

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Número 11

Outubro 1992



**MOTIVANDO
OS TRABALHADORES
A USAR DISPOSITIVOS
DE PROTEÇÃO AUDITIVA**

**Os trabalhos apresentados no
IV Seminário Internacional de Controle de Ruído e
no 13º Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica**

SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica

DIRETORIA

- Presidente.....Mário C. Pimentel - (SP)
V.Presidente.....Eduardo Giampaoli - (SP)
1º Secretário....Roberto A. Tenenbaum - (RJ)
2º Secretário....Elizabeth R.C. Marques - (SC)
1º Tesoureiro....Benedito de Oliveira - (SP)
2º Tesoureiro....Elvira B. Viveiros - (SC)

Endereço: Rua Das Alfazemas, 31 - Vila Alpina
03204 - São Paulo - SP

Fone: (011)917-1166 / Fax:917-1966 / Telex:62013

CONSELHO

Honório Cavicchioli Lucatto, Jules G. Slama, Moysés Zindeluk, Samir N.Y. Gerges, Sylvio R. Bistafa, Ulf H. Mondl, Manoel Marteleto, Carlos Moacir Grandi e Paulo Dias de Campos.

COORDENADORIA REGIONAL-SUL

Samir N.Y. Gerges.....(SC)
Jorge L.P. dos Santos....(RS)
Miriam J. Barbosa.....(PR)
Roberto M. Heidrich.....(SC)
Ulf H. Mondl.....(SC)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Depto Eng. Mecânica / Lab. Vibrações e Acústica

C.P.476 - cep.88049 - Florianópolis - SC
Fone: (0482) 31-9227 ou 34-4074 / Fax: 341519

COORDENADORIA do RIO DE JANEIRO

Manoel Marteleto(RJ)

Instituto de Pesquisa da Marinha
Rua Ipira, S/No.
Ilha do Governador
21931 - Rio de Janeiro - RJ

Í N D I C E

- **Motivando os Trabalhadores a usar Dispositivos de Proteção Auditiva**
Elliott H. Berger pag.02
- **A Perda Auditiva Induzida por Ruído e a Atual Legislação Brasileira**
Rita de C. Marques e Silvia A. Sampaio pag.09
- **Diseño y Construcción de la Cámara Anecoica del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la C.I.C. - Rep. Argentina**
A.G. Velis, A.M. Méndez y A. Stornini pag.15
- **Instrumentación de un Analizador de Espectros con una PC**
A.G. Velis, H.G. Giuliano y M.B. Ripa pag.24
- **Trabalhos apresentados no IV SICOR e XII Encontro da SOBRAC - 1992.** pag.41

Revista da SOBRAC - ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Publicada pela

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA

Comitê Editorial:

**Samir N.Y. Gerges, Roberto M. Heidrich,
Elizabeth R.C. Marques, Elvira B. Viveiros, Ulf H. Mondl e
Stelamares Rolla**

Planejamento Gráfico:

Sineide S. Steinbach

Apenas matérias não assinadas, são de responsabilidade da Diretoria.
Matérias, notícias e informações para publicação na Revista da Sobrac,
podem ser enviadas para Prof. Samir N.Y. Gerges, no endereço da
Regional-Sul da SOBRAC.

Motivando os Trabalhadores a Usar Dispositivos de Proteção Auditiva

ELLIOTT H. BERGER

Gerente de Eng. Acústica da Divisão E.A.R.

CABOT SAFETY CORPORATION

7911 Zionsville Road - Indianapolis, IN 46268-1657

Fone: (317)692-3066; Fax: (317)692-3116

1 Introdução

Os E.A.R. Log 1 a 6[1] apresentam evidências e indicam que a redução da exposição do trabalhador ao ruído excessivo pode fornecer efeitos benéficos sobre a saúde e segurança, além de proteger sua audição. Embora isso possa proporcionar um incentivo para reforçar o apoio da Gerência Geral à implantação de um programa de Conservação Auditiva (PCA), outras abordagens são necessárias com o objetivo de motivar os empregados para conscientemente usar seus Dispositivos de Proteção Auditiva (DPAs). Uma Consulta à literatura disponível [2-10] indica que as características chaves de um PCA bem sucedido são:

- Apoio da Gerência Geral;
- Exigência do Uso;
- Educação (treinamento);
- Motivação ;
- Conforto e eficácia dos DPAs,

Como se verá detalhadamente a seguir.

