



**VII/CE-C3-01**

## **Evaluación Acústica de una Central Hidroeléctrica**

**Carlos Manuel Yorg Rojas, MSc.**

**Itaipu Binacional**

**Paraguay**

### **RESUMEN**

Este documento presenta una evaluación y el mapeamiento del ruido existente en una Central hidroeléctrica [1]. Fueron hechas 101 mediciones de niveles de presión sonora en 74 puntos de trabajo donde se tiene la mayor exposición del trabajador durante el mantenimiento. 25% de las medidas han presentado valores iguales o mayores a 85dB(A), y 81 % fueron iguales o mayores al 65 dB(A).

De la evaluación del ruido en el campo y de la elaboración del mapa acústico de las áreas de trabajo, se pudo declarar que en la central hidroeléctrica se tiene lugares donde el nivel de presión sonora es más alta que 85dB(A), siendo este valor el límite para la seguridad a la salud del trabajador, según la norma brasileña - NR15 en su ANEXO 1 [2], mientras que acorde a la Norma de Higiénico Ocupacional NHO-01 [3] y a la norma NBR 10152 [4] sobre niveles del ruido para el Confort acústico, del Brasil, que establece en 65dB(A) como valor límite aceptable para el confort de los trabajos, acorde a la norma NR17 [5].y según indicado en la curva de NC para la evaluación del ruido, no debe ser superior a 60dB(A).

Fueron realizados análisis de los diferentes tipos de equipos de protección individual utilizados en la empresa, siguiendo los criterios establecidos por la norma DIN-EN-458 [6] que nos dio como resultado que los protectores auriculares usados en la compañía satisfacen las normas de la seguridad individual, el uso de la norma alemana fue porque permite hacer un análisis cuantitativo y cualitativo del protector para cada condición de trabajo utilizando el método de bandas de octava.

Los grupos de trabajo del mantenimiento son siempre los mismos y permanentes, no existiendo rotación de la actividad debido a la especialización requerida a cada empleado que ejecuta el mantenimiento, esta permanencia en la actividad induce al trabajador a que sea expuesto sistemáticamente a los mismos niveles de presión sonora durante los once meses del año, siendo que en cierto período del mantenimiento los días de trabajo son prolongados a más de 8 horas por día debido a que los mantenimientos cuentan con restricciones en el tiempo para su ejecución.

## **PALABRAS CLAVES**

Ruido, nivel de presión sonora, pérdida auditiva, protector auricular.

### **1. 0 - INTRODUCCIÓN**

Las Centrales Hidroeléctricas así como las termoeléctricas cuentan con equipos que emiten ruidos por tratarse de equipos rotativos. En el caso de Itaipu Binacional, cuenta con equipos instalados de gran tamaño, lo que conlleva presencia de efectos acústicos también de consideración.

Las estructuras civiles construidas en hormigón armado, dispuesta en forma de galerías, no han sido proyectadas buscando la reducción de emisión de ruidos, existiendo una propagación y superposición de los efectos acústicos en las galerías.

La estructura organizacional de la empresa esta hecha de tal forma que un individuo siempre cumple la misma función y en locales similares, de modo que se expone reiteradas veces a niveles de presión sonora similares.

La jornada de trabajo, en condiciones excepcionales superan las 8 horas de trabajo, y por más de 5 días continuos.

De ahí que, investigar los locales de trabajo constante y obtener el espectro de frecuencias predominantes, los niveles de presión sonora según los enfoques establecidos en la Norma Brasileña NBR-10152 referente a niveles de ruido compatibles con el confort acústico para un ambiente de trabajo administrativo.

Según Miyakita y Ueda [7], valores estimados de trabajadores que han presentado resultados positivos de pérdidas auditivas de más de 40 dB a causa de ruido ocupacional son alrededor de 780.000 en fábricas, 410.000 en la construcción y 360.000 en la agricultura.

Como resultado alarmante, según Rabinowitz [8], muestra que el número de personas expuestas a ruidos ocupacionales elevados y con riesgo para la salud ha aumentado a 30 millones de americanos.

