nivel de Ruido de Fondo

DIFERENCIA ARITMÉTICA ENTRE NPSEQ DE LA FUENTE FIJA Y NPSEQ DE RUIDO DE FONDO (DBA)	CORRECCIÓN
10 ó mayor	0
De 6 a 9	- 1
De 4 a 5	- 2
3	- 3
Menor a 3	Medición nula

Para el caso de que la diferencia aritmética entre los niveles de presión sonora equivalente de la fuente y de ruido de fondo sea menor a 3 (tres), será necesario efectuar medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

4.1.2.9 Requerimientos de Reporte.- Se elaborará un reporte con el contenido mínimo siguiente:

- a) Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- b) Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;

ANEXO B	TULAS LIBRO VI	11-14
<p data-bbox="395 427 1422 864"> c) Ubicación aproximada de los puntos de medición; d) Características de operación de la fuente fija; e) Tipo de medición realizada (continua o semicontinua); f) Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie; g) Nombres del personal técnico que efectuó la medición; h) Fecha y hora en la que se realizó la medición; i) Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.); j) Correcciones Aplicables; k) Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija; l) Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas. </p> <p data-bbox="344 913 1267 983"> 4.1.3 Consideraciones para generadores de electricidad de emergencia </p> <p data-bbox="344 1019 1422 1312"> 4.1.3.1 Aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia, deberán evaluar la operación de dichos equipos a fin de determinar si los niveles de ruido cumplen con la normativa y/o causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación. La Entidad Ambiental de Control podrá solicitar evaluaciones mayores, y en caso de juzgarse necesario, podrá solicitar la implementación de medidas técnicas destinadas a la reducción y/o mitigación de los niveles de ruido provenientes de la operación de dichos equipos. </p> <p data-bbox="344 1361 1161 1395"> 4.1.4 Ruidos producidos por vehículos automotores </p> <p data-bbox="344 1431 1422 1541"> 4.1.4.1 La Entidad Ambiental de Control establecerá, en conjunto con la autoridad policial competente, los procedimientos necesarios para el control y verificación de los niveles de ruido producidos por vehículos automotores. </p> <p data-bbox="344 1576 1422 1646"> 4.1.4.2 Se establecen los niveles máximos permisibles de nivel de presión sonora producido por vehículos, los cuales se presentan en la Tabla 3. </p>		

Tabla 3

Niveles de Presión Sonora Máximos para Vehículos Automotores

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MÁXIMO (dBA)
Motocicletas:	De hasta 200 centímetros cúbicos.	80
	Entre 200 y 500 c. c.	85
	Mayores a 500 c. c.	86
Vehículos:	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas.	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas.	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP.	85
Vehículos de Carga:	Peso máximo hasta 3,5 toneladas	81
	Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12,0 toneladas	88

ANEXO B	TULAS LIBRO VI	13-14
<p>4.1.4.3 De la medición de niveles de ruido producidos por vehículos automotores.- las mediciones destinadas a verificar los niveles de presión sonora arriba indicados, se efectuarán con el vehículo estacionado, a su temperatura normal de funcionamiento, y acelerado a $\frac{3}{4}$ de su capacidad. En la medición se utilizará un instrumento decibelímetro, normalizado, previamente calibrado, con filtro de ponderación A y en respuesta lenta. El micrófono se ubicará a una distancia de 0,5 m del tubo de escape del vehículo siendo ensayado, y a una altura correspondiente a la salida del tubo de escape, pero que en ningún caso será inferior a 0,2 m. El micrófono será colocado de manera tal que forme un ángulo de 45 grados con el plano vertical que contiene la salida de los gases de escape. En el caso de vehículos con descarga vertical de gases de escape, el micrófono se situará a la altura del orificio de escape, orientado hacia lo alto y manteniendo su eje vertical, y a 0,5 m de la pared más cercana del vehículo.</p> <p>4.1.4.4 Consideraciones generales.- en la matriculación de vehículos por parte de la autoridad policial competente, y en concordancia con lo establecido en las reglamentaciones y normativas vigentes, se verificará que los sistemas de propulsión y de gases de escape de los vehículos se encuentren conformes con el diseño original de los mismos; que se encuentren en condiciones adecuadas de operación los dispositivos silenciadores, en el caso de aplicarse; y permitir la sustitución de estos dispositivos siempre que el nuevo dispositivo no sobrepase los niveles de ruido originales del vehículo.</p> <p>4.1.4.5 La Entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar, en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos en que se determine que los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno. La definición de horarios se corresponde con la descrita en esta norma.</p> <p>4.1.5 De las vibraciones en edificaciones</p> <p>4.1.5.1 Ningún equipo o instalación podrá transmitir, a los elementos sólidos que componen la estructura del recinto receptor, los niveles de vibración superiores a los señalados a continuación (Tabla 4).</p>		

Tabla 4

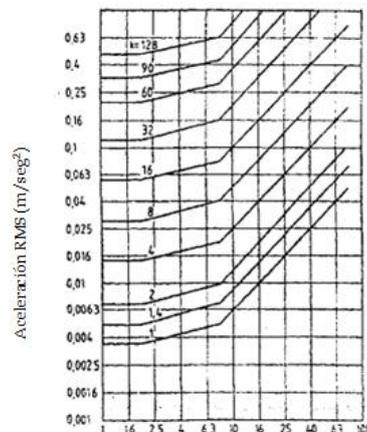
Límite de Transmisión de Vibraciones

USO DE EDIFICACIÓN	PERÍODO	CURVA BASE
Hospitalario, Educativo y Religioso	Diurno	1
	Nocturno	1
Residencial	Diurno	2
	Nocturno	1,4
Oficinas	Diurno	4
	Nocturno	4
Comercial	Diurno	8
	Nocturno	8

4.1.5.2 La determinación de vibraciones se efectuará de acuerdo a lo establecido en la norma ISO-2631-1. La medición se efectuará con instrumentos acelerómetros, y se reportará la magnitud de la vibración como valor eficaz (rms), en unidades de metros por segundo cuadrado (m/s^2), y corregida con los factores de ponderación establecidos en la norma en referencia.

Figura 1

Curvas Base para Límite de Transmisión de Vibraciones





NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas



Confort acoustique: le bruit dans les bureaux
Acoustic comfort: noise in offices

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida			
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: <input checked="" type="checkbox"/>

Redactora:

Ana Hernández Calleja
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

El ruido es uno de los agentes contaminantes más frecuente en los puestos de trabajo incluidos los de tipo no industrial, por ejemplo, las oficinas. Es cierto que en estos ambientes rara vez se presenta el riesgo de pérdida de capacidad auditiva, pero también es cierto que el ruido, aun a niveles alejados de los que producen daños auditivos, puede dar lugar a otros efectos como son: alteraciones fisiológicas, distracciones, interferencias en la comunicación o alteraciones psicológicas. Estos efectos son difíciles de valorar y, en la práctica, cualquier evaluación de la exposición a ruido en oficinas debería empezar por conocer el grado de molestia expresado por los trabajadores de la oficina.

El primer paso en el análisis de un problema de ruido en una oficina debería ser la identificación de la fuente de ruido crítica. Para ello, los trabajadores serán las principales fuentes de información. Es frecuente que las quejas por ruido estén relacionadas con una fuente concreta, por lo que las mediciones y las acciones correctoras se deberían centrar en esa fuente, ya que cualquier acción tomada sobre otras fuentes, probablemente, no conseguiría una mejora sustancial.

El segundo paso debería consistir en determinar qué aspectos hacen que un ruido sea considerado molesto. En algunas ocasiones, el problema se limita a la existencia de niveles de presión sonora excesivamente elevados, por lo que la medición del nivel de ruido continuo equivalente podría ser suficiente; en otras, será necesario conocer el espectro de frecuencia del ruido; pero en la mayor parte de las ocasiones, las mediciones del ruido deberán ser complementadas con el estudio de aspectos no físicos para determinar el grado de molestia que ocasiona el ruido, por ejemplo, el tipo de tarea, el grado de distracción que supone el ruido, su contenido en información o la actitud de las personas frente al ruido.

Fuentes de ruido

En cualquier lugar existe ruido que llega hasta las personas desde varias fuentes y a través de varias vías. El ruido emitido por una fuente se propaga en todas las direcciones y, en su camino, puede llegar directamente al receptor, ser parcialmente absorbido, transmitido y/o reflejado por los obstáculos que se encuentra en su camino.

El nivel de presión sonora que existe en un recinto depende de las fuentes de ruido y de las características acústicas y geométricas del local.

En una reflexión una fracción de la energía acústica es siempre absorbida, lo que disminuye la cantidad reflejada. Esta fracción se conoce como el coeficiente de absorción del sonido α . En la práctica, se toma un valor medio de α en función de la superficie y los materiales del local, por ejemplo, $\alpha = 0,15$ para despachos amplios con poco mobiliario o $\alpha = 0,4$ para locales muy tranquilos con muchas superficies absorbentes, por ejemplo: cortinas y moquetas.

El nivel global de ruido en un espacio es la resultante del ruido que llega al receptor directamente desde las fuentes y el que llega después de haberse reflejado una o varias veces. A esta fracción del ruido se le denomina "reverberación". La reverberación es menor en los locales con coeficientes de absorción elevados.

En general, se pueden considerar cuatro fuentes de ruido: el procedente del exterior, el de las instalaciones del edificio, el de los equipos de oficina y el producido por las personas.

Ruido exterior

Entre las fuentes de ruido exteriores, la más importante es el tráfico rodado. La potencia de la fuente sonora es proporcional a la densidad del tráfico y a la velocidad de circulación y, si el entorno es urbano, la existencia de edificios a ambos lados de la calle puede aumentar el nivel del sonido debido a las reflexiones que se producen entre las fachadas de los edificios.

Otras fuentes de ruido exterior son: el tráfico aéreo, las obras públicas o las actividades comunitarias (espectáculos, manifestaciones, etc.).

Ruido de las instalaciones del edificio

Las instalaciones del edificio que se pueden considerar fuentes de ruido son: los ascensores, las conducciones de agua, la instalación lumínica; pero sobre todo el sistema de ventilación y climatización.

El ruido en los sistemas de ventilación se puede clasificar en tres categorías principales:

- El ruido mecánico de las partes en rotación del ventilador, cojinetes, correas, etc., así como de piezas poco rígidas o mal montadas. El ruido mecánico se propaga a través de los conductos o de la estructura del edificio a las paredes y techos, y de allí al aire.
- El ruido producido por los torbellinos de aire debido a defectos aerodinámicos en el diseño de los ventiladores. Este tipo de ruido también se genera en el choque del aire con las rejillas de salida, los codos o las baterías de climatización.
- El ruido de rotación que es producido por los ventiladores y proviene del trabajo efectuado por la hélice sobre el aire. El ruido de rotación se caracteriza porque toda la energía está concentrada en tonos puros.

Ruido de los equipos de oficina

Entre estos equipos se incluyen las impresoras, el teléfono, los ordenadores o las fotocopiadoras. Los niveles de ruido medidos varían dependiendo de su funcionamiento y de sus características, por ejemplo, las impresoras láser emiten un ruido apenas medible, mientras que las máquinas de escribir o las impresoras matriciales pueden generar niveles de 70 dBA.

Ruido producido por las personas

Uno de los aspectos que más molestias ocasionan son las conversaciones, sobre todo en las que no se está directamente implicado, pero que resultan inteligibles.

Otras fuentes de ruido son el movimiento de las personas o sus actividades (grapar, dar golpes, etc.).

Respuesta subjetiva al ruido

El ruido provoca una gran variedad de efectos, así como de respuestas posibles, es quizá esta gran variabilidad lo que hace difícil predecir el grado de molestia causado por un ruido a un grupo de personas.

La figura 1 muestra la relación entre cuatro clases de variables que influyen en el grado de molestia.



Fig. 1: Relaciones entre sonoridad y molestias con los factores que afectan a la respuesta subjetiva al ruido.

Nivel de presión sonora

En general, el nivel de presión sonora es el elemento determinante de las molestias cuando se trata de una fuente de ruido considerada crítica.

Al evaluar el nivel de aceptabilidad del ruido generado por una fuente, éste debe ser relacionado con el ruido de fondo existente.

Los estudios para conocer el grado de dependencia entre el nivel de presión sonora y la respuesta de molestia han sido realizados, en su mayor parte, con fuentes individuales de ruido. Los resultados no han permitido establecer un nivel de ruido aceptable para una oficina, aunque existe cierto consenso en considerar que cuando el nivel de ruido excede de 50 dBA se produce un incremento notable de las quejas.

No hay estudios sobre la relación entre la molestia causada por fuentes individuales de ruido y la molestia global en los puestos de trabajo. Algunos estudios han demostrado que la molestia global es igual a la molestia máxima causada por una fuente de ruido cuando las demás causan bastantes menos molestias. Esta es la razón por la que es recomendable buscar siempre la fuente crítica y actuar sobre ella. En algunos casos, cuando las diversas fuentes se consideran igualmente molestas, ocurre un cierto efecto sumatorio de molestias, lo que hace que el nivel global de ruido sea el factor que se debe tener en cuenta a la hora de tomar medidas contra el ruido.

Frecuencia

Las curvas de igual sonoridad describen las distintas sensibilidades auditivas del hombre frente a los sonidos de diferentes frecuencias. La máxima sensibilidad se encuentra entre 500 y 5.000 Hz; la sensibilidad decrece rápidamente en los extremos del espectro de frecuencias.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la presencia de tonos puros, que son comunes en el ruido generado por las máquinas de oficina. Se ha comprobado en repetidas ocasiones que estos tonos puros son más molestos cuando son audibles y también se ha comprobado que la molestia es mayor cuando estos tonos se producen en las frecuencias más altas.

Variación temporal

Hay varios estudios que demuestran que un ruido muy variable en el tiempo aumenta el grado de malestar. Algunos autores manifiestan que la desviación estándar del nivel de ruido es mejor predictor del grado de molestia que el nivel equivalente de ruido.

Contenido en Información

Cuanto mayor sea el contenido en información no deseada de un ruido, éste se percibirá como más molesto.

Algunos sonidos distintos de las conversaciones también pueden contener información, por ejemplo, pueden informar de que algo va mal en una máquina, o ir asociados a sucesos tanto agradables como desagradables.

Predictibilidad de un ruido

En teoría, cualquier factor que puede provocar estrés tiene un efecto menor si se puede predecir y controlar, ya que permite, por una parte, estar preparado para el evento y, por otra parte, tener periodos de relajación. Aplicado al ruido, éste debería causar menos molestias cuanto más predecible fuera.

Actitud

La respuesta al ruido está influenciada por la actitud de las personas frente a las fuentes de ruido. Cuando por alguna razón se está a disgusto en o con el trabajo, cualquier ruido generado por él será percibido como más molesto.

Actividad

El grado de molestia depende de la tarea; es cierto que un ruido es más molesto cuanto más interfiere en la tarea y cuanto más compleja sea ésta.

Valoración del confort acústico

Para conocer y valorar el malestar de una persona o de un colectivo frente al ruido, sería necesario crear una escala que relacionara la respuesta subjetiva de las personas con los valores que alcanzan las características físicas del ruido.

A continuación se analizan brevemente los diferentes índices de valoración de ruido y su aplicabilidad a la valoración de las molestias producidas por el ruido.

Nivel de presión sonora

Es el nivel de presión sonora sin ponderar en todo el rango de frecuencias audibles (20 a 20.000 Hz).

Representa el valor instantáneo del nivel de presión sonora. Este índice no proporciona información sobre la variabilidad del ruido, ni sobre su composición espectral.

Nivel de presión sonora ponderado (ponderación A)

Son los valores de presión acústica en todo el rango de frecuencias a los que se aplica la curva de ponderación A, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

De la misma forma que el anterior, este índice sólo nos proporciona información sobre el nivel de presión sonora.

Nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel en dBA de un ruido de nivel constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía sonora que el ruido real considerado, durante un periodo de tiempo T.

$$L_{Aeq} = 10 \log [1/T \cdot (\sum T_i \cdot 10^{L_i/10})]$$

donde:

L_i = Nivel de presión sonora (dBA) en el periodo T_i

T_i = Duración del periodo T_i

T = Periodo de tiempo total

En el tabla 1 se muestran los niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo, que se recomienda no sobrepasar en los locales.

Tabla 1. Niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo (NBE-CA-82)

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	L_{Aeq} (dBA) (8 - 22 h)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
Administrativo y de oficinas	Despachos profesional.	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

Nivel sonoro diario equivalente

Es el índice utilizado para la valoración de la exposición al ruido y que figura en el Real Decreto 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido. Está definido por la ecuación:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \frac{T}{8}$$

donde:

T = Duración diaria de la exposición (horas)

$L_{Aeq,T}$ = Nivel de presión sonora equivalente en el periodo de tiempo T (dBA)

Este índice proporciona información sobre el nivel de exposición al ruido del trabajador. Es útil para valorar el riesgo de pérdida de la capacidad auditiva, pero no da información sobre otras características del ruido.

Nivel de Interferencia conversacional (PSIL)

Con este método se valora la capacidad de un ruido estable de interferir en la conversación entre dos personas en un entorno libre de superficies reflectantes que pudieran reforzar las voces de las personas.

El índice PSIL es la media aritmética de los niveles de presión sonora en las bandas de octava con centro en 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. El índice proporciona las distancias máximas a las que se puede mantener una conversación inteligible, con voz normal o con voz muy alta en función de los diferentes valores obtenidos del índice PSIL (ver tabla 2). Este método está recogido en la norma ISO 3352/74.

Tabla 2. Valores indicativos del índice PSIL

PSIL (dB)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación normal (m)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en voz muy alta (m)
35	7,5	15
40	4,2	8,4
45	2,3	4,6
50	1,3	2,6
55	0,75	1,5
60	0,42	0,85
65	0,25	0,50
70	0,13	0,26

Este método es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

Curvas de valoración NR (Noise Rating)

Estas curvas establecen límites aceptables de confortabilidad en diferentes espacios en los que existen unos niveles de ruido de fondo estables. El método permite asignar al espectro de frecuencias de un ruido, medido en bandas de octava, un solo número NR (según método recogido en las normas ISO R-1996 y UNE 74-022), que corresponde a la curva que queda por encima de los puntos que representan los niveles obtenidos en cada banda del ruido medido.

En la figura 2 se muestran las curvas NR de evaluación de ruido. En el tabla 3 figuran los valores recomendados del índice de NR para diferentes locales.

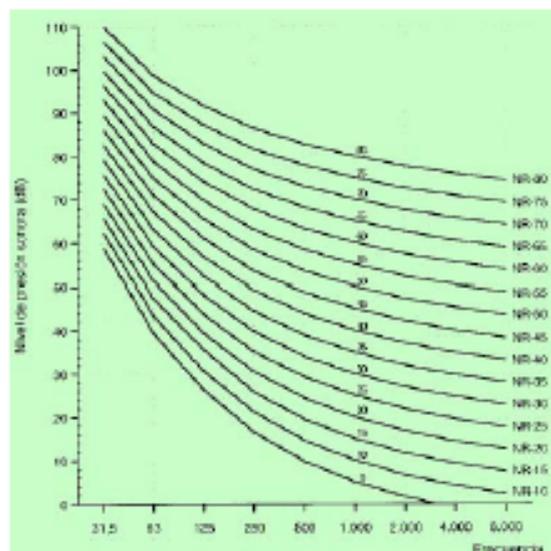


Fig. 2: Curvas NR (Noise Rating) de evaluación de ruido

Tabla 3. Valores recomendados del índice NR para diferentes locales

Tipos de recintos	Rango de niveles NR que pueden aceptarse
Talleres	60-70
Oficinas mecanizadas	50-55
Gimnasios, salas de deporte, piscinas	40-50
Restaurantes, bares y cafeterías	35-45
Despachos, bibliotecas, salas de justicia	30-40
Cines, hospitales, iglesias, pequeñas salas de conferencias	25-35
Aulas, estudios de televisión, grandes salas de conferencias	20-30
Salas de concierto, teatros	20-25
Clinicas, recintos para audiometrías	10-20

Este método, al igual que otros índices similares como son las curvas NC o PNC, es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

Tiempo de reverberación (T_r)

El tiempo de reverberación para una frecuencia dada es el tiempo, en segundos, necesario para que después de que cese la emisión de ruido, el nivel de presión sonora disminuya 60 decibelios.

En el tabla 4 se recogen los tiempos de reverberación recomendados, para distintos locales habitables de diversos tipos de edificios.

Tabla 4. Tiempos de reverberación (NBE-CA-82)

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	≤ 1
	Dormitorios	≤ 1
	Servicios	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo y de oficinas	Despachos	≤ 1
	Oficinas	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	Zonas de estancia	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Dormitorios	≤ 1
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2$
Docente	Aulas	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Salas de lectura	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2$

El tiempo de reverberación es un índice útil para la evaluación de la "calidad acústica" de un local. Los locales con superficies muy reflectantes presentan tiempos de reverberación elevados, lo que implica dificultades en la comunicación.

Índice de ruido en oficinas (IRO)

El IRO está inspirado en los siguientes índices: nivel de contaminación sonora e índice de ruido de tráfico, utilizados para la valoración del ruido de las fuentes exteriores, en concreto del tráfico rodado. El interés de estos índices, además de la información que pueden proporcionar acerca del grado de aislamiento acústico necesario para los edificios, radica en que son útiles para la valoración de ruidos generados por distintas fuentes, con distintos espectros y características de emisión. Para su determinación es necesario conocer el nivel de presión sonora y su fluctuación en el tiempo. Esta descripción encaja con el tipo de ruido que existe en las oficinas.