O apoio de todos os níveis de chefia é vital uma vez que ele dá a tônica de todo o programa. Isto demonstra aos empregados que a conservação da audição é importante para a empresa e para o seu trabalho. A conservação da audição deve ser considerada como uma parte importante e integrante de todo Programa de Segurança. Além disso, a chefia deve ser sensível aos problemas e queixas dos empregados, de modo que

esses problemas possam ser abordados de maneira sincera e eficazmente solucionados.

Os três elementos que se seguem estão interligados. O treinamento e a motivação modificam o comportamento do trabalhador e a exigência do uso lembra constantemente o que é considerado aceitável. A exigência do uso sozinha pode gerar reações e tentativas de desvirtuar (sabotar) os equipamentos de proteção como por exemplo, modificar os DPAs para obter maior conforto, o que pode resultar em menor proteção. A exigência do uso deve ser firme, consistente e aplicada juntamente com o treinamento e a motivação.

Quatro medidas disciplinares no caso do não uso DPA podem ser tomadas:

1. advertência verbal;
2. advertência escrita;
3. suspensão do trabalhador;
4. rescisão do contrato de trabalho.

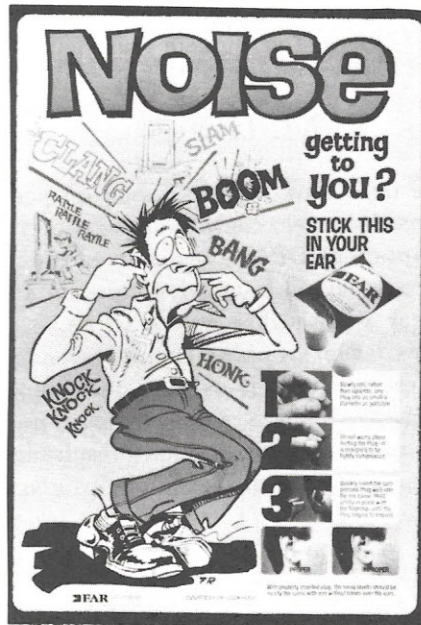


Figura 1:

Embora as quatro medidas acima sejam, necessariamente, uma forma de punição, a advertência verbal pode e deve ser utilizada construtivamente. Os supervisores imediatos devem também ser responsáveis pelo desempenho de seus subordinados e precisam dar o bom exemplo, usando regularmente seus DPAs quando em áreas de ruído excessivo. Na realidade, todas as pessoas que se encontram nessas áreas devem usar DPAs, sejam elas visitantes, gerentes ou empregados temporários.

O treinamento deve constar de tópicos relacionados com o funcionamento do sistema auditivo, como ele é danificado pelo ruído excessivo e a forma correta do uso de DPAs. Muitos filmes de curta metragem [11] estão disponíveis para realçar estes tópicos e manter o trabalhador interessado. Posters [12] também são úteis como lembretes e auxílio de treinamento, podendo ser adquiridos dos fabricantes de DPAs. Um exemplo aparece na figura 1.

Felizmente, o treinamento sozinho é de pouco valor, a não ser que esteja integrado às experiências diárias do trabalhador. Isto pode ser efetuado tornando o treinamento do interesse de cada trabalhador, seja demonstrando como o ruído excessivo os afeta diretamente ou induzindo-os a usar proteção auditiva por um período de tempo suficientemente longo para que se adaptem e verifiquem seus efeitos benéficos.

2 Técnicas de Motivação

A melhor fonte de motivação é a pessoa ou pessoas envolvidas no PCA que são responsáveis pelo contato direto com o trabalhador, isto é, as pessoas que adaptam os DPAs e realizam os testes audiométricos. O exame audiométrico anual, ou bi-anual, oferece uma excelente oportunidade para se reforçar a boa utilização dos DPAs.