Existen cuatro factores de primer orden que determinan el riesgo de pérdida auditiva:

Nivel de presión sonora.

Tipo de ruido.

Tiempo de exposición al ruido.

Edad.

La mayoría de los Organismos encargados de la salud ocupacional establecen sus criterios sobre la base del nivel de presión sonora (primer factor de riesgo), es decir, al aumento del umbral de audición a distintas frecuencias y generalmente, en España las medidas para contrarrestar los efectos del ruido ocupacional se establecen a partir de 85 dB(A) (nivel establecido por la legislación vigente

### **2.0 – LOCALES DE MEDICIONES ACÚSTICAS**

Las mediciones acústicas se realizaron del día 8 al día 15 de enero de 2002, en periodos de la mañana y de la tarde, siendo que la temperatura media de los locales de medición oscilaba entre 27 y 30 °C. Previamente fue hecha la programación de los locales a ser mapeados, para que estos locales sean los frentes de trabajo de interés de cada grupo de trabajo, se realizó una presentación del programa de investigación a todos los gerentes del

departamento de mantenimiento, con el objetivo de buscar apoyo para realizarlos, así como para determinar los locales de trabajo acorde a cada división de mantenimiento. Cabe resaltar que los locales de medición fueron indicados por los jefes o responsables de turno de cada división de mantenimiento. Para la elección de los locales se tuvo en cuenta:

Área de trabajo,  
Tiempo de permanencia en el local,  
Niveles de ruido.

### **3.0 EQUIPAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN:**

Fue programado realizar las mediciones con equipos de reconocida característica necesaria par un trabajo técnico de nivel internacional tanto en el grado de error permitido como en la factibilidad de ser comparado con otros estudios. Fueron utilizados: Analizador marca Brüel&Kjær clase 1, Medidor de presión sonora tipo 2238 Mediator marca Brüel&Kjær clase 1, Calibrador acústico B&K 4231, Programa para evaluación ocupacional B&K 7825.y 7815. Se realizaron calibraciones previas a las lecturas, conforme establece la norma ISO 1999:1990 [9] para la evaluación de los efectos del ruido sobre la salud.

### **4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se realizaron 101 mediciones acústicas en 74 locales de trabajo, siendo que en algunos puntos se realizaron hasta tres mediciones con distintos tiempos de duración, teniendo como objetivo verificar la característica de los ruidos para distintas duraciones, así como, se utilizaron para el mismo local dos tipos de instrumentos, el BK2260 y el BK2238. Los resultados de las mediciones de  $L_{Aeq}$  por local de trabajo se presentan en la TABLA 1, siguiendo el criterio de clasificar por cotas los locales de trabajo, criterio adoptado dentro de la empresa.

Las mediciones se analizaron utilizando dos programas computacionales de la marca Brüel&Kjær por un lado el *Protector Type 7825* y el *Noise Explorer Type 7815*, estos programas permiten evaluar los locales de trabajo en función a las mediciones de niveles de presión sonora registrados en los equipos BK2260 y BK2238, grupos homogéneos de trabajo, y tiempo de exposición por jornadas de trabajo. Se resalta la verificación de puntos de trabajo con niveles de presión sonora de riesgo para la salud cuando para el empleado que no utiliza protector auricular o lo usa en forma inadecuada, sea por desconocimiento o por propia intención de usarlo erradamente.

#### **4.1 Mediciones de $L_{Aeq}$ por áreas de trabajo**

En la TABLA I, se presenta un resumen de las Lecturas realizadas según el local de trabajo, estas mediciones se realizaron con los instrumentos BK2260 y BK2238, y luego descargados para su análisis con los programas BK7815 Y BK7825.

El criterio de clasificación fue conforme a las Cotas de localización de las áreas de trabajo. Trabajo similar fue realizado en una Central Termoeléctrica Cubana Sexto [10], presenta los resultados según la Cota de localización. El siguiente criterio utilizado fue indicar la división responsable por el mantenimiento que trabaja en dicho local, además del equipo o máquina que opera en ese lugar.