El índice de ruido en oficinas está basado en los resultados obtenidos en un estudio realizado por B. Hay & M. F. Kemp (1972), en nueve oficinas diáfanas con aire acondicionado, en las que trabajaban un total de 624 personas.

Los autores, además de hacer un estudio estadístico del ruido típico de una oficina (conversaciones, teléfonos, tareas, aire acondicionado, etc.), piden la opinión sobre el ruido a los ocupantes. Para ello se sirven de una escala de satisfacción de valores de siete puntos, siendo el 1 muy satisfactorio y el 7 muy insatisfactorio. Toman las respuestas marcadas 5, 6 y 7 para medir los porcentajes de insatisfacción y los relacionan con los valores de las mediciones realizadas (L_{10} y L_{90}), según la siguiente ecuación:

$$IRO = L_{90} + 2,4 (L_{10} - L_{90}) - 14$$

donde:

L_{10} = el nivel de presión acústica (dBA) que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de observación.

L_{90} = el nivel de presión acústica (dBA) que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de observación.

Las mediciones se llevaron a cabo durante el período normal de trabajo (8,30 a 16,45 horas) y corresponden al ruido total en las oficinas: personas hablando, teléfonos sonando, actividad de trabajo normal, sistema de ventilación y climatización en marcha y el ruido procedente del exterior. En el tabla 5 se muestran los porcentajes de insatisfechos para diferentes combinaciones de L_{10} y ($L_{10} - L_{90}$).

Tabla 6. Porcentaje de insatisfechos con el ruido de las oficinas

L_{10} (dBA)	Porcentaje de insatisfechos para los valores ($L_{10} - L_{90}$) (dBA)								
	7	8	9	10	11	12	13	14	16
66	14	17	20	22	25	28	31	34	37
68	16	19	22	24	27	30	33	36	39
67	18	21	23	26	29	32	35	38	40
68	20	23	25	28	31	34	37	40	42
68	22	25	27	30	33	36	39	42	44
80	24	27	29	32	35	38	41	44	46
81	26	29	31	34	37	40	43	46	48
82	28	30	33	36	39	42	45	47	50
83	30	32	35	38	41	44	47	49	52
84	32	34	37	40	43	46	49	51	54
86	34	36	39	42	45	48	51	53	56

En la figura 3 se muestra la relación entre el porcentaje de insatisfechos y el Índice de ruido en oficinas (IRO), el cual confirma la teoría de que la variabilidad del ruido es uno de los factores que mayor incidencia tiene en el grado de malestar manifestado por las personas frente al ruido.

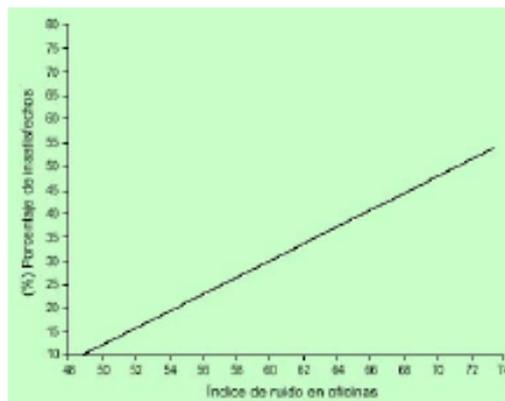


Fig. 3: Relación entre el porcentaje de insatisfacción y el índice de ruido en oficinas

Medidas de control del ruido

Las medidas de control aplicables siguen los mismos principios preventivos que las que se aplican en la prevención del daño auditivo, es decir, son más eficaces las actuaciones sobre la fuente generadora de ruido que las que se realizan sobre el medio de transmisión del ruido, y éstas, más eficaces que las que se aplican al receptor.

Ruido exterior

En este caso, la mejor forma de tratar este problema será evitar la transmisión del ruido al interior de los espacios con la selección apropiada de los materiales de construcción, el diseño del aislamiento y, en especial, la selección del tipo de ventanas.

Ruido de las instalaciones

Es posible conseguir una reducción del ruido procedente del sistema de ventilación y climatización aplicando medidas tales como: el uso de conexiones aislantes en los conductos, el encamisado de los conductos con materiales absorbentes de ruido, la instalación de silenciadores en los conductos, el uso de elementos antivibratorios o bloques de inercia para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura. Otra medida con la que se pueden obtener buenos resultados consiste en la modificación del tamaño o modelo de los difusores y las rejillas de retorno del aire.

En términos generales, el ruido del sistema de ventilación en las oficinas no debería superar los 35 dBA; cuando la tarea exija un alto grado de concentración, los niveles recomendados son de 30 dBA.

Ruido de los equipos de trabajo

En muchos casos es posible solucionar el problema sustituyendo los equipos por otros que emitan menos ruido. También es posible evitar la transmisión del ruido encerrando la fuente de ruido, por ejemplo, utilizando carcasas recubiertas de material absorbente para impresoras, o aislando la fuente, por ejemplo, reuniendo las impresoras en un local especial en el que no haya personas de forma habitual.

Ruido de las personas

El principal aspecto generador de molestias son las conversaciones, en particular cuando éstas son inteligibles.

En los despachos es posible garantizar la reducción del ruido de las conversaciones de las áreas adyacentes mediante la insonorización del local.

En oficinas de tipo abierto, las medidas deben estar dirigidas al control de la propagación del ruido, esto se puede conseguir mediante el tratamiento acústico del techo, paredes y suelos.

En estos espacios se puede lograr una mejora adicional apantallando los espacios. El grado de reducción del ruido al otro lado de la pantalla depende de la distancia entre la pantalla y la persona que habla y las características de la pantalla, el tamaño, la absorción y la transmisión de ruido. Cuanto mayor sea su superficie y su absorción acústica, cuanto más próxima esté a la persona que habla y cuanto menores sean las aberturas entre las pantallas y el suelo, mejor será el efecto atenuante de las mismas.

Bibliografía

(1) BERANEK, L. L.



NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos

Evaluation de l'exposition au bruit. Niveaux représentatifs
Noise exposition evaluation. Representative levels

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida		Próxima aparición del nuevo RD de ruido	
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: 3

Redactores:

Antonio Gil Fisa
Licenciado en Ciencias Económicas

Pablo Luna Mendaza
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Objetivo

El objetivo de esta Nota Técnica es facilitar una metodología que permita determinar el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, representativo de las condiciones de exposición al ruido, así como el nivel de pico, de acuerdo con las condiciones señaladas en el Real Decreto 1316/1989 de 27 de Octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Estudio previo

Debe incluir:

- Identificación de todos los puestos de trabajo susceptibles de ser evaluados, exceptuando aquellos cuyo nivel diario equivalente y nivel de pico sean manifiestamente inferiores a 80 dBA y/o 140 dB respectivamente. No se excluirán de la evaluación aquellos puestos en los que existan dudas razonables al respecto.
- Localización de todas las fuentes generadoras de ruido y estimación de los puestos de trabajo a los que afectan.
- Descripción del ciclo de trabajo, esto es, el mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite cíclica y sucesivamente a lo largo de la jornada de trabajo, constituyendo el quehacer habitual del individuo que ocupa dicho puesto.
- El conocimiento de las fuentes generadoras de ruido y de los ciclos de trabajo permitirá, en ocasiones, establecer grupos homogéneos de puestos cuya exposición sea equivalente. Esto puede simplificar el número de mediciones a realizar, extrapolando los datos obtenidos para un puesto de trabajo a todo el grupo homogéneo.

Tipos de ruido

Ruido estable

Aquel cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} sea inferior a 5 dB.

Ruido periódico

Aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

Ruido aleatorio

Aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del

tiempo.

Ruido de Impacto

Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.

Instrumentos de medición

Sonómetros

Podrán emplearse únicamente para la medición de L_{pA} cuando el ruido sea estable. La lectura promedio se considerará igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (L_{Aeq}).

Deben ajustarse a las prescripciones establecidas por la norma CEI-651 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2".

La medición se efectuará con la característica "SLOW" ponderación frecuencial A, procurando apuntar con el micrófono a la zona donde se obtenga mayor lectura, a unos 10 cm de la oreja del operario, y, si es posible, apartando a dicho operario para evitar apantallamientos con su cuerpo.

Sonómetros Integradores-promediadores

Podrán emplearse para la medición de L_{Aeq} de cualquier tipo de ruido, siempre que se ajusten a las prescripciones establecidas por la norma CEI-804 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2".

Las mediciones se efectuarán con las precauciones mencionadas en el apartado anterior.

Dosímetros

Podrán ser utilizados para la medición de L_{Aeq} de cualquier tipo de ruido, siempre que cumpla como mínimo las prescripciones establecidas en la norma CEI-651 y CEI-804 para los instrumentos del "tipo 2".

En general, se considerará un error de ± 1 dB cuando se utilicen instrumentos del "tipo 2" y ningún error instrumental cuando el aparato sea del "tipo 1".

Metodología de evaluación

Ruido estable

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente en el apartado 4, realizando como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ($L_{Aeq,T}$) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrán en cuenta, así mismo, las características descritas en el apartado 4 y se obtendrá directamente el $L_{Aeq,T}$. Como precaución podrían efectuarse un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del periodo T y considerar como $L_{Aeq,T}$ la media aritmética de ellas.

Ruido periódico

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado en el apartado 4. Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente (L_{Aeq}) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El $L_{Aeq,T}$ se calcula entonces a partir del valor medio de los L_{Aeq} obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

Ruido aleatorio

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

Método directo

El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

Método de muestreo

Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

Ruido de Impacto

La evaluación del ruido de Impacto se efectuará, tal como exige el Real Decreto 1316/89, mediante la medición del nivel de pico, que se realizará en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcanza su valor máximo.

Los instrumentos empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dB, deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y características «IMPULSE» (de acuerdo a la norma CEI-651) podrá considerarse que el nivel de pico no ha sobrepasado los 140 dB cuando el L_{pA} no ha sobrepasado los 130 dBA ».

Ciclo de trabajo

Si la exposición de un trabajador al ruido se ajusta a un ciclo determinado (ciclo de trabajo), las mediciones deberán ser representativas de un número entero de ciclos.

Cuando el ciclo esté compuesto por subciclos, y éstos correspondan a tipos de ruido diferentes, se obtendrán los diferentes $L_{Aeq,T}$ según lo indicado en los apartados anteriores.

Los $L_{Aeq, Ti}$ representativos de los distintos subciclos (i), en su caso, nos conducirán al $L_{Aeq, T}$ mediante la expresión:

$$L_{Aeq, T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_i T_i \cdot 10^{0.1 L_{Aeq, Ti}} \right) \quad (1)$$

siendo:

- T: tiempo total del ciclo
- i: número de subciclos
- T_i : tiempo de cada subciclo

Este $L_{Aeq, T}$ corresponderá al $L_{Aeq, d}$ cuando la jornada laboral coincida con el tiempo de exposición al ruido. Si en dicha jornada laboral existen intervalos de no exposición al ruido, el nivel diario equivalente vendrá dado por la ecuación:

$$L_{Aeq, d} = L_{Aeq, T} + 10 \lg (T/8) \quad (2)$$

siendo:

T el tiempo de exposición al ruido en horas/día.

Cuando no sea posible establecer dichos subciclos, se utilizará el método correspondiente al ruido aleatorio.

Ejemplo

Sea el puesto de trabajo de un pulidor cuya jornada laboral se compone de ciclos de 85 minutos distribuidos de la siguiente forma:

- Pulido de piezas: 70 minutos.
- Limpieza de piezas con aire comprimido: 10 minutos.
- Transporte de piezas: 5 minutos.

Con una duración total de 7,5 horas de dicha jornada, haciendo una pausa de 30 minutos para desayunar en el comedor de la empresa, donde no hay exposición al ruido.

Efectuado un estudio previo sobre el tipo de ruido al que está expuesto el trabajador se ha llegado a las siguientes conclusiones: durante el pulido de piezas el ruido al que está sometido es periódico; la limpieza con aire comprimido genera un tipo de ruido aleatorio, mientras que durante el transporte de piezas el trabajador está únicamente sometido al ruido de fondo de la nave que se puede considerar estable.

Las mediciones se efectuaron con un sonómetro Integrador-promediador utilizando la siguiente metodología:

1. Pulido de piezas: Se efectuaron 5 mediciones del nivel equivalente correspondiente al ruido generado por sendas piezas, obteniéndose los siguientes datos en dBA: 92, 95, 93, 91, 93, lo que supone un $L_{Aeq, Ti}$ de 93 dBA.



NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico

Hypoacusis dues au bruit: evaluation clinique et diagnostic
Noise-induced hearing loss: clinic evaluation and diagnosis

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones
Válida		Existe un protocolo de vigilancia médica específica y deberá revisarse en cuanto se trasponga la Directiva de Ruido
ANÁLISIS		
Criterios legales		Criterios técnicos
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:
		Operativos: 3

Redactores :

Eduardo Gaynés Palou
Especialista en Medicina de Trabajo

Asunción Gofí González
ATS

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

Cualquier persona expuesta a ruido de forma repetida, puede desarrollar una hipoacusia progresiva, al cabo de los años. La pérdida auditiva empieza en la zona extraconversacional y, por tanto, no es percibida por el paciente. A menudo, el síntoma inicial es el acúfeno que suele presentarse al término de la jornada laboral.

En fases posteriores, se inicia la pérdida de comprensión del lenguaje oral, sobre todo en ambientes ruidosos, hecho que origina «la comprensión del mal» por parte del afectado y la búsqueda de soluciones, imposibles ya en ese estado. Si la agresión no cesa, sobreviene distorsión de los sonidos y aún sensaciones de inestabilidad, traducidas como vértigo, con manifestaciones neurovegetativas más o menos importantes, casi siempre fugaces.

Este cuadro no tiene tratamiento. Por tanto, la medida más correcta es impedir la aparición o su evolución en el peor de los casos.

El objetivo del presente artículo es analizar las diversas circunstancias que influyen en la hipoacusia por exposición a ruido y desarrollar un diagrama de flujo exploratorio que permita localizar la lesión en relación a su topografía.

Evaluación clínica

Los trabajadores sometidos a ruido de cualquier origen, durante su trabajo, deben controlar su audición, desde el inicio de la exposición.

El protocolo más sencillo y operativo implica, en primer lugar, la realización de una anamnesis completa, que incluya el historial laboral, actual y anterior, con especificación de los puestos de trabajo (no es suficiente saber en qué empresas ha trabajado).

Asimismo, se reseñarán los antecedentes personales y familiares, de gran utilidad en la elaboración del dictamen final.

El procedimiento continúa con una otoscopia cuidadosa, previa a cualquier otro tipo de intervención y que al menos ha de garantizar la preexistencia de obstáculos en el conducto auditivo externo, y la descripción del estado de la membrana timpánica. Cualquier contingencia a este nivel o en el interior del tímpano, ha de remitirse al otólogo.

Un buen método de orientación diagnóstica, es el empleo de la acúmetría. La combinación de, al menos, las pruebas de Rinne y Weber permiten distinguir entre hipoacusia de conducción y percepción.

La utilización del espéculo neumático de Siegle es recomendable dado su fácil manejo y bajo coste. Nos permite comprobar la movilidad de la membrana timpánica y, por tanto, la ausencia de contenido en el interior del oído medio.

La presencia de inestabilidad/vértigo hace aconsejable una exploración neurológica mínima para descartar la presencia de síndrome

vestibular de cualquier origen.

Diagnóstico de la hipoacusia por ruido

El principal signo diagnóstico de la hipoacusia por exposición al ruido es el cambio del umbral auditivo, objetivable por audiometría. Sin embargo, cualquier oído sometido a un sonido de intensidad suficiente se fatiga y sufre un aumento de dicho umbral que se recupera en un plazo de tiempo entre 12 y 16 h. (Pérdida transitoria del umbral).

Los cambios tras este periodo de tiempo sin exposición son considerados permanentes.

Una vez iniciada, esta pérdida de audición tiene un patrón audiométrico bastante típico. Los cambios iniciales suelen verse a 4000 Hz, pero no es inusual que el pico máximo se halle entre 3000 y 6000 Hz. En los primeros 10 años, el escotoma se hace más profundo y luego se detiene, mientras el defecto se extiende a las frecuencias más próximas. Si el estímulo no cesa, la muesca se hace más evidente en las frecuencias más bajas y la curva adquiere un aspecto de «cubeta» que desaparece a medida que aumenta el umbral para las frecuencias agudas (Gráfica 1).



Gráfica 1: Evolución en el tiempo de las alteraciones audiométricas producidas por el ruido

Este déficit auditivo es de tipo neurosensorial y, por tanto, las curvas obtenidas por vía aérea y ósea siguen la misma trayectoria en el audiograma. La bilateralidad y simetría de la lesión son otras características clásicas en el diagnóstico.

No obstante, en el inicio de la enfermedad o en presencia de focos sonoros especiales, se observan audiogramas asimétricos. Es un hecho poco frecuente, pero de necesaria consideración.

Factores influyentes en la lesión auditiva

De la extensa lista de datos aparecidos en la literatura, se extraen los más representativos.

Intensidad del ruido

Se considera que el límite para evitar la hipoacusia es de 80 dB (A) para una exposición de 40 h. semanales, a un ruido constante. Aunque no es un punto de total seguridad, por encima de esta cifra, la lesión aparece y aumenta en relación con la misma.

Puede existir pérdida de audición por ruido por debajo del nivel diario equivalente señalado.

Frecuencia del ruido

Las células ciliadas más susceptibles corresponden a las frecuencias entre 3000 y 6000 Hz, siendo la lesión en la banda de 4000 Hz el primer signo en la mayoría de casos.

Algunos autores señalan la relación, curiosa pero típica, entre la lesión a una determinada frecuencia y la presencia de ruido correspondiente a la banda inmediatamente inferior.

Así, un escotoma a 4000 Hz se correlaciona con exposiciones en la banda de octava de los 2000 Hz.

Tiempo de exposición

La lesión auditiva inducida por ruido sigue una función exponencial. Si el deterioro es importante puede continuar tras la exposición.

Susceptibilidad individual

Se acepta como un factor de riesgo, aunque es de difícil demostración por la cantidad de variables que intervienen en el desgaste fisiológico de la cóclea.

Edad

No hay acuerdo. La mayor probabilidad de lesión a partir de la mediana edad, se contrarresta con estudios en animales jóvenes que sugieren lo contrario.

Sexo

No hay estudios que confirmen la supuesta protección auditiva de la mujer con respecto al ruido.

Enfermedades del oído medio

Si existe una hipoacusia de conducción, se necesita mayor presión acústica para estimular el oído interno, pero cuando la energía es suficiente penetra directamente y provoca un daño superior al esperado.

Por otra parte, cabe suponer mayor fragilidad coclear cuando existe una pérdida auditiva neurosensorial, aunque tampoco existen evidencias suficientes.

Naturaleza del ruido

Es evidente que la exposición a ruido, de forma intermitente, es menos lesiva. Uno de los mecanismos organizativos para disminuir la probabilidad de lesión, es disminuir el tiempo de exposición.

Los ruidos permanentes son menos lesivos que los pulsados, a igualdad de intensidades, gracias al sistema muscular de amortiguación del oído medio.

Cálculo del porcentaje de pérdida

Realizada la audiometría y comprobada la presencia de hipoacusia, es posible cuantificar la pérdida mediante el uso de fórmulas sencillas, preparadas específicamente con este fin.

En Medicina del Trabajo se siguen las recomendaciones de la AAOO, promediando el resultado de los umbrales auditivos para fonos puros, por vía aérea, en las frecuencias 500, 1000, 2000 y 3000 Hz, consideradas las más representativas en relación con la percepción de la palabra.

En consecuencia, el déficit auditivo de los individuos con desarrollo normal del lenguaje, puede calcularse de la forma siguiente. Este procedimiento no prevé pérdidas por presbiacusia, razón por la que puede emplearse un factor de corrección.

El método de cálculo se especifica en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Tabla 1: Cálculo del déficit auditivo monoaural

dB	%	dB	%
100	0,0		
105	1,9	245	24,4
110	3,8	250	26,2
115	5,6	255	28,1
120	7,5	260	30,0
125	9,4	265	31,9
130	11,2	270	33,8
135	13,1	275	35,6
140	15,0	280	37,5
145	16,8	285	39,3
150	18,6	290	41,2
155	20,6	295	43,1
160	22,5	300	45,0
165	24,4	305	46,9
170	26,2	310	48,9
175	28,1	315	50,6
180	30,0	320	52,5
185	31,9		
190	33,8		
195	35,6		
200	37,5		
205	39,4		
210	41,2		
215	43,1		
220	45,0		
225	46,9		
230	48,9		
235	50,6		
240	52,5		

Tabla 2: Cálculo del déficit auditivo

CONDICION

Desarrollo normal del lenguaje.

METODO

1. Promediar los umbrales auditivos a 500, 1000, 2000 y 3000 Hz en cada oído.
2. Restar del resultado 25 dB.
3. Calcular la pérdida monoaural, multiplicando la cifra anterior por 1,5. El resultado queda expresado en tanto por ciento.

Existen tablas que efectúan la operación directamente. También puede hacerse con el disco de Peretti-Salesa.

Si el porcentaje es idéntico en ambos oídos, conocemos ya la pérdida binaural.

En caso contrario aplicamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida binaural} = \frac{(5 \times \% \text{ de pérdida oído mejor}) + (1 \times \% \text{ de pérdida oído peor})}{6}$$

Esta fórmula no prevé el deterioro por envejecimiento fisiológico. Por este motivo algunos países emplean un factor corrector para la presbiacusia.

Diagnóstico topográfico

El antecedente de exposición a ruido, junto a la ausencia bien filiada de otras patologías que afecten la audición, son suficientes para corroborar el diagnóstico de lesión auditiva inducida por ruido.