Os trabalhadores devem vir para o exame trazendo consigo seus DPAs ou, de preferência, estarem usando-os, para que eles possam ser examinados quanto à adequação, limpeza, sinais de deterioração ou danificação. Depois que a audiometria é efetuada e o seu resultado deve ser mostrado e explicado ao trabalhador. Se, por exemplo, os níveis de audição estão normais, não se alteram em relação aos últimos testes, e os DPAs estão em boas condições, o trabalhador deve ser elogiado. Por outro lado, alterações significativas no nível de audição, se por acaso ocorrerem, devem ser salientadas. Isso proporciona uma oportunidade ideal para um novo treinamento a respeito da utilização de DPAs e para lembrar a importância de seu uso. DPAs gastos ou danificados devem ser trocados

nestas oportunidade (e geralmente com mais frequência).

Uma abordagem de modificação de comportamento bem sucedida, que utiliza os audiogramas dos trabalhadores, foi adotada por Zohar e outros [2,3]. Os trabalhadores foram submetidos a testes audiométricos de 500, 2000, 4000 e 6000Hz. Os testes, em datas escolhidas aleatoriamente, foram feitos no início e no final dos turnos regulares. Os resultados foram discutidos com os trabalhadores, imediatamente após o 2o. teste e as alterações significativas foram explicadas como sendo a perda temporária da audição, causada pelo ruído excessivo.

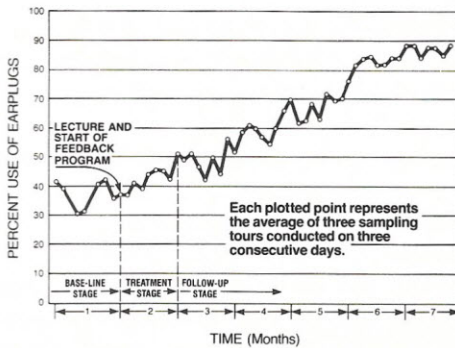


Figura 2:

Os trabalhadores participaram destes testes em dois dias diferentes, usando proteção auditiva num dia e sem ela no outro. Os resultados audiométricos foram também colocados no Quadro de Avisos do Departamento. Este “feedback” demonstrou aos trabalhadores os efeitos do ruído sobre sua audição. Este processo de “feedback” durou um mês, mas modificou, com sucesso, o comportamento do trabalhador e continuou funcionando após a interrupção dos treinamentos, como mostra a Figura 2. Um grupo de controle na mesma fábrica, que recebeu somente sessões de treinamento sem “feedback” não apresentou nenhuma alteração no seu índice de utilização de DPAs.

Os autores enfatizam o fato de que o “feedback” foi mantido por um

período de tempo limitado. A melhoria no desempenho do grupo experimental foi atribuída a uma permanente modificação no ambiente de trabalho, de tal modo que o uso de DPAs tornou-se um hábito, continuamente reforçado pela pressão do grupo e as atitudes dos supervisores. Usar DPAs transformou-se, então, em "status" enquanto que anteriormente isto não ocorria. Assim o programa passou a se auto-sustentar.

Um método alternativo de relacionar claramente a perda de audição do trabalhador com sua exposição ao ruído excessivo [6,13], é sugerir que coloque o volume do rádio do seu carro num ponto minimamente audível, ao estacionar o veículo na fábrica. Então, desligar a ignição, tendo o cuidado de não tocar no botão do volume. No fim do expediente, ao retornar de carro para casa, sem ter alterado o volume do rádio, prestar atenção para perceber se ainda pode ouvir o seu som.

Caso o rádio seja do tipo que não desliga ao ser desligada a ignição, ou que o botão de liga-desliga e o do volume é o mesmo, marcar de alguma maneira o botão do volume na posição da mínima audibilidade e, no final do expediente ao retornar ao seu carro, recolocar o botão de volume do rádio na posição marcada e procurar perceber se ainda é possível ouvir o seu som. Se não puder, ficar evidente que seus ouvidos foram afetados pela exposição ao ruído excessivo durante o trabalho. Uma outra abordagem motivacional, que na opinião de Zohar [3] e outros [8] funciona, é recompensar (premiar) o uso de DPAs, distribuindo-se brindes ou bilhetes de loteria para aqueles que usarem corretamente seus DPAs.