Las identificaciones de las divisiones con:

SMMA.DT = División de mantenimiento de servicios auxiliares;

SMMC.DT = División de mantenimiento civil e industrial;

SMME.DT = División de mantenimiento electrónico;  
 SMMG.DT = División de mantenimiento de equipos de generadores;  
 SMMT.DT = División de mantenimiento de equipos de transmisión.  
 SMMU.DT = División de mantenimiento mecánicos de unidades generadoras

**Tabla I: Mediciones de LAeq por locales de trabajo**

Locales de Mediciones	L <sub>Aeq</sub>	Locales de Mediciones	L <sub>Aeq</sub>
Cota 214 - CTM U06 Bomba parada	67,0	Cota 98 - Sala SMME.DT U9A	73,9
Cota 214 - CTM U06 Bomba funcionado	92,4	Cota 98 - Sala 6 SMMU.DT (RV)	73,1
Cota 145 - Despacho de Carga (Operación)	56,6	Cota 98 - Sala 7 SMMU frente a U13	78,0
Cota 144 - Exhaustor U08 (ventilación)	88,5	Cota 98 -RV U04	85,0
Cota 144 - Exhaustor U08 (reloj de marcación)	80,4	Cota 98 -EC U07(Sistema Scada)	81,9
Cota 144 - Exhaustor U04	85,2	Cota 98 - Válvula Motorizada Agua Pura U10	98,6
Cota 139 - Sala 1 SMME.DT	62,0	Cota 98 - UMCC U10 (OP)	90,3
Cota 139 - Sala 2 SMME.DT	69,2	Cota 98 - UMCC U06 (PD)	84,0
Cota 139 - Sala 2 SMMG.DT	61,9	Cota 98 - UMCC U06 (PD)	83,9
Cota 139 - Sala 3 SMMG.DT	68,3	Cota 98 - UMCC U06 (PD)	84,0
Cota 139 - Sala 1 SMMC.DT	62,4	Cota 98 - TAU/TEP U11 (OP)	86,6
Cota 139 - Sala SMMA.DT	64,3	Cota 98 - TAU/TEP U09 (OP)	84,3
Cota 139 - Cafetería	64,7	Cota 98 - TAU/TEP U06 (PD)	83,3
Cota 135 - CCR	63,3	Cota 98 - Sala 8 SMMU.DT U13 (OP)	76,8
Cota 132 - Panel Central Evaporativa U12	77,9	Cota 98 - Regulador Velocidad U11 (OP)	89,4
Cota 132 - Bombas da Central Evaporativa U10	80,2	Cota 98 - Regulador Velocidad U06 (PD)	83,2
Cota 128 - Sala 2 SMMT.DT	65,9	Cota 98 - QCG U11 (OP)	90,6
Cota 128 - Sala 3 SMMT.DT	67,7	Cota 98 - Agua Pura U11 (OP)	94,6
Cota 128 - GIS U12	79,8	Cota 98 - Agua Pura U08 (OP)	90,2
Cota 127 - Sala Generador Diesel 1/2 AMD2	74,1	Cota 98 - Agua Pura U06 (PD)	81,8
Cota 115 - Cuadro Bombas QJ0150Hz (SMMG.DT)	77,7	Cota 98 - PAP U06 (PD)	82,7
Cota 108 - Taller SMMU.DT (Tornería)	75,6	Cota 92 - Turbina U06 (PD)	83,1
Cota 108 - Taller SMMU.DT (Rebobinado)	72,5	Cota 92 - Turbina U07 (OP)	97,8
Cota 108 - Taller SMMU.DT (Calderería)	81,0	Cota 92 - Turbina U06 (PD)	90,2
Cota 108 - Transformadores U13 Fase A	89,0	Cota 92 - PDB U07 (OP)	88,9
Cota 108 - Transformadores U10 Fase B	88,8	Cota 87 - Acceso Caja Esp U06	86,0
Cota 108 - Transformadores U06 Fase R	81,0	Cota 78 - Gal frente U09 (OP)	90,0
Cota 108 - Transformadores U04 Fase S	82,8	Cota 78 - Acceso Rueda Turbina U09 (OP)	96,8
Cota 108 - Sala Control Localizado U07/08 50Hz	75,1	Cota 78 - Acceso Rueda Turbina U06 (PD)	86,3
Cota 108 - Sala 4 SMMT.DT U05 Fase R	78,8		
Cota 108 - Sala 4 Frente U9A - SMMU.DT	76,0		
Cota 108 - Sala 5 Frente U04 - SMMU.DT	73,8		
Cota 108 - Gal Transformadores U05 Fase R	84,0		
Cota 108 - Asesoría 50Hz U03	73,5		