No obstante, podemos concretar el diagnóstico a través de distintas pruebas que muestren el origen coclear de la lesión. El hallazgo de recruitment (aumento anormalmente rápido de la sensación de ruido para pequeñas variaciones de intensidad y a veces con sensación de distorsión) mediante el test de Fowler, SISI, las alteraciones de la audiometría automática (curva tipo 11) y el Tone Decay test negativo para patología troncular, confirman el origen de la alteración.

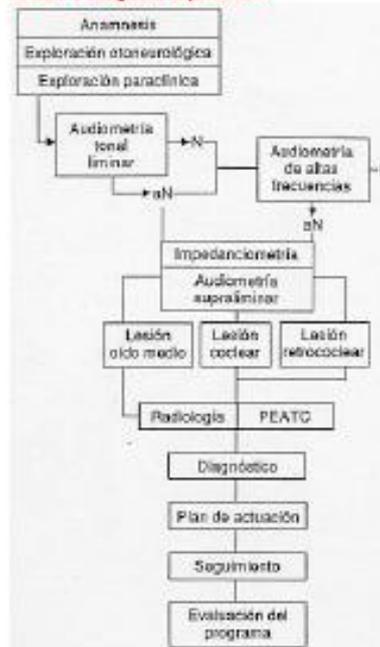
El despistaje de hipoacusias funcionales puede realizarse a través de pruebas objetivas, como la Impedanciometría (positividad del reflejo acústico) o los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral. En ellas, el paciente no participa como sujeto activo, pero son importantes para descartar la patología retrococlear.

Una exposición relativamente nueva y que se aparta del método diagnóstico habitual, es la audiometría de altas frecuencias, capaz de

explorar el campo auditivo, en toda su extensión, mediante estímulos eléctricos. De momento, se utiliza sólo como método de investigación, aunque el perfeccionamiento de esta técnica es continuo (ver cuadro 1).

Por último, citar la audiometría vocal, de evidente interés en la valoración social de la sordera. La utilización de test fonéticos para evaluar la pérdida del umbral y la comprensión del lenguaje son útiles en el peritaje de las hipoacusias aunque deben ser efectuadas e interpretadas por personal entrenado.

Cuadro 1: Diagrama exploratorio



Diagnóstico diferencial

Algunas enfermedades auditivas son indistinguibles de la hipoacusia por ruido, en algún momento de su evolución. La otosclerosis laberintizada, ciertas hipoacusias

hereditarias, la ototoxicidad o la pérdida de audición en las otitis crónicas, pueden tener audiogramas idénticos o bien sumar sus efectos si están presentes los individuos expuestos a ruido.

Si no duda el arsenal técnico actual es importante para dilucidar la etiología de la lesión, pero aún lo es más la correcta anamnesis, tanto profesional como extralaboral. En ocasiones, la actitud reivindicativa y la presencia de ruido en el lugar de trabajo hacen olvidar que entre los antecedentes figuran enfermedades sistémicas, traumatismos craneales o alteraciones genéticas coadyuvantes.

El diagnóstico de lesión auditiva por exposición a ruido se hará sólo cuando existan razones suficientes en la anamnesis y la exploración. Para establecer el origen laboral de la hipoacusia es necesario concretar, lo más exactamente posible, la exposición profesional actual y anterior y estudiar, si es posible, el nivel de ruido en el puesto de trabajo con ayuda de los higienistas.

Prevención médica

Debe basarse, ante todo, en los antecedentes laborales, la exploración otoscópica correcta y la medición del nivel de audición.

Es importante la realización de audiometrías prelaborales para certificar el correcto funcionamiento de oído y establecer criterios de prevención si los trabajadores van a estar expuestos a ruido o existe una lesión anterior.

Las audiometrías periódicas proporcionan una visión evolutiva de la hipoacusia. Lo lógico es repetirlas cada año, pero no siempre es posible. Sin embargo, es imprescindible analizar cualquier cambio en el audiograma o la aparición de una pérdida súbita de audición y la aparición de acúfenos, durante o al final de la jornada laboral.

Bibliografía

(1) SMOORENBURG G.F.



PIC18FXX2

28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D

High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
 - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
 - DC - 40 MHz osc./clock input
 - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules. CCP pins that can be configured as:
 - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (T_{cy}/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{cy})
 - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
 - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
 - I²C™ Master and Slave mode

Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
 - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

Analog Features:

- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Fast sampling rate
 - Conversion available during SLEEP
 - Linearity ≤ 1 LSB
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
 - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
 - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
 - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

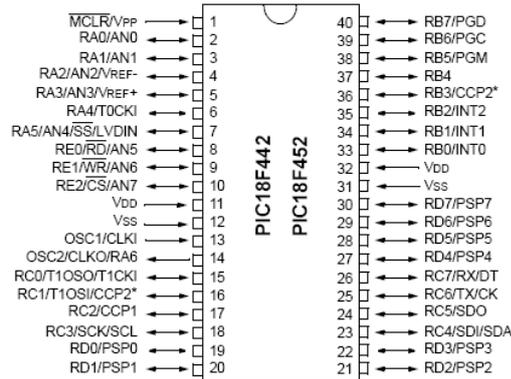
CMOS Technology:

- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
 - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 25 μA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 0.2 μA typical standby current

PIC18FXX2

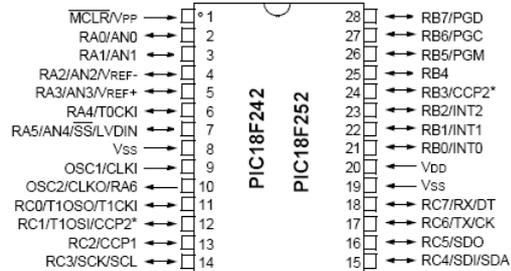
Pin Diagrams (Cont.'d)

DIP



Note: Pin compatible with 40-pin PIC16C7X devices.

DIP, SOIC



* RB3 is the alternate pin for the CCP2 pin multiplexing.

PIC18FXX2

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F242
- PIC18F252
- PIC18F442
- PIC18F452

These devices come in 28-pin and 40/44-pin packages. The 28-pin devices do not have a Parallel Slave Port (PSP) implemented and the number of Analog-to-Digital (A/D) converter input channels is reduced to 5. An overview of features is shown in Table 1-1.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin count: 28-pin for Figure 1-1 and 40/44-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40/44-pin pinouts are listed in Table 1-2 and Table 1-3, respectively.

TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

PIC18FXX2

2.0 OSCILLATOR CONFIGURATIONS

2.1 Oscillator Types

The PIC18FXX2 can be operated in eight different Oscillator modes. The user can program three configuration bits (FOSC2, FOSC1, and FOSC0) to select one of these eight modes:

1. LP Low Power Crystal
2. XT Crystal/Resonator
3. HS High Speed Crystal/Resonator
4. HS + PLL High Speed Crystal/Resonator with PLL enabled
5. RC External Resistor/Capacitor
6. RCIO External Resistor/Capacitor with I/O pin enabled
7. EC External Clock
8. ECIO External Clock with I/O pin enabled

2.2 Crystal Oscillator/Ceramic Resonators

In XT, LP, HS or HS+PLL Oscillator modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1 and OSC2 pins to establish oscillation. Figure 2-1 shows the pin connections.

The PIC18FXX2 oscillator design requires the use of a parallel cut crystal.

Note: Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturers specifications.

FIGURE 2-1: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS, XT OR LP CONFIGURATION)

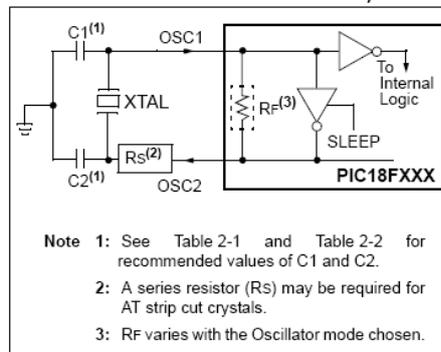


TABLE 2-1: CAPACITOR SELECTION FOR CERAMIC RESONATORS

Ranges Tested:			
Mode	Freq	C1	C2
XT	455 kHz	68 - 100 pF	68 - 100 pF
	2.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
	4.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
HS	8.0 MHz	10 - 68 pF	10 - 68 pF
	16.0 MHz	10 - 22 pF	10 - 22 pF
These values are for design guidance only. See notes following this table.			
Resonators Used:			
455 kHz	Panasonic EFO-A455K04B		± 0.3%
2.0 MHz	Murata Eerie CSA2.00MG		± 0.5%
4.0 MHz	Murata Eerie CSA4.00MG		± 0.5%
8.0 MHz	Murata Eerie CSA8.00MT		± 0.5%
16.0 MHz	Murata Eerie CSA16.00MX		± 0.5%
All resonators used did not have built-in capacitors.			

Note 1: Higher capacitance increases the stability of the oscillator, but also increases the start-up time.

2: When operating below 3V VDD, or when using certain ceramic resonators at any voltage, it may be necessary to use high-gain HS mode, try a lower frequency resonator, or switch to a crystal oscillator.

3: Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components, or verify oscillator performance.

PIC18FXX2

17.0 COMPATIBLE 10-BIT ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) converter module has five inputs for the PIC18F2X2 devices and eight for the PIC18F4X2 devices. This module has the ADCON0 and ADCON1 register definitions that are compatible with the mid-range A/D module.

The A/D allows conversion of an analog input signal to a corresponding 10-bit digital number.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 17-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 17-2, configures the functions of the port pins.

REGISTER 17-1: ADCON0 REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
						bit 7	bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0**: A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0**: Analog Channel Select bits

000 = channel 0, (AN0)
 001 = channel 1, (AN1)
 010 = channel 2, (AN2)
 011 = channel 3, (AN3)
 100 = channel 4, (AN4)
 101 = channel 5, (AN5)
 110 = channel 6, (AN6)
 111 = channel 7, (AN7)

Note: The PIC18F2X2 devices do not implement the full 8 A/D channels; the unimplemented selections are reserved. Do not select any unimplemented channel.

bit 2 **GO/DONE**: A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion which is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

0 = A/D conversion not in progress

bit 1 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 0 **ADON**: A/D On bit

1 = A/D converter module is powered up

0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC18FXX2

REGISTER 17-2: ADCON1 REGISTER

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM**: A/D Result Format Select bit
 1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
 0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6 **ADCS2**: A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-4 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0**: A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C / R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8 / 0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7 / 1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5 / 0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4 / 1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3 / 0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2 / 1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0 / 0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6 / 2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6 / 0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5 / 1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4 / 2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3 / 2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2 / 2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1 / 0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1 / 2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels / # of A/D voltage references

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

Note: On any device RESET, the port pins that are multiplexed with analog functions (ANx) are forced to be an analog input.

Panasonic

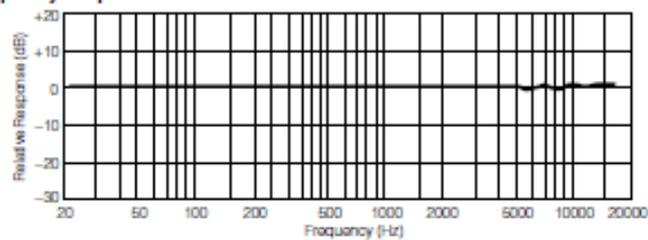
Microphone Cartridges

**Omnidirectional Back Electret
Condenser Microphone Cartridge**Series: **WM-61A**
WM-61B (pin type)■ **Features**

- Small microphones for general use
- Back electret type designed for high resistance to vibrations, high signal-to-noise ratio
- High sensitivity type
- Microphone with pins for flexible PCB (WM-61B type)

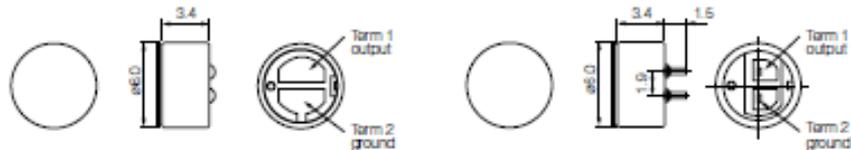
■ **Sensitivity**
 $V_s = 2.0V$
 $R_L = 2.2k\Omega$
 $-35 \pm 4dB$ ■ **Specifications**

Sensitivity	$-35 \pm 4dB$ (0db = 1V/pa, 1kHz)
Impedance	Less than 2.2 k Ω
Directivity	Omnidirectional
Frequency	20-20,000 Hz
Max. operation voltage	10V
Standard operation voltage	2V
Current consumption	Max. 0.5 mA
Sensitivity reduction	Within -3 dB at 1.5V
S/N ratio	More than 62 dB

■ **Typical Frequency Response Curve**■ **Dimensions In mm (not to scale)**

WM-61A

WM-61B



Design and specifications are subject to change without notice. Ask factory for technical specifications before purchase and/or use.
 Whenever a doubt about safety arises from this product, please contact us immediately for technical consultation.

Hanwei Electronics

MG-811

<http://www.hw-sensor.com>MG811 CO₂ Sensor

Features

- Good sensitivity and selectivity to CO₂
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

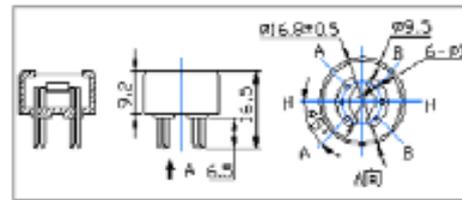
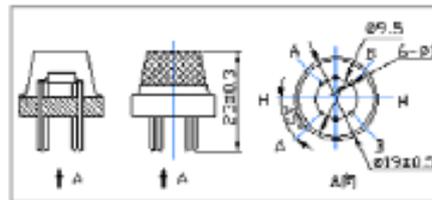
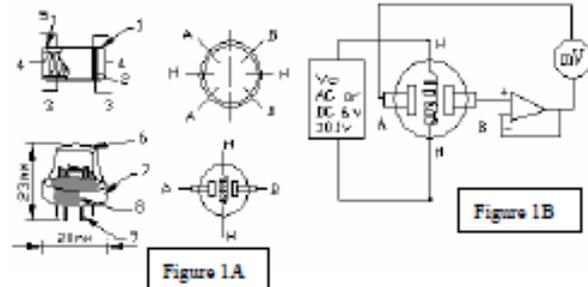
Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO₂ concentration Detection



Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer steelsheet (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle. It is composed by the following solid cells:

Air, Au|NASICON|| carbonate|Au, air, CO₂

When the sensor exposed to CO₂, the following electrodes reaction occurs:

Cathodic reaction: $2Li + + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- = Li_2CO_3$

Anodic reaction: $2Na + + 1/2O_2 + 2e^- = Na_2O$

Overall chemical reaction: $Li_2CO_3 + 2Na + = Na_2O + 2Li + + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation:

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO₂— partial Pressure E_c —Constant Volume R —Gas Constant volume

T — Absolute Temperature (K) F —Faraday constant

From Figure 1B, Sensor Heating voltage supplied from other circuit, When its surface temperature is high enough, the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal, and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ. Its testing

Tel: 86-371-67169080

Fax: 86 371 67169090

E-mail: sales@hw-sensor.com

Hanwei Electronics MG-811 <http://www.hw-sensor.com>
 current should be control below 1pA.

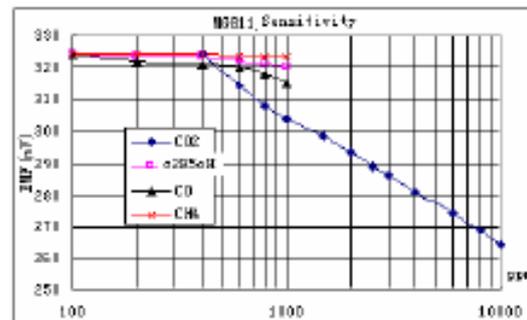
Specifications :

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V _H	Heating Voltage	6.0±0.1 V	AC or DC
R _H	Heating Resistor	30.0±5%Ω	Room Temperature
I _H	Heating Current	@200mA	
P _H	Heating Power	@1200mW	
Tao	Operating Temperature	-20—50	
Tas	Storage Temperature	-20—70	
EM F	Output	30—50mV	350—10000ppmCO ₂

Sensitivity :

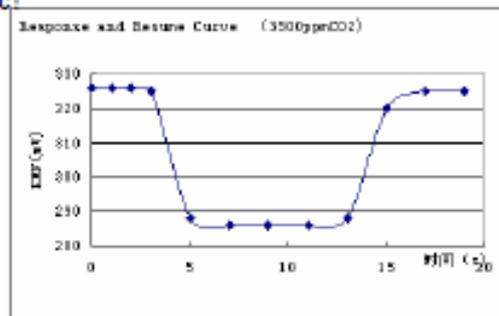
Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

Conditions:
 Tem : 28℃、
 RH: 65%、
 Oxygen : 21%
 EMF: sensor EMF under different gas and concentration .

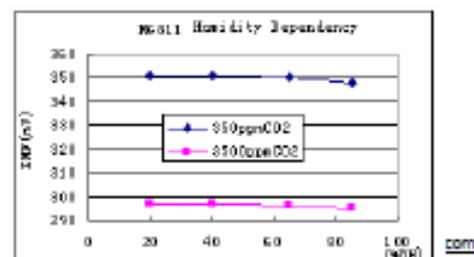
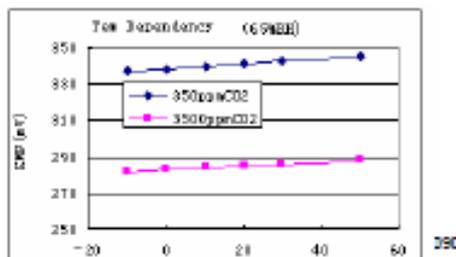


Response and Resume Characteristic:

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



Temperature and Humidity Dependency :



TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B
TL084, TL084A, TL084B
JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS081G – FEBRUARY 1977 – REVISED SEPTEMBER 2004

- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion . . . 0.003% Typ
- High Input Impedance . . . JFET-Input Stage
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . . 13 V/ μ s Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes V_{CC+}

description/ordering information

The TL08x JFET-input operational amplifier family is designed to offer a wider selection than any previously developed operational amplifier family. Each of these JFET-input operational amplifiers incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset-voltage temperature coefficient. Offset adjustment and external compensation options are available within the TL08x family.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 85°C. The Q-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 125°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

ORDERING INFORMATION

T _J	V _{IO} max AT 25°C	PACKAGE†	ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING	
0°C to 70°C	15 mV	PDIP (P)	Tube of 50	TL081CP	TL081CP
			Tube of 50	TL082CP	TL082CP
		PDIP (N)	Tube of 25	TL084CN	TL084CN
		SOIC (D)	Tube of 75	TL081CD	TL081C
			Reel of 2500	TL081CDR	
			Tube of 75	TL082CD	TL082C
			Reel of 2500	TL082CDR	
		SOIC (NS)	Tube of 50	TL084CD	TL084C
			Reel of 2500	TL084CDR	
		SOP (PS)	Reel of 2000	TL081CPSR	T081
		TSSOP (PW)	Reel of 2000	TL082CPSR	T082
			Reel of 2000	TL084CNSR	TL084
			Tube of 150	TL082CPW	T082
			Reel of 2000	TL082CPWR	
Tube of 90	TL084CPW	T084			
Reel of 2000	TL084CPWR				

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

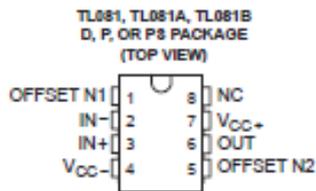
TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

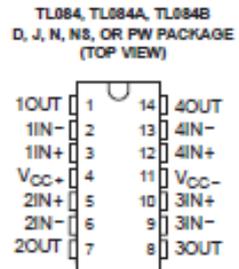
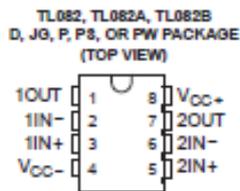
Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated. On products complete the LM-PC-363L, all parameters as listed unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B
TL084, TL084A, TL084B
JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

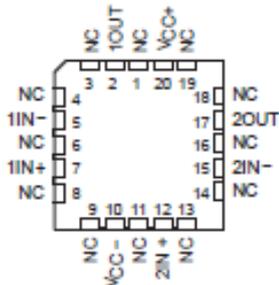
SLO5281G - FEBRUARY 1977 - REVISED SEPTEMBER 2004



NC - No internal connection

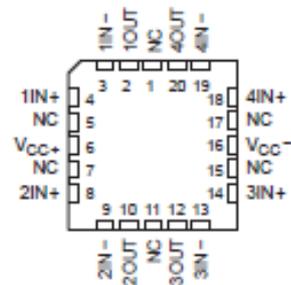


TL082M ... FK PACKAGE
(TOP VIEW)



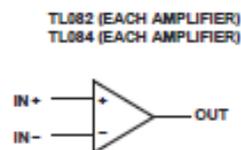
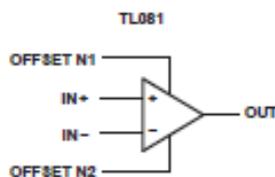
NC - No internal connection

TL084M ... FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

symbols



TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B
TL084, TL084A, TL084B
JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS081G – FEBRUARY 1977 – REVISED SEPTEMBER 2004

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

	TL08_C TL08_AC TL08_BC	TL08_J	TL084Q	TL08_M	UNIT
Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	18	18	18	18	V
Supply voltage V_{CC-} (see Note 1)	-18	-18	-18	-18	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)	±30	±30	±30	±30	V
Input voltage, V_I (see Notes 1 and 3)	±15	±15	±15	±15	V
Duration of output short circuit (see Note 4)	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited	
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table				
Operating free-air temperature range, T_A	0 to 70	-40 to 85	-40 to 125	-55 to 125	°C
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 5 and 6)	D package (8-pin)	97	97		°C/W
	D package (14-pin)	86	86		
	N package (14-pin)	76	76		
	NS package (14-pin)	80			
	P package (8-pin)	85	85		
	PS package (8-pin)	95	95		
	PW package (14-pin)	113	113		
Operating virtual junction temperature	150	150	150	150	°C
Case temperature for 60 seconds, T_C	FK package			260	°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds	J or JG package			300	°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. Differential voltages are at $IN+$ with respect to $IN-$.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.
 5. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 6. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 26^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR	DERATE ABOVE T_A	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 86^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
D (14 pin)	680 mW	7.6 mW/°C	60°C	604 mW	490 mW	186 mW
FK	680 mW	11.0 mW/°C	88°C	680 mW	680 mW	273 mW
J	680 mW	11.0 mW/°C	88°C	680 mW	680 mW	273 mW
JG	680 mW	8.4 mW/°C	69°C	672 mW	546 mW	210 mW

TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B
TL084, TL084A, TL084B
JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLO9081G – FEBRUARY 1977 – REVISED SEPTEMBER 2004

electrical characteristics, $V_{CC} \pm = \pm 15$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	T_A	TL081M, TL082M			TL084Q, TL084M			UNIT	
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
V_{IO}	Input offset voltage	$V_O = 0$, $R_S = 50 \Omega$	25°C			3	6	3	9	mV
			Full range			9			15	
$\alpha_{V_{IO}}$	Temperature coefficient of input offset voltage	$V_O = 0$, $R_S = 50 \Omega$	Full range			18			18	$\mu V/^\circ C$
I_{IO}	Input offset current‡	$V_O = 0$	25°C			5	100	5	100	pA
			125°C			20			20	nA
I_{IB}	Input bias current‡	$V_O = 0$	25°C			30	200	30	200	pA
			125°C			50			50	nA
V_{ICR}	Common-mode input voltage range		25°C	± 11	-12 to 15	± 11	-12 to 15		V	
V_{OM}	Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	25°C	± 12	± 13.5	± 12	± 13.5		V	
		$R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$	Full range			± 12				
		$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$				± 10	± 12	± 10	± 12	
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	$V_O = \pm 10$ V, $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	25°C	25	200	25	200		V/mV	
		$V_O = \pm 10$ V, $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	Full range			15			15	
B_1	Unity-gain bandwidth		25°C	3			3			MHz
r_i	Input resistance		25°C	10^{12}			10^{12}			Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$, $V_O = 0$, $R_S = 50 \Omega$	25°C	80	86	80	86		dB	
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC} / \Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = \pm 15$ V to ± 9 V, $V_O = 0$, $R_S = 50 \Omega$	25°C	80	86	80	86		dB	
I_{CC}	Supply current (per amplifier)	$V_O = 0$, No load	25°C	1.4	2.8	1.4	2.8		mA	
V_{O1}/V_{O2}	Crosstalk attenuation	$A_{VD} = 100$	25°C	120			120			dB

† All characteristics are measured under open-loop conditions, with zero common-mode input voltage, unless otherwise specified.