Finalmente, outra técnica motivacional é usar boas relações públicas e promoção para "vender" o programa, como, por exemplo, oferecer testes audiométricos grátis aos familiares imediatos do trabalhador [14]. A descoberta de um problema de audição em um filho de um trabalhador distúrbio que poderá causar problemas na aprendizagem, enfatiza a importância da preservação da audição.

3 Conforto e Eficiência dos DPAs

Finalmente, devemos considerar que todos os esforços serão inúteis se os DPAs distribuídos não forem confortáveis e eficazes. Existem artigos técnicos [1] que dão informações úteis sobre características e performance dos vários DPAs.

Nem todos os dispositivos são utilizáveis ou oferecem proteção adequada. Portanto, o coordenador de um PCA deve pesquisar entre os

produtos disponíveis no mercado e selecionar o melhor. Mais de um tipo de DPAs, de preferência pelo menos uma concha e dois tipos de plug, devem ser oferecidos ao trabalhador para que ele possa escolher aquele que mais lhe agrade. Oferecendo ao trabalhador esta oportunidade, aumentamos o seu envolvimento com o programa e reforçamos a possibilidade de se conseguir sua participação .

4 Conclusão

A conservação da audição é um conceito viável, mas que ela funcione, é preciso que receba um vigoroso apoio da Gerência Geral e que esteja baseada numa estrutura integrada que contenha exigência do uso, educação (treinamento), motivação e disponibilidade de DPAs efetivos e confortáveis.

5 referências

- [1] A série E.A.R.Log.do No.1 ao 7 está disponível mediante solicitação à E-A-R Dvision.
- [2] Zohar, D., Cohen, A e Azar, N. (1980). Promoting Increased Use of Ear Protectors in Noise Through Information Feedback, Human Factors, Vol 22, No.1 p.69-79.
- [3] Zohar, D. (1980). Promoting the Use of Personal Protective Equipment by Behavior Modification Techniques, J. Safety Res. Vol. 12 No. 2. p. 78-85.
- [4] Royster, L.H. e Holder, S.R. (1980). Personal Hearing Protectors: Problems Associated with the Hearing Protection Phase of the Hearing Conservation Program, apresentado no International Symposium on Personal Hearing Protection in Industry, Toronto, Ontario
- [5] Cluff, G.L. (1980). Limitations of Ear Protection for Hearing Conservation Programs, Sound and Vibration, Vol 14, No.9 p.19-20.
- [6] Harris, D.A. (1980). Combating Hearing Loss Through Worker Motivation, Occup. Health and Safety, March, p.38-40.

- [7] Mellard, T.J., Doyle, T.J. e Miller, M.H. (1978). Employee Education - The key to Effective Hearing Conservation, Sound and Vibration, Vol.12, No.1, p.24-29
- [8] Lofgreen, H., Tenglinh, R. e Holm, M.(1980). How to Motivate People in the Use of their Hearing Protectors, apresentado no International Symposium on Personal Hearing Protection in Industry, Toronto, Ontario.
- [9] Niswender, M.E. (1980). Making Good "Cents" out of Hearing Conservation, Occup. Health and Safety, March, p.57-60.
- [10] Wright M.(1980). Education. the Key to Preventing Hearing Loss, Occup. Health and Safety, Jan. p.38-41.
- [11] A E-A-R Division tem disponíveis três filmes sobre audição e proteção auditiva. Também está disponível, mediante solicitação, uma lista de aproximadamente 20 filmes com informações sumárias sobre os mesmos, os quais foram produzidos por fabricantes ou por organizações profissionais internacionais.
- [12] Muitos fabricantes e organizações têm posters disponíveis. O apresentado na Fig.1 pode ser solicitado à E-A-R Division.
- [13] Cohen, A. (1980). Comunicação .
- [14] Royster, L.H. (1980). Comunicação . Estes deveriam ser indicativos e não audiogramas para diagnóstico. São somente para a finalidade de provocar o exame por um médico qualificado.