#### 4.2- Análisis cuantitativo y cualitativo de los protectores auriculares según la Norma DIN-EN-458

Se utilizó la Norma DIN-EN458 para evaluar los protectores utilizados en la empresa, los cuales son de la Marca 3M fabricados en el Brasil y suministrados para su uso obligatorio por el personal que accede a la Casa de Máquinas, específicamente en los locales donde se tienen niveles de presión sonora iguales o mayores 85 dB(A).

### 4.3 Evaluación de Protectores para la Cota 78 Acceso a la Rueda de la Turbina U09 en operación

En la **Tabla II** se muestra una evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1450 para la banda de octava en la cota 78 – acceso a la rueda de la Turbina del generador U09 en operación y obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260

**Tabla II - Evaluación del protector auricular tipo 3M 1450 por bandas de octava**

PROTECTOR AUDITIVO TIPO CONCHA ACOPLADAS AL CASCO – MARCA 3M TIPO 1450								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	86,05	83,35	88,43	91,50	90,81	86,97	82,43	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	15,80	21,00	28,30	29,30	30,20	38,60	38,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	70,25	62,35	60,13	62,20	60,61	48,37	43,53	LINEA (3)
L <sub>Aeq</sub> = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	72	dB(A)		Archivo	0053			EQUIPO BK2260

Según la Tabla III, el resultado de la aplicación de la Norma DIN-EN458, la protección suministrada por el protector auricular tipo concha adherido al casco, para el personal que se aproxime al acceso de la rueda de la turbina de la U09 en la cota 78, es aceptable, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

**Tabla III- Evaluación del protector auricular tipo 3M 1450**

CLASIFICACIÓN	
PROTECTORES AUDITIVOS - RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
72 dB(A) 70 - 74	ACEPTABLE
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

### 4.4. – Evaluación por sector de trabajo

#### 4.4.1 - División de Mecánica – Sistema de Agua Pura – PWE - Situación de Control del Tiempo de Exposición al Ruido y sin uso de Protector Auricular

Con uso del programa PROTECTOR 7825 se evaluó la situación del personal de mecánica que ejecuta mantenimiento del sistema de agua pura con control de tiempo de exposición, para el caso se muestra si se limitan el tiempo de exposición y de pruebas de funcionamientos suponiendo que no usan protectores auriculares, la dosis se reduce a 80,2 %.

Identification	Duration	Exposure Time [%]	L <sub>Aeq</sub> [dB]	E [Pa <sup>2</sup> h]	Dose [%]
0032.S1B	0:15:00	3,13	80,4	0,011	1,08
0012.S3B	0:45:00	9,38	90,6	0,34	33,6
0008.S3B	0:30:00	6,25	88,9	0,16	15,5
0035.S1B	0:30:00	6,25	64,9	0,00062	0,061
0070.S1B	1:00:00	12,5	67,4	0,0022	0,22
0002.S3B	5:00:00	62,5	81,8	0,30	29,7
Lep,d	Duration	Exposure Time	E	Dose	
Dose: 80,2 %					

**Figura 1 – evaluación mantenimiento del sistema de agua pura**

#### 4.4.2. - División de Mecánica – Sistema de Agua Pura – PWE - Situación Normal de duración del Trabajo y sin uso de Protector Auricular

En la Figura 2, se considera el mantenimiento del Sistema de Agua Pura sin control del Tiempo de Exposición en las áreas con LAeq > 85 dB(A) y sin uso de protector auricular, la dosis alcanza valores de 101,0 % siendo este superior a los valores límites establecidos por Normas. La simulación se realizó con el programa PROTECTOR 7825 de la B&K.