‡ Input bias currents of a FET-input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive, as shown in Figure 17. Pulse techniques must be used that maintain the junction temperatures as close to the ambient temperature as possible.

operating characteristics, $V_{CC} \pm = \pm 15$ V, $T_A = 25^\circ C$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
S_R	Slew rate at unity gain	$V_I = 10$ V, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$, See Figure 1	8*	13	V/ μs	
		$V_I = 10$ V, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$, $T_A = -55^\circ C$ to $125^\circ C$, See Figure 1	5*			
t_r	Rise time	$V_I = 20 \text{ mV}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$, See Figure 1	0.05		μs	
	Overshoot factor		20		%	
V_n	Equivalent input noise voltage	$R_S = 20 \Omega$	$f = 1 \text{ kHz}$		18	nV/ \sqrt{Hz}
			$f = 10 \text{ Hz to } 10 \text{ kHz}$		4	μV
I_n	Equivalent input noise current	$R_S = 20 \Omega$	$f = 1 \text{ kHz}$		0.01	pA/\sqrt{Hz}
THD	Total harmonic distortion	$V_{rms} = 5$ V, $f = 1 \text{ kHz}$	$A_{VD} = 1$, $R_S \leq 1 \text{ k}\Omega$, $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	0.003		%

*On products compliant to MIL-PRF-38535, this parameter is not production tested.



October 2005

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15\text{V}$ power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

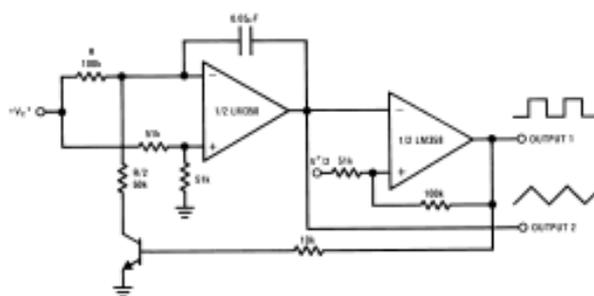
Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: $\pm 1.5\text{V}$ to $\pm 16\text{V}$
- Very low supply current drain (500 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



LM158/LM258/LM358/LM2904

Absolute Maximum Ratings (Note 9)If Military/Aerospace specified devices are required,
please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, V*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)		
V* ≤ 15V and T _A = 25°C	Continuous	Continuous
Input Current (V _{IN} < -0.3V) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T _A = 25°C	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	I _{IN(-)}} or I _{IN(+)} , T _A = 25°C, V _{CM} = 0V, (Note 6)	20	50		45	100		45	150		nA
Input Offset Current	I _{IN(-)}} - I _{IN(+)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	2	10		5	30		3	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range	V* = 30V, (Note 7) (LM2904, V* = 26V), T _A = 25°C	0	V* - 1.5		0	V* - 1.5		0	V* - 1.5		V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ on All Op Amps V* = 30V (LM2904 V* = 26V) V* = 5V	1	2		1	2		1	2		mA
		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2		mA

Electrical Characteristics

V⁺ = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T _A = 25°C		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , T _A = 25°C, V _{CM} = 0V, (Note 6)		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V ⁺ = 30V, (Note 7) (LM2904, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0		V ⁻ -1.5	0		V ⁻ -1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ on All Op Amps V ⁺ = 30V (LM2904 V ⁺ = 26V) V ⁻ = 5V		1	2		1	2	mA
			0.5	1.2		0.5	1.2	mA

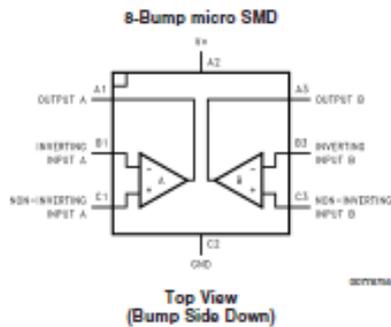
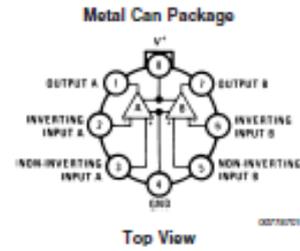
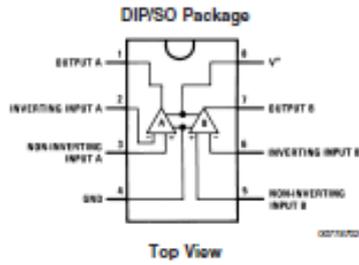
LM158/LM258/LM358/LM2904

Electrical Characteristics

V⁺ = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15V, T _A = 25°C, R _L ≥ 2 kΩ, (For V _O = 1V to 11V)	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	T _A = 25°C, V _{CM} = 0V to V ⁻ -1.5V	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5V to 30V (LM2904, V ⁺ = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred), (Note 8)	-120			-120			-120			dB
Output Current	Source V _{IN⁺} = 1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink V _{IN⁻} = 1V, V _{IN⁺} = 0V V ⁺ = 15V, T _A = 25°C, V _O = 2V	10	20		10	20		10	20		mA
	V _{IN⁻} = 1V, V _{IN⁺} = 0V T _A = 25°C, V _O = 200 mV, V ⁺ = 15V	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	T _A = 25°C, (Note 2), V ⁺ = 15V	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Note 5)		4			5			7		mV
Input Offset Voltage Drift	R _{IS} = 0Ω		7	15		7	20		7		μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)}		30			75			100		nA
Input Offset Current Drift	R _{IS} = 0Ω		10	200		10	300		10		pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		40	100		40	200		40	300	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V ⁺ = 30 V, (Note 7) (LM2904, V ⁺ = 26V)	0		V ⁻ -2	0		V ⁻ -2	0		V ⁻ -2	V

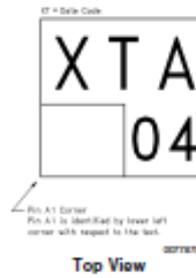
Connection Diagrams



LM358BP micro SMD Marking Orientation



LM2904BP micro SMD Marking Orientation



LM358TP micro SMD Marking Orientation



LM2904TP micro SMD Marking Orientation



LM158/LM258/LM358/LM2904

AD636

SPECIFICATIONS

@ 25°C, +V_S = +3 V, and -V_S = -5 V, unless otherwise noted.¹

Table 1.

Model	AD636J			AD636K			Unit
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
TRANSFER FUNCTION	$V_{OUT} = \sqrt{avg \times (V_{IN})^2}$			$V_{OUT} = \sqrt{avg \times (V_{IN})^2}$			
CONVERSION ACCURACY							
Total Error, Internal Trim ^{2,3}			±0.5 ± 1.0			±0.2 ± 0.5	mV ± % of reading
vs. Temperature, 0°C to +70°C			±0.1 ± 0.01			±0.1 ± 0.005	mV ± % of reading/°C
vs. Supply Voltage		±0.1 ± 0.01			±0.1 ± 0.01		mV ± % of reading/V
DC Reversal Error at 200 mV		±0.2			±0.1		% of reading
Total Error, External Trim ²		±0.3 ± 0.3			±0.1 ± 0.2		mV ± % of reading
ERROR VS. CREST FACTOR ⁴							
Crest Factor 1 to 2		Specified Accuracy			Specified Accuracy		% of reading
Crest Factor = 3		-0.2			-0.2		% of reading
Crest Factor = 6		-0.5			-0.5		% of reading
AVERAGING TIME CONSTANT		25			25		ms/μF of C _w
INPUT CHARACTERISTICS							
Signal Range, All Supplies		0 to 200			0 to 200		mV rms
Continuous RMS Level							
Peak Transient Inputs							
+3 V, -5 V Supply			±2.8			±2.8	V p-p
±2.5 V Supply			±2.0			±2.0	V p-p
±5 V Supply			±5.0			±5.0	V p-p
Maximum Continuous Nondestructive							
Input Level (All Supply Voltages)			±12			±12	V p-p
Input Resistance	5.33	6.67	8	5.33	6.67	8	kΩ
Input Offset Voltage			±0.5			±0.2	mV
FREQUENCY RESPONSE ^{1,5}							
Bandwidth for 1% Additional Error (0.09 dB)							
V _{IN} = 10 mV			14			14	kHz
V _{IN} = 100 mV			90			90	kHz
V _{IN} = 200 mV			130			130	kHz
±3 dB Bandwidth							
V _{IN} = 10 mV			100			100	kHz
V _{IN} = 100 mV			900			900	kHz
V _{IN} = 200 mV			1.5			1.5	MHz
OUTPUT CHARACTERISTICS ⁶							
Offset Voltage, V _{IN} = COM			±0.5			±0.2	mV
vs. Temperature			±10			±10	μV/°C
vs. Supply			±0.1			±0.1	mV/V
Voltage Swing							
+3 V, -5 V Supply	0.3	0 to 1.0		0.3	0 to 1.0		V
±5 V to ±16.5 V Supply	0.3	0 to 1.0		0.3	0 to 1.0		V
Output Impedance	8	10	12	8	10	12	kΩ

AD636

Model	AD636J			AD636K			Unit
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
dB OUTPUT							
Error, $V_{IN} = 7$ mV to 300 mV rms		±0.3	±0.5		±0.1	±0.2	dB
Scale Factor		-3.0			-3.0		mV/dB
Scale Factor Temperature Coefficient		0.33			0.33		% of reading/°C
		-0.033			-0.033		dB/°C
I_{BIAS} for 0 dB = 0.1 V rms	2	4	8	2	4	8	μA
I_{BIAS} Range	1		50	1		50	μA
IOUR TERMINAL							
I_{OUT} Scale Factor		100			100		μA/V rms
I_{OUT} Scale Factor Tolerance	-20	±10	+20	-20	±10	+20	%
Output Resistance	8	10	12	8	10	12	kΩ
Voltage Compliance		- V_S to (+ V_S - 2 V)			- V_S to (+ V_S - 2 V)		V
BUFFER AMPLIFIER							
Input and Output Voltage Range		- V_S to (+ V_S - 2 V)			- V_S to (+ V_S - 2 V)		V
Input Offset Voltage, $R_S = 10$ kΩ		±0.8	±2		±0.5	±1	mV
Input Bias Current		100	300		100	300	nA
Input Resistance		10 ⁶			10 ⁶		Ω
Output Current		(+5 mA, -130 μA)			(+5 mA, -130 μA)		
Short-Circuit Current		20			20		mA
Small Signal Bandwidth		1			1		MHz
Slew Rate ⁶		5			5		V/μs
POWER SUPPLY							
Voltage, Rated Performance		+3, -5			+3, -5		V
Dual Supply	+2, -2.5		±16.5	+2, -2.5		±16.5	V
Single Supply	5		24	5		24	V
Quiescent Current ⁷		0.80	1.00		0.80	1.00	mA
TEMPERATURE RANGE							
Rated Performance	0		+70	0		+70	°C
Storage	-55		+150	-55		+150	°C
TRANSISTOR COUNT							
		62			62		

¹ All minimum and maximum specifications are guaranteed. Specifications shown in **boldface** are tested on all production units at final electrical test and are used to calculate outgoing quality levels.

² Accuracy specified for 0 mV to 200 mV rms, dc or 1 kHz sine wave input. Accuracy is degraded at higher rms signal levels.

³ Measured at Pin 8 of PDIP (I_{OUT}), with Pin 9 tied to common.

⁴ Error vs. crest factor is specified as additional error for a 200 mV rms rectangular pulse trim, pulse width = 200 μs.

⁵ Input voltages are expressed in V rms.

⁶ With 10 kΩ pull-down resistor from Pin 6 (BUF OUT) to - V_S .

⁷ With BUF IN tied to COMMON.

AD636

PIN CONFIGURATIONS AND FUNCTION DESCRIPTIONS

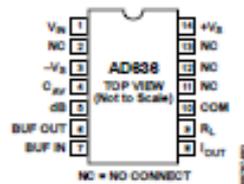


Figure 2. 14-Lead SBDIP Pin Configuration

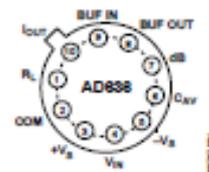


Figure 3. 10-Pin TO-100 Pin Configuration

Table 3. Pin Function Descriptions—14-Lead SBDIP

Pin No.	Mnemonic	Description
1	V _{IN}	Input Voltage.
2	NC	No Connection.
3	-V _S	Negative Supply Voltage.
4	C _{AV}	Averaging Capacitor.
5	dB	Log (dB) Value of the RMS Output Voltage.
6	BUF OUT	Buffer Output.
7	BUF IN	Buffer Input.
8	I _{OUT}	RMS Output Current.
9	R _L	Load Resistor.
10	COM	Common.
11, 12, 13	NC	No Connection.
14	+V _S	Positive Supply Voltage.

Table 4. Pin Function Descriptions—10-Pin TO-100

Pin No.	Mnemonic	Description
1	R _L	Load Resistor.
2	COM	Common.
3	+V _S	Positive Supply Voltage.
4	V _{IN}	Input Voltage.
5	-V _S	Negative Supply Voltage.
6	C _{AV}	Averaging Capacitor.
7	dB	Log (dB) Value of the RMS Output Voltage.
8	BUF OUT	Buffer Output.
9	BUF IN	Buffer Input.
10	I _{OUT}	RMS Output Current.



www.dalsemi.com

DS1307/DS1308 64 X 8 Serial Real Time Clock

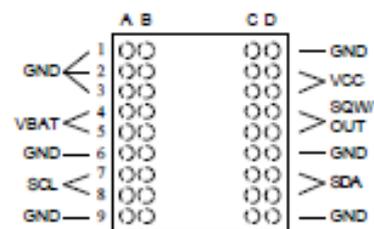
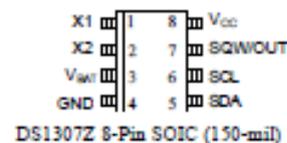
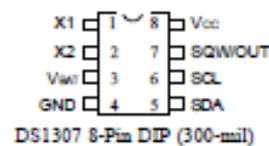
FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 56 byte nonvolatile RAM for data storage
- 2-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range -40°C to +85°C (IND) available for DS1307 and DS1308
- DS1307 available in 8-pin DIP or SOIC
- DS1308 available in 36-pin SMD BGA (Ball Grid Array)
- DS1308 accuracy is better than ± 2 minute/month at 25°C

ORDERING INFORMATION

DS1307	Serial Timekeeping Chip; 8-pin DIP
DS1307Z	Serial Timekeeping Chip; 8-pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-pin DIP (IND)
DS1307ZN	8-pin SOIC (IND)
DS1308	36-pin BGA
DS1308N	36-pin BGA (IND)

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION DS1307/DS1308

V _{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768 kHz Crystal Connection
V _{BAT}	- +3 Volt Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square wave/Output Driver

DS1308 PIN IDENTIFIER

V _{CC}	- C2, C3, D2, D3
V _{BAT}	- A4, A5, B4, B5
SDA	- C7, C8, D7, D8
SCL	- A7, A8, B7, B8
SQW/OUT	- C4, C5, D4, D5
GND	- All Remaining Balls

DESCRIPTION

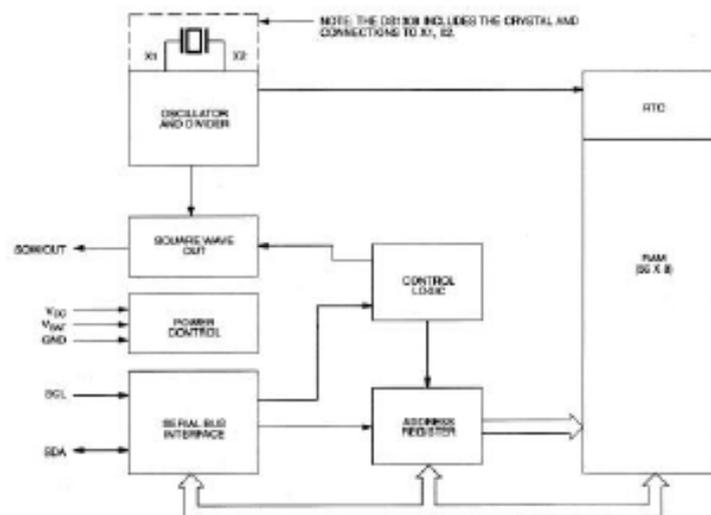
The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power, full BCD clock/calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

The DS1308 incorporates the DS1307 chip with a 32.768 kHz crystal in a surface mountable, 36-pin ball grid array package (BGA). The close proximity of the embedded crystal to the high impedance crystal input pins on the DS1307 minimizes capacitive loading and noise injection problems associated with many other oscillator designs. The total area required for installation is less than that of one United States dime: thus, minimizing PCB space required.

OPERATION

The DS1307/1308 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below $1.25 \times V_{BAT}$ the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than $V_{BAT} + 0.2V$ and recognizes inputs when V_{CC} is greater than $1.25 \times V_{BAT}$. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock.

DS1307/DS1308 BLOCK DIAGRAM Figure 1



DS1307/1308

SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND - DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5 volt input. When 5 volts is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3-volt battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT}.

V_{BAT} - Battery input for any standard 3-volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48 mAhr or greater will back up the DS1307/DS1308 for more than 10 years in the absence of power at 25 degrees C.

SCL (Serial Clock Input) - SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

SDA (Serial Data Input/Output) - SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

SQW/OUT (Square Wave/ Output Driver) - When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). The SQW/OUT pin is open drain which requires an external pullup resistor.

NOTE: X1, X2 are not applicable for the DS1308 or DS1308N.

X1, X2 - Connections for a standard 32.768 kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5 pF.

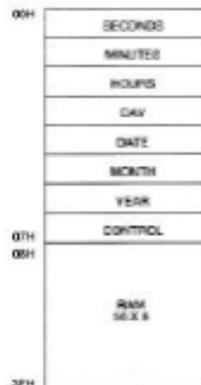
For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real Time Clocks." The DS1307 can also be driven by an external 32.768 kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307/DS1308 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307/DS1308 is shown in Figure 2. The real time clock registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2



CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The real time clock registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the Binary-Coded Decimal (BCD) format. Bit 7 of Register 0 is the Clock Halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

Please note that the initial power on state of all registers is not defined. Therefore it is important to enable the oscillator (CH bit=0) during initial configuration.