Identification	Duration	Exposure Time [%]	LAeq [dB]	E [Pa²h]	Dose [%]
0032.S1B	0:15:00	3,13	80,4	0,011	1,08
0012.S3B	1:00:00	12,5	90,6	0,45	44,9
0008.S3B	1:00:00	12,5	88,9	0,31	31,0
0035.S1B	0:50:00	10,4	64,9	0,0010	0,10
0070.S1B	0:55:00	11,5	67,4	0,0020	0,20
0002.S3B	4:00:00	50,0	81,8	0,24	23,8

Lep,d | Duration | Exposure Time | E | Dose  
Dose: 101,0 %

Figura 2 – evaluación mantenimiento de sistema de agua pura

#### 4.4.2.6 - División de Mecánica – Sistema de Agua Pura - PWE - Situación con Control de Exposición al Ruido por uso de Protector Auricular en las Áreas con LAeq > 85 dB(A)

En esta situación la dosis se controla utilizando dos tipos de protectores auriculares, en el caso a) protector tipo concha adherido al casco, y en el caso b) protector tipo silicona premoldeado con cordón. En forma similar, son simulados en el programa Protector 7825 alterando los valores de LAeq y colocando los valores obtenidos según el análisis de protección de cada protector conforme la Norma DIN-EN-458, para los locales donde se tienen LAeq > 85 dB(A). La dosis se reduce a 25 % con cualquiera de los dos protectores.

Identification	Duration	Exposure Time [%]	LAeq [dB]	E [Pa²h]	Dose [%]
0032.S1B	0:15:00	3,13	80,4	0,011	1,08
0012.S3B	1:00:00	12,5	56,0	0,0001	0,016
0008.S3B	1:00:00	12,5	64,0	0,0010	0,099
0035.S1B	0:50:00	10,4	64,9	0,0010	0,10
0070.S1B	0:55:00	11,5	67,4	0,0020	0,20
0002.S3B	4:00:00	50,0	81,8	0,24	23,8

Lep,d | Duration | Exposure Time | E | Dose  
Dose: 25,3 %

Figura 3a – Protector Tipo 3M-1450

Identification	Duration	Exposure Time [%]	LAeq [dB]	E [Pa²h]	Dose [%]
0032.S1B	0:15:00	3,13	80,4	0,011	1,08
0012.S3B	1:00:00	12,5	49,0	0,0000	0,003
0008.S3B	1:00:00	12,5	53,0	0,0000	0,007
0035.S1B	0:50:00	10,4	64,9	0,0010	0,10
0070.S1B	0:55:00	11,5	67,4	0,0020	0,20
0002.S3B	4:00:00	50,0	81,8	0,24	23,8

Lep,d | Duration | Exposure Time | E | Dose  
Dose: 25,2 %

Figura 3b – Protector Tipo 3M-1271

#### 4.5. – Evaluación de los escritorios y salas de trabajo

La evaluación de los escritorios o salas de trabajo según la norma NBR 10152 se muestra en la tabla IV, del total de 28 salas evaluadas, 12 salas resultaron confortables representando el 43 % mientras que 57 % resultaron no confortables para trabajos de escritorio según la norma NBR 10152.