The DS1307/DS1308 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

DS1307/DS1308 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

	BITS							
06H	CH	10 SECONDS			SECONDS			00-99
	X	10 MINUTES			MINUTES			00-99
	X	10 24	10 HR AM	10 HR	HOURS			01-12 00-23
	X	X	X	X	X	DAY		1-7
	X	X	10 DATE		DATE			01-28/29 01-30 01-31
	X	X	X	10 MONTH	MONTH			01-12
	10 YEAR			YEAR				00-99
07H	OUT	X	X	SQWV	X	X	RS1	RS0

DS1307/1308

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground -0.5V to +7.0V

Operating Temperature 0°C to 70°C

Storage Temperature -55°C to +125°C

Soldering Temperature 260°C for 10 seconds (See NOTE 12)

- * This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

The Dallas Semiconductor DS1307/DS1308 is built to the highest quality standards and manufactured for long term reliability. All Dallas Semiconductor devices are made using the same quality materials and manufacturing methods. However, standard versions of the DS1307/DS1308 are not exposed to environmental stresses, such as burn-in, that some industrial applications require. Products which have successfully passed through this series of environmental stresses are marked IND or N, denoting their extended operating temperature and reliability rating. For specific reliability information on this product, please contact the factory at (972) 371-4448.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(0°C to 70°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
Logic 1	V_{IH}	2.2		$V_{CC}+0.3$	V	1
Logic 0	V_{IL}	-0.3		+0.8	V	1
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}	2.0		3.5	V	1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS(0°C to 70°C; $V_{CC}=4.5V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I_{LI}			1	μA	10
I/O Leakage	I_{LO}			1	μA	11
Logic 0 Output	V_{OL}			0.4	V	2
Active Supply Current	I_{CCA}			1.5	mA	9
Standby Current	I_{CCS}			200	μA	3
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}		300	500	nA	4
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32 kHz)	I_{BAT2}		480	800	nA	4

Features

- Low-Voltage and Standard-Voltage Operation
 - 5.0 ($V_{CC} = 4.5V$ to $5.5V$)
 - 2.7 ($V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$)
 - 2.5 ($V_{CC} = 2.5V$ to $5.5V$)
 - 1.8 ($V_{CC} = 1.8V$ to $5.5V$)
- Internally Organized 128 x 8 (1K), 256 x 8 (2K), 512 x 8 (4K), 1024 x 8 (8K) or 2048 x 8 (16K)
- 2-Wire Serial Interface
- Schmitt Trigger, Filtered Inputs for Noise Suppression
- Bidirectional Data Transfer Protocol
- 100 kHz (1.8V, 2.5V, 2.7V) and 400 kHz (5V) Compatibility
- Write Protect Pin for Hardware Data Protection
- 8-Byte Page (1K, 2K), 16-Byte Page (4K, 8K, 16K) Write Modes
- Partial Page Writes Are Allowed
- Self-Timed Write Cycle (10 ms max)
- High Reliability
 - Endurance: 1 Million Write Cycles
 - Data Retention: 100 Years
 - ESD Protection: >3000V
- Automotive Grade and Extended Temperature Devices Available
- 8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC, 8-Pin PDIP, 8-Pin MSOP, and 8-Pin TSSOP Packages

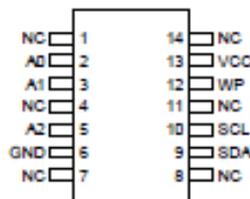
Description

The AT24C01A/02/04/08/16 provides 1024/2048/4096/8192/16384 bits of serial electrically erasable and programmable read only memory (EEPROM) organized as 128/256/512/1024/2048 words of 8 bits each. The device is optimized for use in many industrial and commercial applications where low power and low voltage operation are essential. The AT24C01A/02/04/08/16 is available in space saving 8-pin PDIP, (AT24C01A/02/04/08/16), 8-Pin MSOP (AT24C01A/02), 8-Pin TSSOP (AT24C01A/02/04/08/16), and 8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC (AT24C01A/02/04/08/16) packages and is accessed via a 2-wire serial interface. In addition, the entire family is available in 5.0V (4.5V to 5.5V), 2.7V (2.7V to 5.5V), 2.5V (2.5V to 5.5V) and 1.8V (1.8V to 5.5V) versions.

Pin Configurations

Pin Name	Function
A0 - A2	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect

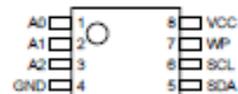
14-Pin SOIC



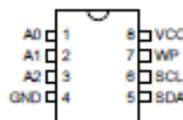
8-Pin TSSOP



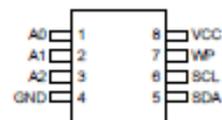
8-Pin MSOP



8-Pin PDIP



8-Pin SOIC



2-Wire Serial EEPROM

1K (128 x 8)

2K (256 x 8)

4K (512 x 8)

8K (1024 x 8)

16K (2048 x 8)

AT24C01A

AT24C02

AT24C04

AT24C08

AT24C16



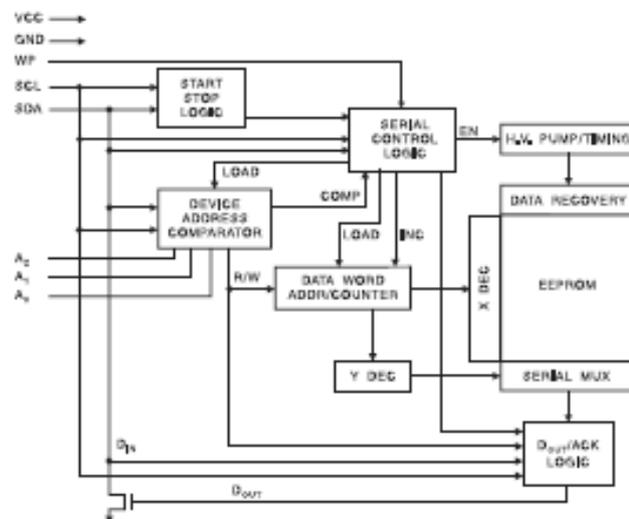


Absolute Maximum Ratings

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.25V
DC Output Current	5.0 mA

NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Block Diagram



Pin Description

SERIAL CLOCK (SCL): The SCL input is used to positive edge clock data into each EEPROM device and negative edge clock data out of each device.

SERIAL DATA (SDA): The SDA pin is bidirectional for serial data transfer. This pin is open-drain driven and may be wire-ORed with any number of other open-drain or open collector devices.

DEVICE/PAGE ADDRESSES (A2, A1, A0): The A2, A1 and A0 pins are device address inputs that are hard wired for the AT24C01A and the AT24C02. As many as eight 1K/2K devices may be addressed on a single bus system (device addressing is discussed in detail under the Device Addressing section).

The AT24C04 uses the A2 and A1 inputs for hard wire addressing and a total of four 4K devices may be addressed on a single bus system. The A0 pin is a no connect.

The AT24C08 only uses the A2 input for hardware addressing and a total of two 8K devices may be addressed on single bus system. The A0 and A1 pins are no connects.

The AT24C16 does not use the device address pins which limits the number of devices on a single bus to one. The A0, A1 and A2 pins are no connects.

WRITE PROTECT (WP): The AT24C01A/02/04/16 has Write Protect pin that provides hardware data protection. The Write Protect pin allows normal read/write operation when connected to ground (GND). When the Write Protect pin is connected to V_{CC}, the write protection feature is enabled and operates as shown in the following table.

AT24C01A/02/04/08/16

WP Pin Status	Part of the Array Protected				
	24C01A	24C02	24C04	24C08	24C16
At V_{CC}	Full (1K) Array	Full (2K) Array	Full (4K) Array	Normal Read/Write Operation	Upper Half (8K) Array
At GND	Normal Read/Write Operations				

Memory Organization

AT24C01A, 1K SERIAL EEPROM: Internally organized with 128 pages of 1-byte each, the 1K requires a 7-bit data word address for random word addressing.

AT24C02, 2K SERIAL EEPROM: Internally organized with 256 pages of 1-byte each, the 2K requires an 8-bit data word address for random word addressing.

AT24C04, 4K SERIAL EEPROM: The 4K is internally organized with 256 pages of 2 bytes each. Random word addressing Chlp Number requires a 9-bit data word address.

AT24C08, 8K SERIAL EEPROM: The 8K is internally organized with 4 blocks of 256 pages of 4 bytes each. Random word addressing requires a 10-bit data word address.

AT24C16, 16K SERIAL EEPROM: The 16K is internally organized with 8 blocks of 256 pages of 8 bytes each. Random word addressing requires an 11-bit data word address.

Pin Capacitance⁽¹⁾

Applicable over recommended operating range from $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = 1.0\text{ MHz}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$.

Symbol	Test Condition	Max	Units	Conditions
C_{IO}	Input/Output Capacitance (SOA)	8	pF	$V_{IO} = 0\text{V}$
C_{IN}	Input Capacitance ($A_0, A_1, A_2, \text{SCL}$)	6	pF	$V_{IN} = 0\text{V}$

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

DC Characteristics

Applicable over recommended operating range from: $T_{AJ} = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, $T_{AC} = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$ (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
V_{CC1}	Supply Voltage		1.8		5.5	V
V_{CC2}	Supply Voltage		2.5		5.5	V
V_{CC3}	Supply Voltage		2.7		5.5	V
V_{CC4}	Supply Voltage		4.5		5.5	V
I_{CC}	Supply Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	READ at 100 kHz		0.4	1.0	mA
I_{CC}	Supply Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	WRITE at 100 kHz		2.0	3.0	mA
I_{SB1}	Standby Current $V_{CC} = 1.8\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.6	3.0	μA
I_{SB2}	Standby Current $V_{CC} = 2.5\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		1.4	4.0	μA
I_{SB3}	Standby Current $V_{CC} = 2.7\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		1.6	4.0	μA
I_{SB4}	Standby Current $V_{CC} = 5.0\text{V}$	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		8.0	18.0	μA
I_{LI}	Input Leakage Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.10	3.0	μA
I_{LO}	Output Leakage Current	$V_{OUT} = V_{CC}$ or V_{SS}		0.05	3.0	μA
V_{IL}	Input Low Level ⁽¹⁾		-0.6		$V_{CC} \times 0.3$	V
V_{IH}	Input High Level ⁽¹⁾		$V_{CC} \times 0.7$		$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL2}	Output Low Level $V_{CC} = 3.0\text{V}$	$I_{OL} = 2.1\text{ mA}$			0.4	V
V_{OL1}	Output Low Level $V_{CC} = 1.8\text{V}$	$I_{OL} = 0.15\text{ mA}$			0.2	V

Note: 1. V_{IL} min and V_{IH} max are reference only and are not tested.





AC Characteristics

Applicable over recommended operating range from $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, $C_L = 1$ TTL Gate and 100pF (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	2.7-, 2.5-, 1.8-volt		5.0-volt		Units
		Min	Max	Min	Max	
f_{SCL}	Clock Frequency, SCL		100		400	kHz
t_{LOW}	Clock Pulse Width Low	4.7		1.2		μs
t_{HIGH}	Clock Pulse Width High	4.0		0.6		μs
t_s	Noise Suppression Time ⁽¹⁾		100		50	ns
t_{AA}	Clock Low to Data Out Valid	0.1	4.5	0.1	0.9	μs
t_{BUS}	Time the bus must be free before a new transmission can start ⁽¹⁾	4.7		1.2		μs
$t_{HD,STA}$	Start Hold Time	4.0		0.6		μs
$t_{SU,STA}$	Start Set-up Time	4.7		0.6		μs
$t_{HD,DAT}$	Data In Hold Time	0		0		μs
$t_{SU,DAT}$	Data In Set-up Time	200		100		ns
t_R	Inputs Rise Time ⁽¹⁾		1.0		0.3	μs
t_F	Inputs Fall Time ⁽¹⁾		300		300	ns
$t_{SU,STO}$	Stop Set-up Time	4.7		0.6		μs
t_{OH}	Data Out Hold Time	100		50		ns
t_{WR}	Write Cycle Time		10		10	ms
Endurance ⁽¹⁾	5.0V, 25°C, Page Mode	1M		1M		Write Cycles

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

Device Operation

CLOCK and DATA TRANSITIONS: The SDA pin is normally pulled high with an external device. Data on the SDA pin may change only during SCL low time periods (refer to Data Validity timing diagram). Data changes during SCL high periods will indicate a start or stop condition as defined below.

START CONDITION: A high-to-low transition of SDA with SCL high is a start condition which must precede any other command (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

STOP CONDITION: A low-to-high transition of SDA with SCL high is a stop condition. After a read sequence, the stop command will place the EEPROM in a standby power mode (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

ACKNOWLEDGE: All addresses and data words are serially transmitted to and from the EEPROM in 8-bit words. The EEPROM sends a zero to acknowledge that it has received each word. This happens during the ninth clock cycle.

STANDBY MODE: The AT24C01A/02/04/08/16 features a low power standby mode which is enabled: (a) upon power up and (b) after the receipt of the STOP bit and the completion of any internal operations.

MEMORY RESET: After an interruption in protocol, power loss or system reset, any 2-wire part can be reset by following these steps:

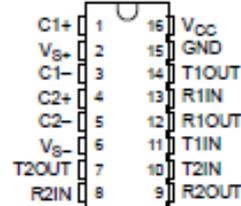
1. Clock up to 9 cycles.
2. Look for SDA high in each cycle while SCL is high.
3. Create a start condition as SDA is high.

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLL90471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[†]

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	73°C/W
DW package	.....	57°C/W
N package	.....	67°C/W
NS package	.....	64°C/W
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C

[†] Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.
 2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP [‡]	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current		8	10	mA

[‡] All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \pm 0.5$ V.

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLL9247I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH} High-level output voltage	T1OUT, T2OUT $R_L = 3\text{ k}\Omega$ to GND	5	7		V
V_{OL} Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT $R_L = 3\text{ k}\Omega$ to GND		-7	-5	V
r_O Output resistance	T1OUT, T2OUT $V_{S+} = V_{S-} = 0, V_O = \pm 2\text{ V}$	300			Ω
I_{OCS} Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT $V_{CC} = 5.5\text{ V}, V_O = 0$		± 10		mA
I_{IS} Short-circuit input current	T1IN, T2IN $V_I = 0$			200	μA

 † All typical values are at $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

 NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

 switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR Driver slew rate	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to 7 k Ω , See Figure 2			30	V/ μs
SR(t) Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/ μs
Data rate	One TOUT switching		120		kb/s

 NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH} High-level output voltage	R1OUT, R2OUT $I_{OH} = -1\text{ mA}$	3.5			V
V_{OL} Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT $I_{OL} = 3.2\text{ mA}$			0.4	V
V_{IT+} Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$		1.7	2.4	V
V_{IT-} Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	0.8	1.2		V
V_{hys} Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5\text{ V}$	0.2	0.5	1	V
η Receiver input resistance	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5, T_A = 25^\circ\text{C}$	3	5	7	k Ω

 † All typical values are at $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

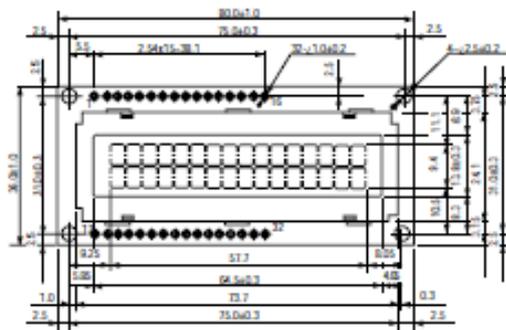
 NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

 switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER	TYP	UNIT
$t_{PLH(R)}$ Receiver propagation delay time, low-to-high-level output	500	ns
$t_{PHL(R)}$ Receiver propagation delay time, high-to-low-level output	500	ns

 NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

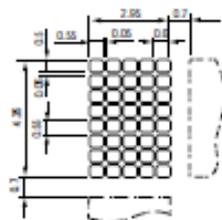
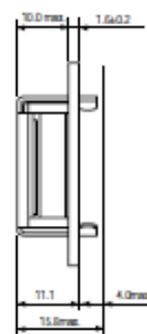
L1682 (2x16) Unit:mm General Tolerance ± 0.5 mm



Reflective/EL Backlight



LED Backlight



*LED Powered
through pins 15 & 16
or 31 & 32

PIN FUNCTIONS

No.	No.	Name	Function
1	17	V _{cc}	DNV
2	18	V _{cc}	Power supply voltage - 5 V
3	19	V _{cc}	Liquid crystal driving voltage
4	20	RS	L - Instruction code input; H: Data input
5	21	R/W	L - Data write from MPU to LCM; H: Data read from LCM to MPU
6	22	E	Enable
7	23	DB0	Data bus line
8	24	DB1	Data bus line
9	25	DB2	Data bus line
10	26	DB3	Data bus line
11	27	DB4	Data bus line
12	28	DB5	Data bus line
13	29	DB6	Data bus line
14	30	DB7	Data bus line
15	31	V _o *	Anode
16	32	V _o *	Cathode

Figura 1. Constancia de Calibración del Sonómetro empleado como patrón de la Empresa NOVACERO S.A



Figura 2. Pruebas que el Sonómetro construido tiene la misma referencia que el Sonómetro Patrón





FOAM EARPLUGS

E-A-R™ Classic™
NRR 29 dB



310-1001
Uncorded, Pillow Pack
310-1000
Uncorded, Pillow Pack, Retail Pack
311-1101
Corded, Poly Bag
312-1201
Uncorded, Poly Bag
311-1110
Corded, Paper Bag
311-1081
Corded, Dispenser Box
312-1082
Uncorded, Dispenser Box
VP911-1101
Corded, Poly Bag, Vending Pack

E-A-Rsoft™ Yellow Neon Blasts™
NRR 33 dB



311-1252
Corded, Poly Bag
312-1252
Uncorded, Poly Bag

E-A-Rsoft™ Grippers™
NRR 31 dB



312-6001
Corded, Poly Bag

E-A-R™ Classic™ Plus
NRR 33 dB



310-1101
Uncorded, Pillow Pack
311-1105
Corded, Poly Bag

E-A-R™ Classic™ Small
NRR 29 dB



310-1103
Uncorded, Pillow Pack, Small
311-1106
Corded, Poly Bag, Small

E-A-Rsoft™ Yellow Neons™
NRR 33 dB



310-1250
Uncorded, Pillow Pack
311-1251
Corded, Poly Bag, Large
311-1250
Corded, Poly Bag
312-1250
Uncorded, Poly Bag
312-1251
Uncorded, Poly Bag, Large

E-A-R™ Classic™ SuperFit™



310-1008
Corded, Pillow Pack (NRR 33 dB)
310-1000
Uncorded, Pillow Pack (NRR 30 dB)
311-1125
Corded, Poly Bag (NRR 33 dB)
311-1126
Corded, Poly Bag (NRR 30 dB)
312-4201
Uncorded, Poly Bag (NRR 30 dB)

E-A-R™ E-Z-Fit™
NRR 29 dB



312-1208
Uncorded, Poly Bag
312-1222
Corded, Poly Bag

E-A-Rsoft™ SuperFit™
NRR 33 dB



311-1254
Corded, Poly Bag
312-1256
Uncorded, Poly Bag

E-A-R™ Classic™ Soft
NRR 31 dB



311-9000
Uncorded, Poly Bag
311-9001
Corded, Poly Bag

E-A-R™ TaperFit™ 2
NRR 32 dB



312-1210
Uncorded, Poly Bag
312-1221
Uncorded, Poly Bag, Large
312-1223
Corded, Poly Bag
312-1224
Corded, Poly Bag, Large

E-A-Rsoft™ FX™
NRR 33 dB



312-1260
Corded, Poly Bag
312-1261
Uncorded, Poly Bag

1100 / 1110
NRR 29 dB



1100
Uncorded, Poly Bag
1110
Corded, Poly Bag

Tattoo™
NRR 32 dB



P1100
Uncorded
P1101
Corded

Nitro™
NRR 32 dB



P1000
Uncorded
P1001
Corded





NO ROLL-DOWN FOAM EARPLUGS

E-A-R™ Express™ Pod Plugs™
NRR 25 dB



311-1114
Corded, Pillow Pack, Blue Grips
311-1115
Corded, Pillow Pack, Assorted Grips
321-2200
Uncorded, Pillow Pack, Assorted Grips
321-2100
Uncorded, Pillow Pack, Blue Grips

E-A-R™ Push-Ins™
NRR 28 dB



318-1002
Uncorded, Poly Bag
318-1003
Corded, Poly Bag

E-A-R™ Push-Ins™ with Grip Rings
NRR 30 dB



318-1008
Uncorded, Poly Bag
318-1009
Corded, Poly Bag

E-A-R™ Push-Ins™ SoftTouch™
NRR 31 dB



318-4000
Uncorded, Poly Bag
318-4001
Corded, Poly Bag

Pistonz™
NRR 29 dB



P1400
Uncorded
P1401
Corded

Skull Screws™
NRR 30 dB



P1300
Uncorded
P1301
Corded

No-Touch™
NRR 29 dB



P2000
Uncorded
P2001
Corded

REUSABLE EARPLUGS

E-A-R™ UltraFit™
NRR 25 dB



340-4001
Uncorded, Carrying Case
340-4002
Corded, Carrying Case
340-4003
Uncorded, Poly Bag
340-4004
Corded, Poly Bag
340-4014
Corded, Econopack
340-4036
Natural Cotton Cord, Poly Bag
340-4044
Cloth Cord, Paper Envelope
VP340-4004
Corded, Vending Pack

E-A-R™ UltraFit™ 27
NRR 27 dB



340-8001
Uncorded
340-8002
Corded

Tri-Flange™
NRR 26 dB



P3000
Vinyl Cord
P3001
Cloth Cord

E-A-R™ ARC Plug™
Red end - NRR 22 dB
Yellow end - level dependant



370-2000
Uncorded, Carrying Case

E-A-R™ E-Z Ins™
NRR 22 dB



350-4000
Uncorded
350-4001
Corded

E-A-R™ Hi Fi™
NRR 12 dB



410-3019
Uncorded

E-A-R™ UltraFit™ Plus
NRR 26 dB



340-6002
Corded, Carrying Case
340-6004
Corded

METAL DETECTABLE EARPLUGS

E-A-R™ Classic™ Plus
NRR 33 dB



311-4101
Corded, Metal Detectable

E-A-Rsoft™ Yellow Neons™
NRR 33 dB



311-4106
Corded, Metal Detectable

E-A-R™ Push-Ins™
NRR 29 dB



318-3000
Corded, Metal Detectable

E-A-R™ Express™ Pod Plugs™
NRR 25 dB



311-1127
Corded, Metal Detectable

E-A-Rsoft™ UltraFit™
NRR 25 dB



340-4007
Corded, Metal Detectable
340-4017
Corded, Metal Detectable, Econopack

VALIDATION SYSTEM

E-A-Rfit™ Validation Kit



302-1000
E-A-Rcustom™ Fitting Kit
303-1000
E-A-Rfit Training Kit

E-A-Rfit™ Probed Test Plugs



303-2003-50
E-A-R Classic
303-2007-50
E-A-R Classic Small
303-2009-50
E-A-R Classic Plus
303-2000-50
E-A-Rsoft Yellow Neons
303-2004-50
E-A-Rsoft FX

303-2001-50
E-A-R UltraFit
303-2005-50
E-A-R E-Z-Fit
303-2006-50
E-A-R TaperFit
303-2002-50
E-A-R Push-Ins
303-2008-50
E-A-R Express Pod

EARMUFFS

Peltor™ Optime™ 95
NRR 21 dB



H6A/B
Over-the-Head
H6B/V
Behind-the-Head
H6F/V
Folding
H6P3E/V
Helmet Attached

Model 1000



330-3001
Over-the-Head (NRR 20 dB)
Behind-the-Head or Under-the-Chin (NRR 22 dB)

Peltor™ Optime™ 98



H8A
Over-the-Head (NRR 25 dB)
H8P3E
Helmet Attached (NRR 23 dB)

Model 3000



330-3002
3-Position Headband
Over-the-Head (NRR 25 dB)
Behind-the-Head or Under-the-Chin (NRR 26 dB)

Peltor™ Optime™ 101



H7A
Over-the-Head (NRR 27 dB)
H7B
Behind-the-Head (NRR 26 dB)
H7P3E
Helmet Attached (NRR 24 dB)
H7P3E-01
Helmet Attached, Dielectric (NRR 24 dB)

Model 2000H
NRR 21 dB



330-3031
Helmet Attached

Peltor™ Optime™ 105



H10A
Over-the-Head (NRR 30 dB)
H10A HV
Over-the-Head, High-Viz (NRR 30 dB)
H10B
Behind-the-Head (NRR 29 dB)
H10P3E
Helmet Attached (NRR 27 dB)
H10P3E-01
Helmet Attached, Dielectric (NRR 27 dB)

Peltor™ H31 Hi-Viz



H31A
Over-the-Head (NRR 24 dB)
H31P3E
Helmet Attached (NRR 23 dB)

Model 4000



330-4000
3-Position Headband
Over-the-Head (NRR 27 dB)
Behind-the-Head or Under-the-Chin (NRR 26 dB)

BANDED HEARING PROTECTORS

E-A-R™ Swerve™



322-2000
Flex 28 Tips (NRR 28 dB)
Comfort Pods (NRR 19 dB)
Cord Included

E-A-R™ Caboflex™



320-2001
Model 600
Behind-the-Head (NRR 17 dB)
Under-the-Chin (NRR 20 dB)

E-A-Rcaps™
NRR 17 dB



321-2101
Model 200

E-A-Rflex™



320-1000
E-A-Rflex 28 (NRR 28 dB)
350-1001
E-A-Rflex Foam Tips (NRR 25 dB)
350-1100
E-A-Rflex Pre-molded Tips (NRR 24 dB)

REPLACEMENT PARTS

Peltor™
Hygiene Kits



HY3
For H31, H6 & H9 Earmuffs
HY7
For H7 Earmuffs
HY10
For H10 Earmuffs

Earmuff
Replacement
Parts



331-3010
Replacement cushions
for Model 1000, 2000H
& 3000

E-A-Rflex™
Foam Tips



350-1002
Replacement tips for
E-A-Rflex

E-A-R™
Caboflex™ Tips



320-2004
For use with Caboflex
Model 600

E-A-Rcaps™
Tips



321-2103
For use with E-A-Rcaps

E-A-Rflex™ 28
Pod Tips



320-1001
Replacement pods for
E-A-Rflex

E-A-R™
Comfort Pod
Tips



322-2001
For use with E-A-R Swerve

DISPENSERS

E-A-R™ One Touch™
Dispenser & Refill Bottles



391-1000
Dispenser Unit with Shzed
391-1001
Classic™ Refill Bottle (NRR 29 dB)
391-1002
Classic™ SuperFit™ 30 Refill Bottle (NRR 30 dB)
391-1004
Yellow Noses™ Refill Bottle (NRR 33 dB)

391-1005
Large Yellow Noses™ Refill Bottle (NRR 33 dB)
391-1010
Yellow Noses Elastix™ Refill Bottle (NRR 33 dB)
391-1254
E-A-Rsoft™ SuperFit™ Refill Bottle (NRR 33 dB)

The NRR specifies the NRR as the measure of hearing protector noise reduction. However, 3M makes no warranty as to the validity of the NRR for this purpose. Research suggests that many users will receive less noise reduction than indicated by the NRR due to variation in earplug fit, earplug fitting skill, and motivation of the user. It is recommended that the NRR be reduced by 50% to better estimate typical workplace protection.



Occupational Health &
Environmental Safety Division
3M Carrier - Building 235-2W-70
Saint Paul, MN 55144-1000
Sales Assistance: 1-800-328-1667
Technical Assistance: 1-800-343-4630
Website: www.3M.com/OccSafety



WARNING!

These hearing protectors help reduce exposure to hazardous noise and other loud sounds. Misuse or failure to wear hearing protectors at all times that you are exposed to noise may result in hearing loss or injury. For proper use, see warnings, use instructions, or call 3M in U.S.A. at 1-800-343-4630. In Canada, call Technical Services at 1-800-267-4444. If there is any drainage from your ear or you have an ear infection, consult with your physician before wearing earplugs. Failure to do so may result in hearing loss or injury.

© 3M 2010. 3M, the color yellow for earplugs, and all other trademarks used herein or hereon are trademarks of 3M Company used under license in Canada.

70-0715-7411-8
Bulgar 10040888
Please recycle. Printed in US

Tapones Auditivos 1270/1271

Ficha Técnica



Descripción

Los tapones protectores auditivos 1270/71 con cordón son fabricados con materiales hipoalérgicos, brindan una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los 85 dB(A) por jornada de trabajo. Han sido específicamente diseñados para adaptarse cómodamente a la mayoría de los canales auditivos.

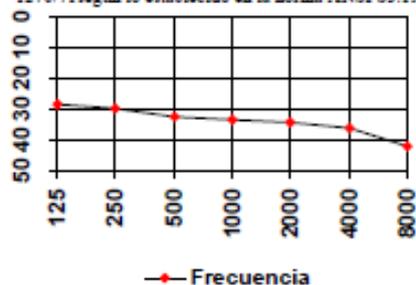
La diferencia entre los modelos 1270 y 1271, es que el empaque de estos últimos es en un estuche plástico azul.

Aplicaciones

Los tapones auditivos 1270/71 pueden utilizarse en aquellas industrias donde exista riesgo de exposición a ruido, tales como construcción, procesos de maderas, metalurgia, o donde existan motores o turbinas. Los protectores auditivos 1270/71 están recomendados en aquellos puestos de trabajo expuestos al ruido, especialmente en condiciones de trabajo con humedad o calor.

Atenuación

Valores medios de atenuación para tapones auditivos 1270/71 según lo establecido en la norma ANSI S3.19-1974



Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRR
Atenuación en el oído (dB(A))	28,7	30,1	32,8	33,8	34,5	35,6	36,2	39,8	43,2	24
Desviación estándar	5,6	5,6	4,8	4,1	3,5	3,4	4,0	4,5	5,3	

Recomendación de Uso

El nivel de ruido que entra al oído de una persona, cuando usa el protector auditivo según las instrucciones, es muy cercano a la diferencia entre el nivel de ruido ambiental compensado en A y la tasa de reducción de ruido (NRR).

Ejemplo.

1.- El nivel de ruido ambiental medido en el oído es de 92 dB(C).

2.- El NRR es de 24 decibeles (dB).

3.- El Nivel de ruido que entra al oído es aproximadamente de 68 dB(C).

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica. Ante esto, el cliente deberá presentar su inquietud a nuestro call center (600-300-3636), quienes le informaran como proceder según sea el caso (devolución, reembolso, reemplazo, etc.).

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal pérdida o daños ya sean directos o consecuentes que resulten del uso de este producto.

Antes de usarlo, el usuario deberá determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

Empaque

Por/ Caja	Caja/Cantidad
1270=100/1271=50	5

Filtro 2097 (P100) Con Medio Rostro o Rostro Completo Ficha Técnica



Descripción

Los filtros 3M 2097 usados en la pieza facial Serie 6000 ó 7000 están aprobados para la protección contra aerosoles sólidos y líquidos con o sin aceite. Se fabrican con un *Medio Filtrante Electrostático Avanzado*, novedoso sistema de retención de partículas que permite mayor eficiencia del filtro con menor caída de presión. Los tres diferentes tamaños de los respiradores permiten un buen ajuste en distintas configuraciones faciales, su diseño de bajo perfil le permite ser usado con otros implementos de seguridad, sus válvulas de exhalación e inhalación extra grandes permiten tener una menor resistencia a la respiración, el diseño de estos filtros le atribuyen una mejor distribución del peso unido al respirador, con lo que se incrementa su comodidad. El filtro 3M 2097 ha sido diseñado para una eficiencia máxima de filtrado de partículas y en áreas donde hay presencia de niveles molestos de vapores orgánicos, porque cuenta con un *Medio filtrante removedor de olores*, recomendado por 3M para la protección contra Ozono y bajos niveles de Vapores Orgánicos.

Aplicaciones

Exposición a partículas de sustancias especificadas por OSHA.
Reducción de Plomo.
Cadmio.
Arsénico.
Industria farmacéutica.
Soldadura eléctrica.
Procesos químicos.
Revestimientos (base asfáltica).

Aprobaciones

Aprobado por el Instituto NIOSH de Estados Unidos (National Institute for Occupational Safety And Health) bajo la especificación P100 de la norma 42CFR84.

Características

Pieza Facial:	Polimero sintético.
Color:	Gris.
Elemento filtrante:	Tela no tejida de polipropileno y poliéster. Carbón activado.
Color:	Fucsia.
Peso aproximado:	10 gms.

Concentraciones Límites

No usar cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición (medio rostro) ó 100 veces (rostro completo).
No usar en atmósferas cuyo contenido de oxígeno sea menor a 19.5 %.
No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones IDLH (inmediatamente peligroso para la vida y la salud).

Limitaciones de Uso

Aprobado para protección respiratoria contra polvos (incluyendo carbón, algodón, aluminio, trigo, hierro y sílice libre, producidos principalmente por la desintegración de sólidos durante procesos industriales tales como: esmerilado, lijado, trituración y procesamiento de minerales y otros materiales) y neblinas a base de líquidos con o sin aceites.
No usar en atmósferas que contengan vapores y gases tóxicos a niveles iguales o superiores al TLV.

Empaque

Pieza/Bolsa	Bolsa/Caja	Pieza/Caja
2	50	100

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica. Ante esto, el cliente deberá presentar su inquietud a nuestro call center (600-300-3636), quienes le informaran como proceder según sea el caso (devolución, reembolso, reemplazo, etc.).
Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal pérdida o daños ya sean directos o consecuentes que resulten del uso de este producto.
Antes de usarlo, el usuario deberá determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.



Respirador 8212 (N95)

Hoja Técnica

Descripción

El respirador libre de mantenimiento 3M 8212 brinda una efectiva, cómoda e higiénica protección respiratoria contra polvos y neblinas sin aceite. Es fabricado con un Medio Filtrante Electrostático Avanzado y antitaponamiento, novedoso sistema de retención de partículas que permite mayor eficiencia del filtro con menor caída de presión y facilidad de respiración por largos periodos de tiempo. Cuenta con una válvula de exhalación Cool Flow (válvula de aire fresco) que ofrece mayor comodidad y frescura al usuario. Su forma convexa, su estructura antideformante, el diseño de sus bandas elásticas ajustables mediante hebillas y el conjunto Clip de aluminio-sello de espuma para el ajuste a la nariz aseguran un excelente sello adaptándose a un amplio rango de tamaños de cara. Es ideal para trabajos con condiciones adversas de chispas y llamas ya que su estructura externa es fabricada con Material retardante de llama.

Aplicaciones

- Soldadura acetilénica
- Oxicrote
- Esmerilado
- Fundiciones

Aprobaciones

Aprobado por la National Institute for Occupational Safety And Health (NIOSH) de Estados Unidos bajo la especificación N95 de la norma 42CFR84.

Características

- Cintas elásticas: Elastómero color blanco y mecanismo de hebillas
- Clip metálico: Aluminio
- Válvula: Cool Flow Valve, Color blanco
- Elemento filtrante: Tela no tejida de polipropileno y poliestef.
- Peso aprox.: 20g.
- Color: Blanco
- Sello facial: Poliuretano

Concentraciones Límites

- No usar cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición o menores de $0,05 \text{ mg/m}^3$



- No usar en atmósferas cuyo contenido de oxígeno sea menor a 19.5 %.

- No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones IDLH (inmediatamente peligrosas para la vida y la salud).

Limitaciones de uso

Aprobado para protección respiratoria contra polvos (incluyendo carbon, algodón, aluminio, trigo, hierro y sílice libre producidos principalmente por la desintegración de sólidos durante procesos industriales tales como: esmerilado, lijado, trituración y procesamiento de minerales y otros materiales) y neblinas a base de líquidos sin aceites.

- No usar en atmósferas que contengan vapores y gases tóxicos, Asbestos o polvo proveniente de lavado con chorro de arena.

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica.

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal, pérdida o daños ya sean directos o consecuentes del mal uso de este producto.

Antes de ser usado, se debe determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

Empaque

Piezas / Estuche	Estuche / Caja	Piezas / Caja
10	8	80

Para mayor información:

3M Manufacturera Venezuela S.A.
División Salud Ocupacional y Protección Ambiental
Tif. 508-8087, 508-8084, 508-8114 fax 578-3925

Respirador 8512 (N95)

Ficha Técnica



Descripción

El respirador libre de mantenimiento 3M 8512 brinda una efectiva, cómoda e higiénica protección respiratoria contra polvos, humos y neblinas sin aceite. Es fabricado con un Medio Filtrante Electrostático Avanzado y antitaponamiento, de alta duración, novedoso sistema de retención de partículas que permite mayor eficiencia del filtro con menor caída de presión y facilidad de respiración por largos periodos de tiempo. Cuenta con una válvula de exhalación Cool Flow (válvula de aire fresco) que ofrece mayor comodidad y frescura al usuario. Su forma convexa, su estructura antideformante, el diseño de sus bandas elásticas ajustables mediante hebillas y el conjunto clip de aluminio exterior-sello de espuma interior para el ajuste a la nariz, aseguran un excelente sello adaptándose a un amplio rango de tamaños de cara. Es ideal para trabajos de alta exigencia (trabajo pesado) con condiciones adversas de chispas, ya que su estructura externa es fabricada con Material retardante de llama.

Aplicaciones

Trabajos de Soldadura exigentes (trabajo pesado)
Oxicorte
Esmilado
Fundiciones

Instrucciones de Usos

No usar cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición.
No usar en atmósferas cuyo contenido de oxígeno sea menor a 19.5 %.
No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones IDLH (inmediatamente peligroso para la vida y la salud).
No usar en atmósferas que contengan vapores y gases tóxicos, asbestos o polvo proveniente de lavado con chorro de arena (exposición directa)

Características

Cintas elásticas: Elastómero color blanco y mecanismo de hebillas
Clip metálico: Aluminio
Válvula: Cool Flow Valve, Color blanco
Elemento filtrante: Tela no tejida de polipropileno y poliéster.
Peso aprox.: 35 g.
Color: Blanco

Aprobaciones

Certificado por National Institute for Occupational Safety And Health (NIOSH) de Estados Unidos bajo la especificación N95 de la norma 42CFR84.

Aprobado para protección respiratoria contra polvos (incluyendo carbón, algodón, aluminio, trigo, hierro y sílice producidos principalmente por la desintegración de sólidos durante procesos industriales tales como: esmerilado, lijado, trituración y procesamiento de minerales y otros materiales), humos (soldadura, fundición entre otros) y neblinas en base a líquidos sin aceites.

Empaque

Pieza/Caja	Caja/Cartón	Piezas/Cartón
10	8	80

Garantías

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica. Ante esto, el cliente deberá presentar su inquietud a nuestro call center (600-300-3636), quienes le informaran como proceder según sea el caso (devolución, reembolso, reemplazo, etc.).

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal pérdida o daños ya sean directos o consecuentes que resulten del uso de este producto.
Antes de usarlo, el usuario deberá determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.



Respirador 8511 (N95)

Hoja Técnica

Descripción

El respirador libre de mantenimiento 3M 8511 brinda una efectiva, confortable e higiénica protección respiratoria contra aerosoles sólidos y líquidos sin aceite. Es fabricado con un *Medio Filtrante Electrostatico Avanzado*, novedoso sistema de retención de partículas que permite mayor eficiencia del filtro con menor caída de presión y cuenta con una valvula de exhalación *Cool Flow* (valvula de aire fresco) que ofrece mayor comodidad y frescura al usuario. Su forma convexa, estructura antideformante, el diseño de sus bandas elásticas y el *clip de aluminio en "M"* para el ajuste a la nariz aseguran un excelente sello adaptándose a un amplio rango de tamaños de cara.

Aplicaciones

- Triturado
- Lijado
- Aserrado
- Carpintería
- Empacado
- Cementos
- Construcción
- Agroquímicos
- Minería
- Alimenticia

Aprobaciones

Aprobado por National Institute for Occupational Safety And Health (NIOSH) de Estados Unidos bajo la especificación N95 de la norma 42CFR84.

Características

- Cintas elásticas: Elastómero color amarillo
- Clip metálico: Aluminio (en "M")
- Valvula: Cool Flow Valve, Color blanco
- Elemento filtrante: Tela no tejida de polipropileno y poliéster.
- Peso aprox.: 10g.
- Color: Blanco

Concentraciones Límites

- No usar cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición.



• No usar en atmósferas cuyo contenido de oxígeno sea menor a 19.5 %.

• No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones IDLH (inmediatamente peligrosas para la vida y la salud).

Limitaciones de uso

Aprobado para protección respiratoria contra polvos (incluyendo carbón, algodón, aluminio, trigo, hierro y sílice producidos principalmente por la desintegración de sólidos durante procesos industriales tales como: esmerilado, lijado, trituración y procesamiento de minerales y otros materiales) y neblinas a base de líquidos no aceitosos.

• No usar en atmósferas que contengan vapores y gases tóxicos, Asbestos o polvo proveniente de lavado con chorro de arena, en exposición directa.

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica.

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal, pérdida o daños ya sean directos o consecuentes del mal uso de este producto.

Antes de ser usado, se debe determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

Empaque

Piezas / Caja	Caja / Cartón	Piezas / Cart.
10	8	80

Para mayor información:

3 Centro de Atención al Consumidor

600-300-3636

E-mail: atencionconsumidor@3m.com

Respirador 8210 (N95)

Ficha Técnica



■ Descripción

El respirador libre de mantenimiento 3M 8210 brinda una efectiva, confortable e higiénica protección respiratoria contra partículas sólidas y líquidas sin aceite. Es fabricado con un Medio Filtrante Electrostático Avanzado, novedoso sistema de retención de partículas que permite mayor eficiencia del filtro con menor caída de presión. Su forma convexa, el diseño de sus bandas elásticas, la espuma de sellado y el clip de aluminio para el ajuste a la nariz aseguran un excelente sello adaptándose a un amplio rango de tamaños de cara.

■ Aplicaciones

Triturado
Lijado
Aserrado
Carpintería
Empacado
Cementos
Construcción
Agroquímicos
Minería
Alimenticia

■ Instrucciones de Uso

No usar cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición.

No usar en atmósferas cuyo contenido de oxígeno sea menor a 19.5 %.

No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones IDLH (inmediatamente peligroso para la vida y la salud).

No usar en atmósferas que contengan vapores y gases tóxicos, asbestos o polvo proveniente de lavado con chorro de arena, en exposición directa.

■ Aprobaciones

Certificado por (National Institute for Occupational Safety And Health) el NIOSH de Estados Unidos bajo la especificación N95 de la norma 42CFR84.

Aprobado para protección respiratoria contra polvos (incluyendo carbón, algodón, aluminio, trigo, hierro y sílice, producidos principalmente por la desintegración de sólidos durante procesos industriales tales como: esmerilado, lijado, trituración y procesamiento de minerales y otros materiales) y neblinas a base de líquidos no aceitosos.

■ Características

Cintas elásticas: Elastómero color amarillo.
Clip metálico: Aluminio.
Espuma interna: Poliuretano.
Elemento filtrante: Tela no tejida de polipropileno y poliéster.
Peso aprox.: 10gms.
Color: Blanco.