**Tabla IV Evaluación de confort según Norma NBR 10152**

ESCRITORIOS	dB(A)	NBR 10152
Cota 214 - Sala SMMU.DT AA funcionando	58,1	confortable
Cota 214 - Sala SMMU.DT AA apagado	54,7	confortable
Cota 145 - Despacho de Carga (Operación)	56,6	confortable
Cota 139 Sala SMMA.DT (MAM2)	64,3	confortable
Cota 139 Sala SMMC.DT (MCI1)	62,4	confortable
Cota 139 Sala SMMG.DT (MEG1)	68,3	no confortable
Cota 139 Sala SMMG.DT (MEG2)	61,9	confortable
Cota 139 Sala SMMG.DT (MEG3)	58,5	confortable
Cota 139 Sala SMME.DT (MEL2)	69,2	no confortable
Cota 139 Sala SMMT.DT (MET1/3)	57,2	confortable
Cota 135 CCR	63,2	confortable
Cota 133-Sala de Control GD 1/2 AMD2	59,0	confortable
Cota 128 - Sala 1 SMMT.DT	67,7	no confortable
Cota 128 - Sala 2 SMMT.DT	65,9	no confortable
Cota 127-AMBULATORIO AMD2 AA funcionando	68,1	no confortable
Cota 127-AMBULATORIO AMD2 AA apagado	57,9	confortable
Cota 115 - Sala SMMC.DT -MCI2 - AMD3 (3 tec )	63,4	confortable
Cota 115 - Sala SMMU.DT - Agua Pura AMD4 (4 tec MMU1)	67,4	no confortable
Cota 108 - Asesoría 50Hz U03	73,5	no confortable
Cota 108 - Sala Frente U04 (SMMU.DT) 4 técnicos	73,8	no confortable
Cota 108 - Sala Frente U04 (SMMU.DT) 4 técnicos	73,3	no confortable
Cota 108 - Sala Frente U9A (SMMU.DT) con 7 Técnicos	76,0	no confortable
Cota 108 - Sala SMMT.DT U05 Fase R	78,8	no confortable
Cota 108 - SCL U07/08 50Hz	74,9	no confortable
Cota 98 - Sala 1 Agua Pura SMMU.DT U13 (OP)	76,8	no confortable
Cota 98-Sala 2 Agua Pura (de lado)SMMU.DT U13(OP)	78,0	no confortable
Cota 98-Sala RV 1 SMMU.DT (OP)	73,1	no confortable
Cota 98-Sala SMME.DT U9A	73,8	no confortable

## 5.0 - CONCLUSION

Por tratarse de un estudio del mapa acústico de una central hidroeléctrica de gran porte y en operación, se tropiezan con dificultades en aislar las áreas de estudios o en buscar todas las combinaciones posibles de situaciones para realizar mediciones acústicas, a fin de garantizar el máximo de situaciones posibles. Y, como una disertación de maestría consta de un corto plazo de investigación, amén del costo de los equipos para realizar las mediciones, deberá tenerse en cuenta para otras investigaciones los periodos de mantenimientos de unidades generadoras, visto que durante esta investigación solo se tuvo una máquina en mantenimiento. El mayor espectro de posibilidades se tendrán con el mantenimiento más variado y de distintos equipos componentes de un turbogenerador.

## 6.0 – BIBLIOGRAFIA

[1] C. M. Yorg. “Evaluación acústica del ambiente de trabajo: estudio de caso en una central hidroeléctrica de gran porte” (Disertación, Setiembre 2002, Departamento de Construcción Civil - Centro Politécnico - Universidad Federal de Paraná - Curitiba)

- [2] Norma Regulamentadora - NR15 - Atividades e operações insalubres - (Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil) [http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas/Download/NR\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas/Download/NR_15.pdf)
- [3] Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 (FUNDACENTRO, Ministério do Trabalho e Emprego - Brasil, 1999).
- [4] Norma Brasileira - NBR 10152, Níveis de Ruído Para Conforto Acústico (Brasil, 1987).
- [5] Norma Regulamentadora - NR17 - Ergonomia - (Ministério do Trabalho e Emprego - Brasil) <http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas/conteudo/nr17/>
- [6] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - BGR-194 Abril/1998, (<http://www.hvbg.de/d/fa-psa/service/pdf/bgr194.pdf>, Accesado: mayo/2002)
- [7] T. Miyakita, A. Ueda. “ESTIMATES OF WORKERS WITH NOISE-INDUCED HEARING LOSS AND POPULATION AT RISK”, (Sound and Vibration 205(4), pag 441-449 - 1997)
- [8] P. Rabinowitz. “NOISE INDUCED HEARING LOSS”, (Am. Fam. Physician Vol. 61 ISS9, May 1, 2000)
- [9] ISO 1999:1990 “Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment”
- [10] L. F. Sexto. “ANÁLISIS DE RUIDO EN ÁREAS DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA”, (CEIM/ISPJAE, La Habana - Cuba, <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/Habana.htm> , Accesado: octubre/2001)