■ Empaque

Pieza/Caja	Caja/Cartón	Piezas/Cartón
20	8	160

■ Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica. Ante esto, el cliente deberá presentar su inquietud a nuestro call center (600-300-3636), quienes le informaran como proceder según sea el caso (devolución, reembolso, reemplazo, etc.).

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal pérdida o daños ya sean directos o consecuentes que resulten del uso de este producto.

Antes de usarlo, el usuario deberá determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

Tapones Auditivos 1100

Ficha Técnica



Descripción

Los tapones protectores auditivos desechables 1100 son fabricados con materiales hipoalergénicos, brindan una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los 85 dB(A) por jornada de trabajo de 8 hrs.

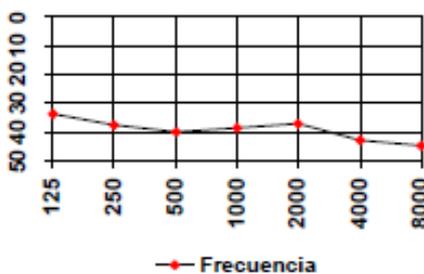
Su forma cónica y su superficie perfectamente lisa han sido específicamente diseñadas para adaptarse cómodamente a la mayoría de los canales auditivos, el color naranja del tapón 1100 permite una fácil visualización y comprobación de uso en los lugares de trabajo.

Aplicaciones

Los tapones auditivos 1100 pueden utilizarse en aquellas industrias donde exista riesgo de exposición a ruido, tales como construcción, procesos de maderas, metalurgia, o donde existan motores o turbinas. los protectores auditivos 1100 están recomendados especialmente en condiciones de trabajo donde exista humedad o calor.

Atenuación

Valores medios de atenuación para tapones auditivos 1100 según lo establecido en la norma ANSI S3.19-1974



Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NRR
Atenuación en el oído (dB(A))	33.9	37.7	39.8	38.5	37.6	41.9	42.7	29
Desviación estándar	4.7	5.5	5.6	4.8	3.1	3.8	3.4	4.6

La tasa de reducción de ruido (NRR) calculada a partir de los valores de atenuación es de 29dB, cuando los tapones están correctamente colocados.

De acuerdo a Norma Europea el SNR es de:37dB;
H: 37dB - M: 34dB - L: 31dB

Recomendaciones de Uso

El nivel de ruido que entra al oído de una persona, cuando usa el protector auditivo según las instrucciones, es muy cercano a la diferencia entre el nivel de ruido ambiental compensado en A y la tasa de reducción de ruido (NRR).

Ejemplo.

- 1.- El nivel de ruido ambiental medido en el oído es de 92 dBA.
- 2.- El NRR es de 29 decibeles (dB).
- 3.-El Nivel de ruido que entra al oído es aproximadamente de 63 dBA.

Garantía

La única responsabilidad del vendedor o fabricante será la de reemplazar la cantidad de este producto que se pruebe ser defectuoso de fábrica. Ante esto, el cliente deberá presentar su inquietud a nuestro call center (600-300-3636), quienes le informaran como proceder según sea el caso (devolución, reembolso, reemplazo, etc.).

Ni el vendedor ni el fabricante serán responsables de cualquier lesión personal pérdida o daños ya sean directos o consecuentes que resulten del uso de este producto.

Antes de usarlo, el usuario deberá determinar si el producto es apropiado para el uso pretendido y el usuario asume toda responsabilidad y riesgo en conexión con dicho uso.

Garantía

Pieza/Bolsa	Bolsa/Caja	Pieza/Caja
100	5	500

1. DESCRIPCIÓN

Este equipo evaluador de CO₂ y Ruido, al ser portátil realiza mediciones en el sitio requerido, por lo que para realizar las mediciones se lo debe colocar en un lugar seguro y a la altura promedio del oído de las personas a ser evaluadas.

El evaluador de CO₂ y ruido se muestra en la figura 1.

Los sensores se encuentran firmemente adheridos al instrumento con total seguridad y firmeza, los mismos que usan una tecnología de circuito integrado, siendo precisos y estables.

El equipo funciona con baterías recargables, una pantalla de cristal líquido para la visualización de datos como son los decibeles, la concentración de CO₂, la hora y fecha.

Figura 1. Evaluador de ruido y CO₂



En el equipo se ha implementado cuatro botones para las funciones de control, cinco switch, dos para las aplicaciones del sonómetro y tres para el encendido y apagado de las respectivas aplicaciones como la luz del LCD, encendido/apagado del ventilador y el encendido/apagado principal del dispositivo. Además se integra una conexión RS232 para transferir los datos al PC, y un pin de carga para las baterías.

1.1. SENSORES

Los sensores empleados son un sensor de ruido y un sensor de CO₂ los mismos que se indican a continuación en la figura 2.

Sensor de ruido: Ubicado en la parte frontal del dispositivo, consiste en un micrófono tipo electret.

Sensor de CO₂: Ubicado en la parte superior no se puede ver directamente, ya que en su parte superior se encuentra el ventilador que es el encargado de absorber el aire del ambiente.

Figura 2. Bloque de sensores



1.2.- ESTRUCTURA DEL MENÚ

La interface del operador del instrumento evaluador está basada en las opciones que ofrece el menú a través de cuatro botones y cinco switch colocados en la parte frontal y posterior del instrumento (figura 3).

Se utiliza la combinación de botones del panel para operar el instrumento.

Figura 3. Panel Frontal



Las funciones de los botones y switch son las siguientes:



Se usan para incrementar o disminuir los valores ajustables como son la hora y la fecha.



El botón “OP/ DESC” se usa para visualizar las opciones que ofrece el instrumento.



Permite avanzar al momento de ajustar los datos o visualizar las mediciones.



Este switch permite encender la luz de fondo de la pantalla de cristal líquido.



Este switch permite activar uno de los dos rangos implementados del dispositivo, ya sea el bajo que va de 35 a 80 dB o el alto que va desde 80 a 125 dB.

IMPORTANTE: Antes de iniciar las mediciones de preferencia poner en rango bajo si tiene que cambiar de rango aparecerá un mensaje en la pantalla del LCD.



Este switch permite activar uno de los dos filtros implementados del dispositivo, ya sea el filtro A que se asemeja al oído humano (exponencial) o el filtro C que es casi lineal.



Este switch permite activar el ventilador para el ingreso de una muestra de aire al sensor de CO₂.

IMPORTANTE: Esperar cinco minutos hasta que se estabilice la señal del sensor para luego encender el ventilador.

1.3.- SALIDA RS232

El instrumento está provisto de una salida RS232, y un cable convertidor USB - serial para más facilidad de conexión a la PC (figura 4). La salida serial se encuentra en la parte posterior del instrumento.

Figura 4. Cable convertidor USB - serial



1. FUNCIONAMIENTO

El instrumento es sensible ya que costa de diferentes elementos electrónicos, no se debe exponer a excesiva humedad, vibraciones, golpes y altas temperaturas.

2.1. PREPARACIÓN PARA SU USO

2.1.1 Alimentación

La alimentación del instrumento se efectúa por medio de dos baterías recargables.

2.1.2 Encendido

El encendido del instrumento se hace por medio del switch ubicado en la parte posterior.

Encendido el instrumento, una pantalla de bienvenida se presentará. A continuación se visualiza la fecha y hora, si anteriormente han sido configurados, caso contrario en la pantalla permanecerá el mensaje “EVALUADOR DE CO₂ Y RUIDO”

En el caso de no aparecer la hora y fecha al momento de encender el equipo refiérase al procedimiento siguiente.

2.1.3 Configuración de la Fecha y Hora

Para realizar la configuración de la fecha y hora el procedimiento es el siguiente:

1. Presionar la tecla “**OP/ DESC**” dos veces se tendrá acceso a la configuración de la hora y fecha, apareciendo en primera instancia la opción para configurar la hora, con los botones ▲▼ se incrementa o decrementa los valores hasta obtener el valor deseado, para aceptar este valor se presiona el botón **OK/SELEC**.
2. Seguido aparecerá la opción para configurar los minutos, se selecciona el valor deseado.
3. El procedimiento se repite con la fecha.
4. Una vez ingresado los valores correspondientes presionar **OK/SELEC**, hasta obtener en la pantalla el mensaje “SINCRONIZADO...”.

De esta forma el instrumento está listo para realizar las mediciones, aparece una pantalla con la fecha y la hora actuales.

ANEXO Y	MANUAL DE OPERACIÓN	6-11
<p>2.1.4 Medición</p> <p>El instrumento está diseñado para realizar mediciones durante una jornada de trabajo de 8 horas, el instrumento inicia el registro de datos a partir de las 8:00 hasta las 16:00, los periodos de almacenamiento son de 15 minutos entre cada lectura.</p> <p>IMPORTANTE: El instrumento debe colocarse en el lugar donde se realizará las mediciones, por lo menos cinco minutos antes de iniciarse el registro de los datos. Con el objetivo de estabilizar el sistema para realizar las mediciones.</p> <p>Al presionar el botón OK/SELEC aparece los valores de ruido que viene dado en decibeles(dB), presionando una vez más la tecla de avance se visualiza los valores de concentración de CO₂ que viene dado en partes por millón (ppm).</p> <p>IMPORTANTE: Luego de cada período de medición se debe guardar los datos en una PC a través del software, de lo contrario se perderán los datos almacenados en la memoria al iniciar un nuevo período de medición.</p> <p>2.1.5 Transmisión de Datos</p> <p>Conecte el cable de transmisión de datos al instrumento.</p> <p>Presionando el botón OP/ DESC aparece el mensaje “DESCARGAR DATOS”. En este momento el instrumento está listo para enviar los datos almacenados en la memoria por medio del puerto serial al PC, esperando únicamente la señal proveniente del software, para enviar los datos almacenados en la memoria.</p> <p>2.1.6 Recarga de Baterías</p> <p>El tiempo de recarga de las baterías es de 12 horas aproximadamente, una batería cargada tiene un período de duración de 48 horas</p> <p>IMPORTANTE: La recarga se la debe realizar con el equipo evaluador apagado.</p> <p>3. SOFTWARE DE APLICACIÓN</p> <p>El software de aplicación está desarrollado con la finalidad de descargar los datos a una PC y presentarlos para el análisis gráfico.</p>		

Una vez instalado el software, verificar en el disco C si se ha creado una carpeta con el nombre “Datos Recolectados”, caso contrario crearla manualmente, en esta carpeta se almacenarán los archivos de las mediciones realizadas con anterioridad.

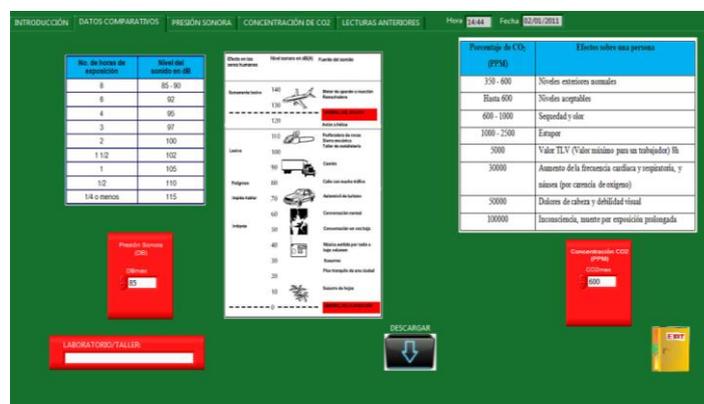
3.1 RECIBIENDO DATOS

1. Inicie la aplicación por medio del menú inicio de su computador. O en el icono ubicado en el escritorio.
2. Conecte el instrumento a la PC a través del cable provisto para esta tarea. Asegúrese de colocar el instrumento en la opción de descargar Datos
3. Iniciada la aplicación se tiene una pantalla de presentación, visualizándose también las diferentes pestañas que contiene el programa
4. Presionar la pestaña DATOS COMPARATIVOS, en esta se encuentran tablas con los valores referenciales permitidos de ruido y CO₂, en esta ventana se debe introducir el valor tolerable en las casillas respectivas, tomando como referencia las tablas, también especificar el lugar en donde se van a realizar las mediciones.
5. Y por último para descargar los datos presionar el icono de descarga



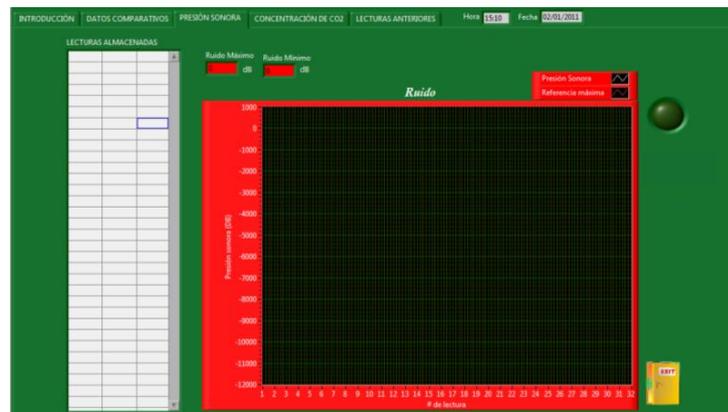
(figura 5).

Figura 5. Ventana de ingreso de datos

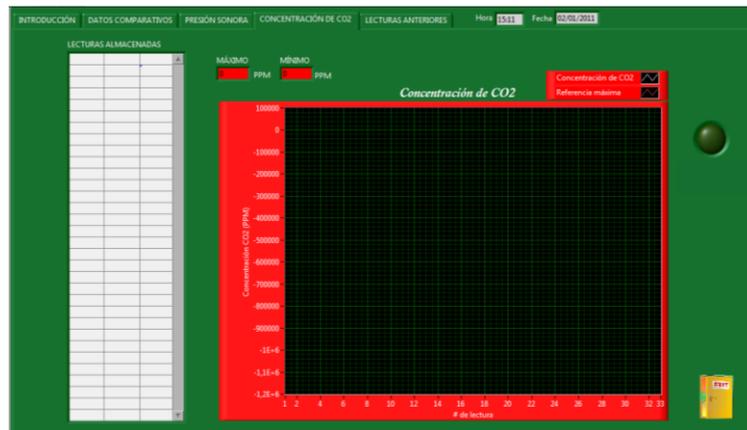


6. Al presionar la pestaña PRESIÓN SONORA, se muestra una tabla la misma que se llenará automáticamente con los datos registrados como son la hora, fecha y ruido de las mediciones realizadas, con los datos de ruido se obtendrá un gráfico que muestra el comportamiento del mismo. En la misma ventana se observara los valores de ruido máximo, mínimo y promedio, y una luz que se encenderá cuando el valor de ruido haya sobrepasado el valor de referencia impuesto en la ventana anterior. (Figura 6).

Figura 6. Ventana de Presión Sonora

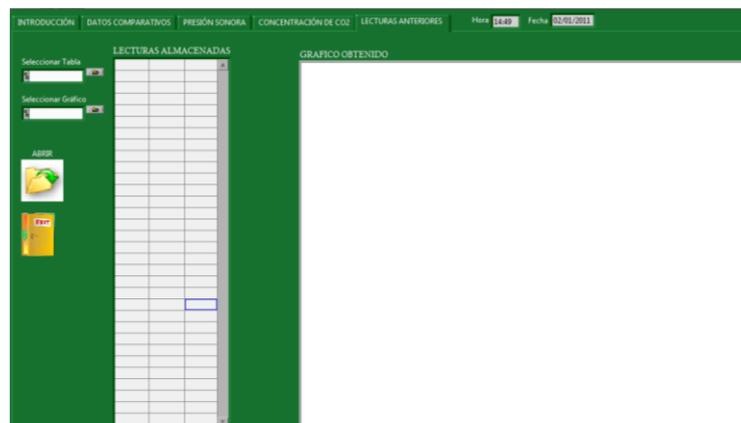


7. Al presionar la pestaña CONCENTRACIÓN DE CO₂, se muestra una tabla la misma que se llenará automáticamente con los datos registrados como son la hora, fecha y concentración de CO₂ de las mediciones realizadas, con los datos de concentración se obtendrá un gráfico que muestra el comportamiento del CO₂. En la misma ventana se observara los valores de concentración de CO₂ máximo, mínimo y promedio, y una luz que se encenderá cuando el valor de concentración de CO₂ haya sobrepasado el valor de referencia impuesto en la ventana de datos comparativos. (Figura 7)

Figura 7. Ventana de Concentración de CO₂

8. Un archivo en formato Excel con los datos de la tabla y el gráfico, que contiene las mediciones se creará en la carpeta Datos Recolectados que se creó con anterioridad.
9. En la pestaña LECTURAS ANTERIORES, se muestra dos pestañas para la selección de la tabla y la gráfica anteriormente guardados, una vez seleccionados dar click en el icono ABRIR  y se observara los datos seleccionados (Figura 8)

Figura 8. Ventana de Lecturas Anteriores



ANEXO Y	MANUAL DE OPERACIÓN	10-11
<p>4. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN</p> <p>Ruido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Encienda el equipo con el swicht ON/OFF que se encuentra en la parte posterior del mismo. 2. Coloque el selector de en la posición A o C. 3. El micrófono del equipo evaluador estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. 4. Mantenga el sonómetro en forma horizontal y apunte el micrófono hacia la fuente sonora a medir 5. Elegir el rango con el selector. 6. Seleccionar la opción para se visualiza en la pantalla el nivel sonoro. <p>CO₂</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizado el paso uno descrito para el ruido esperar 10 minutos hasta que se estabilice el sensor de CO₂ 2. encender el ventilador 3. Seleccionar la opción que permitirá visualizar en la pantalla la concentración. <p>Descarga de Datos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el cable de comunicación entre el equipo y el computador. 2. En el equipo seleccionar la opción Descargar 3. En el software dar clic en Descargar, esperar unos segundos mientras se transfieren los datos. 4. Observar los datos en las pestañas PRESIÓN SONORA Y CONCENTRACIÓN DE CO₂ para realizar el diagnóstico respectivo. 5. Para poder observar datos anteriores ir a la pestaña LECTURAS ANTERIORES y seleccionar los datos a abrir. 		

Para abrir tablas ir a:

C:\Datos recolectados\Ruido\Tablas\

C:\Datos recolectados\CO2\Tablas\

Para abrir gráficos ir a:

C:\Datos recolectados\Ruido\Gráficos\

C:\Datos recolectados\CO2\Gráficos\

BATERÍAS

Recargar las baterías después del uso.

5. MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

- Mantener el panel frontal libre de impurezas como grasa o aceite.
- Periódicamente llevar al equipo al consumo total de la batería, para alargar la vida útil de las mismas.
- Evitar los golpes y caídas del equipo.
- Luego de cada medición limpiar el instrumento, para evitar que se acumule polvo en la superficie.

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	1-8
<pre> program sonometro dim segu, minu, hora, dias, diaf, mes, anio, cont, m as byte dim idias, idiaf, imes, ianio as byte dim isegu, iminu, ihora as short dim x, OP as byte dim co1, co2, co3, co4, co5, mem, db1, db2, db3, db4 as byte dim y as byte dim b, bitco, co, db, contm, k as word dimd bm, c1 as float dim txt as string[4] dim tm as char[2] const mw = %10100000 const mw1 = %10100010 const mr = %10100001 const dia as byte[10] = (08,09,10,11,12,13,14,15,16,17) sub procedure leer_rtc() I2C_init(100000) I2C_start I2C_wr(\$D0) I2C_wr(0) I2C_Repeated_Start I2C_wr(\$D1) segu = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) minu = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) hora = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) dias = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) diaf = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) mes = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) anio = Bcd2Dec(I2C_rd(0)) I2C_stop end sub sub procedure Byte To String(dim data as byte, dim byref text as char[2]) dimstr Data as char[3] Byte To Str (data, str Data) text[0] = str Data[1] text[1] = str Data[2] text[2] = 0 if text[0] = 32 then text[0] = "0" end if end sub sub procedure Display Data(dim row as byte, dim col as byte, dim data as byte) dim text as char[2] </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	2-8
<pre> Byte To String(data, text) Lcd_out (row, col, text) end sub sub procedure Display Date Time() if x=0 then if (m=0) or (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or (segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or (segu=55) then lcd_cmd (lcd_clear) lcd_out (1,1,"Hora:") Display Data (2,1, hora) lcd_out(2,3,":") DisplayData (2,4, minu) lcd_out (1,9,"Fecha:") Display Data (2,9, diaf) DisplayData (2,12, mes) Display Data (2,15, anio) lcd_out (2,11,"/") lcd_out(2,14,"/") end if end if end sub sub procedure ruido() IF x=1 THEN if (m=0) or (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or (segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or (segu=55) then b=adc_read(0) if (b>=95) and (b<=135) then db=(12.19*b)+2341.95 if (b>=486) and (b<566) then '566 db=(12.24*b)+2072.16 End if db1=db div 10000 db2=(db div 1000) mod 10 db3=(db div 100) mod 10 db4=(db div 10) mod 10 if (b>=369) and (b<=485) then LCD_Cmd (lcd_clear) LCD_Out(1,3,"SELECCIONAR") LCD_Out (2,6,"RANGO") end if LCD_Cmd (lcd_clear) LCD_Out (1,2,"Presion sonora") LCD_Out (2,10,"db") lcd_chr (2,4,48+db1) lcd_chr (2,5,48+db2) lcd_chr (2,6,48+db3) </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	3-8
<pre> LCD_Out(2,7, ".") lcd_chr(2,8,48+db4) END if END IF end sub sub procedure gas_co2() if x=2 then if (m=0) or (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or (segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or (segu=55) then bitco = adc_read(2) if (bitco>=544)and(bitco<=694) then c1=(4.5404-(0.0047*bitco))/0.5026 co=pow(10,c1) co1=co div 10000 co2=(co div 1000) mod 10 co3=(co div 100) mod 10 co4=(co div 10) mod 10 co5=(co div 1) mod 10 LCD_Cmd (lcd_clear) LCD_Out(1,2,"Concentracion") LCD_Out(2,2,"CO2") LCD_Out(2,12,"PPM") lcd_chr(2,6,48+co1) lcd_chr(2,7,48+co2) lcd_chr(2,8,48+co3) lcd_chr(2,9,48+co4) lcd_chr(2,10,48+co5) end if end if end sub sub procedure write_eeprom() I2C_Init(100000) I2C_Start I2C_Wr(mem) I2C_Wr(contm) I2C_Wr(hora) I2C_Wr(minu) I2C_Wr(segu) I2C_Wr(diaf) I2C_Wr(mes) I2C_Wr(anio) I2C_Wr(db1) I2C_Wr(db2) I2C_Wr(db3) I2C_Wr(db4) I2C_Wr(co1) I2C_Wr(co2) I2C_Wr(co3) I2C_Wr(co4) I2C_Wr(co5) I2C_Stop end sub sub procedure guardar_datos() dim h1, h2, h3, h4, h5, h6, h7, h8, h9, h10 as byte if ((hora>6) AND (hora<18)) then h1=dia[0] h2=dia[1] h3=dia[2] h4=dia[3] h5=dia[4] </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	4-8
<pre> h6=dia[5] h7=dia[6] h8=dia[7] h9=dia[8] h10=dia[9] end if if ((hora=h1) and (minu=00) and (segu=00)) then mem=mw contm=0 write_eeprom end if if ((hora=h1) and (minu=15) and (segu=00)) then mem=mw contm=16 write_eeprom end if if ((hora=h1) and (minu=30) and (segu=00)) then mem=mw contm=32 write_eeprom end if if ((hora=h1) and (minu=45) and (segu=00)) then mem=mw contm=48 write_eeprom end if sub procedure interrupt Inc(cont) INTCON = \$90 end sub MAIN: lcd_config (portd,4,5,6,7, portd,3,2,1) lcd_cmd (lcd_cursor_off) lcd_cmd (lcd_clear) Lcd_out (1,7,"ESPE") Lcd_out (2,5,"LATACUNGA") Delay_ms (1000) lcd_cmd (lcd_clear) Lcd_out (1,3,"EVALUADOR DE") Lcd_out (2,4,"RUIDO Y CO2") Delay_ms (1000) TRISA=%11111111 TRISB=%01111111 </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	5-8
<pre> ADCON1=% 10000000 INTCON=% 10010000 INTCON2.6=1 dbm=0 cont=0 x=0 OP=1 y=0 WHILE TRUE IF Button(PORTB,2,200,0) then inc(OP) end if if Button(PORTB,1,200,0) then inc(x) m=0 end if IF (OP=1) and (cont=1) THEN if x>2 then x=0 end if leer_rtc Display Date Time ruido gas_co2 guardar_datos cont=0 delay_ms (50) END IF IF OP=2 THEN GOSUB Leer_datos end if IF OP=3 THEN GOSUB IGUALAR cont=0 end if if (OP>3) or (OP<1) then OP=1 m=0 end if Wend Leer_datos: k=0 x=0 lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Descargar Datos") delay_ms(200) USART_init(2400) if (Usart_Read=65) or (Button(PORTB,1,200,0)) then inc(x) end if if (x=1) then lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Descargando...") I2C_init(100000) I2C_start I2C_wr(mw) </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	6-8
<pre> I2C_wr(0) I2C_Repeated_Start I2C_wr(mr) for k=0 to 510 bytetostr(100+I2C_rd(1),tm) Usart_Write_Text(tm) next k bytetostr(100+I2C_rd(0),tm) Usart_Write_Text(tm) I2C_stop delay_ms(1000) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Procesado...") delay_ms(2000) reset end if RETURN IGUALAR: if Button(PORTB,1,200,0) then inc(x) end if if x>6 then x=0 end if select case x case 0 if Button (PORTB,3,100,0) then inc (ihora) end if if Button (PORTB,4,100,0) then dec (ihora) end if ifihora>23 then ihora=0 end if ifihora<0 then ihora=23 end if lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Hora:")'Hora lcd_out(1,7,"hh") lcd_out(1,9,":") lcd_out(1,10,"mm") DisplayData(2,7,ihora) case 1 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(iminu) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(iminu) end if ifiminu>59 then iminu=0 end if ifiminu<0 then iminu=59 end if isegu=00 idias=1 lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Hora:")'Hora lcd_out(1,7,"hh") lcd_out(1,9,":") lcd_out(1,10,"mm") DisplayData(2,7,ihora) lcd_out(2,9,":") DisplayData(2,10,iminu) </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	7-8
<pre> case 2 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(idiaf) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(idiaf) end if if idiaf>31 then idiaf=1 end if if idiaf<1 then idiaf=31 end if lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Fecha:")Fecha lcd_out(1,8,"dd") lcd_out(1,10,"/") lcd_out(1,11,"mm") lcd_out(1,13,"/") lcd_out(1,14,"aa") lcd_out(2,8,tdiaf) DisplayData(2,8,idiaf) case 3 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(imes) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(imes) end if if imes>12 then imes=1 end if if imes<1 then imes=12 end if 'bytetostring(imes,tmes) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Fecha:")Fecha lcd_out(1,8,"dd") lcd_out(1,10,"/") lcd_out(1,11,"mm") lcd_out(1,13,"/") lcd_out(1,14,"aa") lcd_out(2,8,tdiaf)lcd_out(2,10,"/") lcd_out(2,11,tmes) DisplayData(2,8,idiaf) lcd_out(2,10,"/") DisplayData(2,11,imes) case 4 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(ianio) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(ianio) end if if ianio>16 then ianio=10 end if if ianio<10 then ianio=16 end if lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Fecha:")Fecha lcd_out(1,8,"dd") lcd_out(1,10,"/") lcd_out(1,11,"mm") lcd_out(1,13,"/") lcd_out(1,14,"aa") DisplayData(2,8,idiaf) lcd_out(2,10,"/") DisplayData(2,11,imes) lcd_out(2,13,"/") DisplayData(2,14,ianio) case 5 lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Sincronizando...") I2C_init(100000) I2C_start I2C_wr(\$D0) I2C_wr(0) </pre>		

ANEXO Z	PROGRAMA DEL PIC	8-8
<pre>I2C_wr(Dec2Bcd(isegu)) I2C_wr(Dec2Bcd(iminu)) I2C_wr(Dec2Bcd(ihora)) I2C_wr(Dec2Bcd(idias)) I2C_wr(Dec2Bcd(idiaf)) I2C_wr(Dec2Bcd(imes)) I2C_wr(Dec2Bcd(ianio)) I2c_wr(\$10) I2C_stop delay_ms(1000) reset end select delay_ms(200) RETURN END</pre>		

TALLER DE METALMECÁNICA

Límites permitidos de ruido según el número de horas de exposición (Normativa Ecuatoriana 2393)

Nivel Sonoro/dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

Niveles Normales y Máximos de CO₂ sobre una persona

Porcentaje de CO ₂ (PPM)	Efectos sobre las personas
350 - 600	Niveles exteriores normales
Hasta 600	Niveles aceptables
600 - 1000	Sequedad y olor
1000 - 2500	Estupor
5000	Valor TLV (Valor máximo para un trabajador) 8h
30000	Aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, y náusea (por carencia de oxígeno)
50000	Dolores de cabeza y debilidad visual
100000	Inconsciencia, muerte por exposición prolongada

Estándar seguro establecido por la ASHRAE y por la OSHA: 1000 ppm.

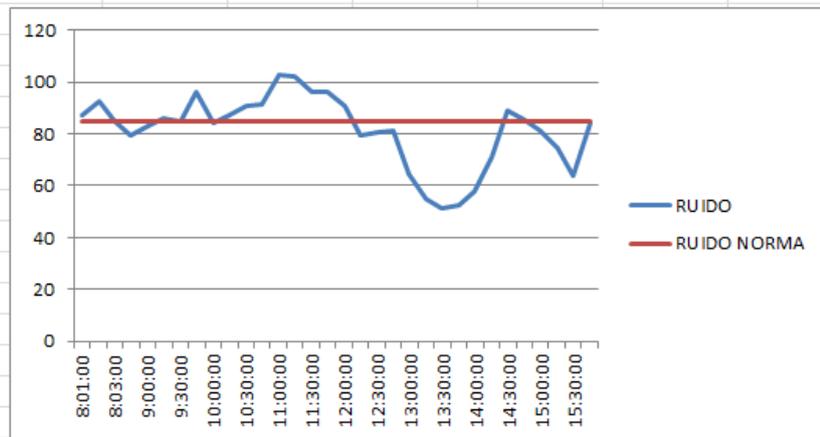
DATOS REGISTRADOS

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
MEDIDOR DE RUIDO Y CO₂
AREA: Taller de Metalmecánica

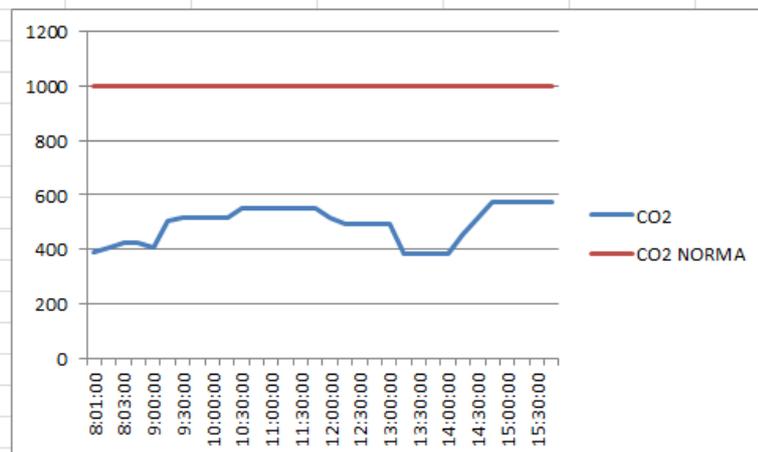
HORA	FECHA	RUIDO	CO ₂	RUIDO	CO ₂	CUMPLE NORMA RUIDO	CUMPLE NORMA CO ₂
8:01:00	02/12/2010	87,4	390	85	1000	NO	SI
8:02:00	02/12/2010	92,8	407	85	1000	NO	SI
8:03:00	02/12/2010	84,6	425	85	1000	SI	SI
8:04:00	02/12/2010	79,7	425	85	1000	SI	SI
9:00:00	02/12/2010	82,8	407	85	1000	SI	SI
9:15:00	02/12/2010	86,1	505	85	1000	NO	SI
9:30:00	02/12/2010	84,9	516	85	1000	SI	SI
9:45:00	02/12/2010	96,2	516	85	1000	NO	SI
10:00:00	02/12/2010	84,5	516	85	1000	SI	SI
10:15:00	02/12/2010	87	516	85	1000	NO	SI
10:30:00	02/12/2010	90,6	550	85	1000	NO	SI
10:45:00	02/12/2010	91,5	550	85	1000	NO	SI
11:00:00	02/12/2010	103	550	85	1000	NO	SI
11:15:00	02/12/2010	102	550	85	1000	NO	SI
11:30:00	02/12/2010	96,2	550	85	1000	NO	SI
11:45:00	02/12/2010	96,2	550	85	1000	NO	SI
12:00:00	02/12/2010	90,6	516	85	1000	NO	SI
12:15:00	02/12/2010	79,7	494	85	1000	SI	SI
12:30:00	02/12/2010	80,9	494	85	1000	SI	SI
12:45:00	02/12/2010	81,4	494	85	1000	SI	SI
13:00:00	02/12/2010	64,3	494	85	1000	SI	SI
13:15:00	02/12/2010	55,1	382	85	1000	SI	SI
13:30:00	02/12/2010	51,5	382	85	1000	SI	SI
13:45:00	02/12/2010	52,4	382	85	1000	SI	SI
14:00:00	02/12/2010	57,9	382	85	1000	SI	SI
14:15:00	02/12/2010	71,1	454	85	1000	SI	SI
14:30:00	02/12/2010	89,2	516	85	1000	NO	SI
14:45:00	02/12/2010	85,5	575	85	1000	NO	SI
15:00:00	02/12/2010	81	575	85	1000	SI	SI
15:15:00	02/12/2010	74,5	575	85	1000	SI	SI
15:30:00	02/12/2010	63,6	575	85	1000	SI	SI
15:45:00	02/12/2010	84,2	575	85	1000	SI	SI
V máx..		103	575				
V min.		51,5	382				
V prom.			490,74				

GRAFICOS

DATOS DE RUIDO



DATOS DE CO2



RESULTADOS

Ruido Limite: 85 dB
CO2 Limite: 1000 PPM

Nivel de presión sonora equivalente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}}$$

Dato1	Dato2	Dato3	Dato4	Tiempo de Exposición	Tiempo de Medida	Nivel de presión Sonora Equivalente
94,5	89,3	94,5	89,3	8	2	92,64

Dosis Diaria:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3}$$

Tiempo total de exposición	Tiempo permitido de exposición	Dosis Diaria calculada	Dosis diaria en porcentaje
8	4	2	100

CONCLUSIONES

La gráfica de análisis de ruido del taller de Metalmecánica muestra claramente que los valores picos sobrepasan la referencia de 85dBA establecido en la norma 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

El área de corte de material y el área de pulido del taller de Metalmecánica tienen una presión sonora de 98 a 103 dBA y 93.8 a 96.2 dBA respectivamente, los mismos que sobrepasan excesivamente los límites establecidos en la norma 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

La concentración de CO2 en el taller de Metalmecánica es de 575 PPM, cumple con lo estipulado por la ASHRAE y por la OSHA, manteniéndose por debajo de la referencia de 1000 PPM.

Con el cálculo del Nivel de presión sonora equivalente y la dosis diaria se observa que el área de trabajo no es adecuado para laborar 8 horas diarias.

TALLER DE METALMECÁNICA

Límites permitidos de ruido según el número de horas de exposición (Normativa Ecuatoriana 2393)

Nivel Sonoro/db (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

Niveles Normales y Máximos de CO₂ sobre una persona

Porcentaje de CO ₂ (PPM)	Efectos sobre las personas
350 - 600	Niveles exteriores normales
Hasta 600	Niveles aceptables
600 - 1000	Sequedad y olor
1000 -2500	Estupor
5000	Valor TLV(Valor máximo para un trabajador) 8h
30000	Aumento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, y náusea (por carencia de oxígeno)
50000	Dolores de cabeza y debilidad visual
100000	Inconsciencia, muerte mor exposición prolongada

Estándar seguro establecido por la ASHRAE y por la OSHA: 1000 ppm.

DATOS REGISTRADOS

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

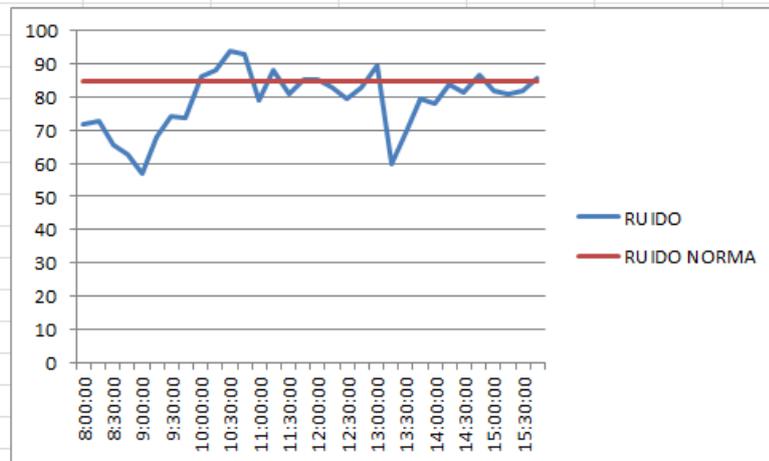
MEDIDOR DE RUIDO Y CO₂

AREA: Taller de Metalmecánica

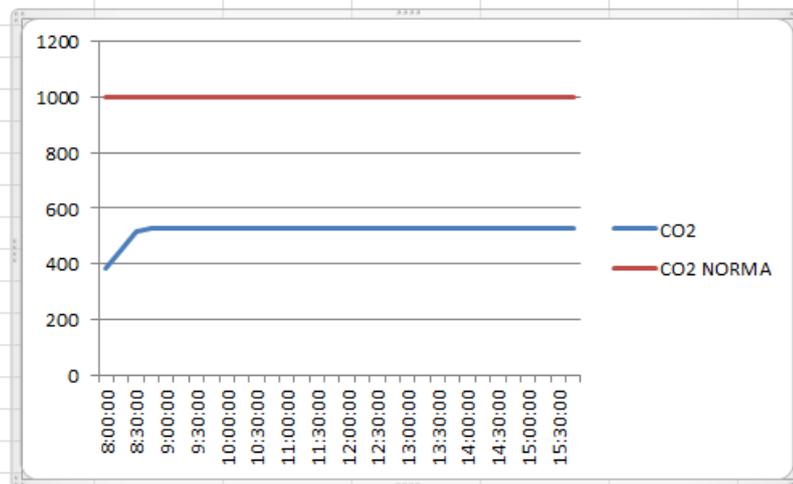
HORA	FECHA	RUIDO	CO ₂	RUIDO	CO ₂	CUMPLE NORMA RUIDO	CUMPLE NORMA CO ₂
8:00:00	03/12/2010	72	382	85	1000	SI	SI
8:15:00	03/12/2010	72,6	454	85	1000	SI	SI
8:30:00	03/12/2010	65,4	516	85	1000	SI	SI
8:45:00	03/12/2010	62,5	529	85	1000	SI	SI
9:00:00	03/12/2010	57,1	529	85	1000	SI	SI
9:15:00	03/12/2010	67,8	529	85	1000	SI	SI
9:30:00	03/12/2010	74,1	529	85	1000	SI	SI
9:45:00	03/12/2010	73,7	529	85	1000	SI	SI
10:00:00	03/12/2010	86,1	529	85	1000	NO	SI
10:15:00	03/12/2010	88,1	529	85	1000	NO	SI
10:30:00	03/12/2010	93,9	529	85	1000	NO	SI
10:45:00	03/12/2010	92,8	529	85	1000	NO	SI
11:00:00	03/12/2010	79,2	529	85	1000	SI	SI
11:15:00	03/12/2010	88,1	529	85	1000	NO	SI
11:30:00	03/12/2010	80,9	529	85	1000	SI	SI
11:45:00	03/12/2010	85,5	529	85	1000	NO	SI
12:00:00	03/12/2010	85,2	529	85	1000	NO	SI
12:15:00	03/12/2010	82,7	529	85	1000	SI	SI
12:30:00	03/12/2010	79,4	529	85	1000	SI	SI
12:45:00	03/12/2010	83,1	529	85	1000	SI	SI
13:00:00	03/12/2010	89,8	529	85	1000	NO	SI
13:15:00	03/12/2010	60	529	85	1000	SI	SI
13:30:00	03/12/2010	69,3	529	85	1000	SI	SI
13:45:00	03/12/2010	79,3	529	85	1000	SI	SI
14:00:00	03/12/2010	78,3	529	85	1000	SI	SI
14:15:00	03/12/2010	83,9	529	85	1000	SI	SI
14:30:00	03/12/2010	81,4	529	85	1000	SI	SI
14:45:00	03/12/2010	86,7	529	85	1000	NO	SI
15:00:00	03/12/2010	82,1	529	85	1000	SI	SI
15:15:00	03/12/2010	81	529	85	1000	SI	SI
15:30:00	03/12/2010	82,1	529	85	1000	SI	SI
15:45:00	03/12/2010	85,8	529	85	1000	NO	SI
V máx..		93,9	529				
V min.		57,1	382				
V prom.			521,419355				

GRAFICOS

DATOS DE RUIDO



DATOS DE CO2



RESULTADOS

Ruido Limite: 85 dB
CO2 Limite: 1000 PPM

Nivel de presión sonora equivalente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}}$$

Dato1	Dato2	Dato3	Dato4	Tiempo de Exposición	Tiempo de Medida	Nivel de presión Sonora Equivalente
85,6	84,5	85,6	84,5	8	2	85,08

Dosis Diaria:

$$D = \frac{c_1}{T_1} + \frac{c_2}{T_2} + \frac{c_3}{T_3}$$

Tiempo total de exposición	Tiempo permitido de exposición	Dosis Diaria calculada	Dosis diaria en porcentaje
8	8	1	0

CONCLUSIONES

La gráfica de análisis de ruido de Carpintería muestra claramente que los valores picos sobrepasan la referencia de 85dBA establecido en la norma 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

El área de preparación de madera y el área de armado de la Carpintería tiene una presión sonora de 85 a 96 dBA y de 75 a 80 dBA respectivamente, determinando que el área de preparación de madera incumple con la normativa 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

La concentración de CO2 en el taller de Carpintería es de 529 PPM, cumple con lo estipulado por la ASHRAE y por la OSHA, manteniéndose por debajo de la referencia de 1000 PPM.

Con el calculo del Nivel de presión sonora equivalente y la dosis diaria se observa que le área de trabajo es adecuado para laborar 8 horas diarias

Latacunga, Enero 2011

El presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por:

Crespo Yáñez Diego

CI: 0502918410

Guilcamaigua Maisincho Betty

CI: 0503135238

Ing. Mario Jiménez

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Dr. Eduardo Vásquez

SECRETARIO ACADÉMICO