Traduzido sob os auspícios da REAL Equipamentos de Segurança Ltda., São Paulo-Brasil, por Sylvio J. Geiger de Pinho e Eliana Giacón de Miranda.

O editor desta revista, agradece ao Sr. Elliott H. Berger, pela permissão dada para publicar seus artigos do EARLog7 (este artigo) e no futuro serem publicados nas próximas edições desta revista os EARLog17 titulado " Infecção Auditiva e o Uso do Protetor Auditivo" e EARLog19 titulado " Sugestão para Adaptação no uso dos Protetores Auditivos".

A Perda Auditiva Induzida por Ruído e a Atual Legislação Brasileira

Rita de C. Marques - Consultora em Audiologia
Sílvia A. Sampaio - Consultora em Audiologia
Rua Marques de Abrantes, 152/1206
Flamengo - 22230 - Rio de Janeiro - RJ
Fone: (021) 551-3141

1 Introdução

Atualmente no Brasil existem duas legislações para atender ao trabalhador, no que diz respeito a perda auditiva induzida por Ruído (doença do trabalho) e ao Trauma Acústico (acidente do trabalho). São elas: a Portaria No. 3214 de 08 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho, que aprovou as Normas Regulamentadoras do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, e o Decreto Lei No. 357 de 07 de dezembro de 1991, do Ministério da Previdência Social, que aprovou os Regulamentos dos Benefícios da Previdência Social. Neste trabalho serão discutidas estas duas legislações, com comentários quanto as diferenças entre as mesmas.

2 Portaria 3214 - Ministério do Trabalho

A Norma Regulamentadora No. 07 estabelece, dentre outros, que “quando da realização do exame demissional se diagnosticar doença profissional ou do trabalho, ou dela se suspeitar, a empresa deve encaminhar o empregado imediatamente ao INPS, para os devidos fins”. No entanto, não é citado como o trabalhador deve proceder nos casos de detecção ou suspeita de algum problema de saúde durante os exames periódicos. Ainda, segundo a mesma norma, quando os níveis de ruído forem superiores aos limites previstos nos Anexo I e II da NR 15, mesmo que sejam utilizados equipamentos de proteção individual, deve ser feito, por ocasião dos exames admissional, periódico e demissional, teste audiométrico tonal, pelo menos para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

Será indicativo de dano a saúde do empregado uma perda em grau médio para um ouvido (8%) ou em grau mínimo para ambos os ouvidos (9%), calculada de acordo com a tabela de Fowler, constante do item 1, do anexo 1, que exceda os valores de perda auditiva decorrente da idade cronológica do trabalhador, calculada de acordo com a tabela do item 2, do mesmo anexo.

É importante ressaltar que os limites normais de audição para a norma ISO (1964) são 25 dB e para norma ANSI (1969) 20 dB. Estas normas não fazem referência as perdas com percentuais.

Na surdez ocupacional, a frequência de 4000 Hz, a mais atingida inicialmente, tem, segundo a tabela de Fowler, um peso menor no cálculo, sendo que as frequências de 3000 e 6000 Hz, onde também são identificadas perdas significativas, não são sequer citadas. Desta forma, fica uma primeira observação de um indivíduo com perda em 4000 Hz pode não ser considerado portador de deficiência auditiva.

3 Decreto Lei No.357

Ministério da Previdência Social

Este Decreto aprova o regulamento dos Benefícios da Previdência Social.

Art. 1o. Fica aprovado o Regulamento dos Benefícios da Previdência Social, que acompanha este decreto, com seus três anexos.

No Capítulo III do Acidente do Trabalho, Seção II do acidente do trabalho e da doença profissional, Art. 139 diz o seguinte: "Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, ou ainda pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, perda ou redução da capacidade para o trabalho permanente ou temporária."

Segundo o Capítulo III do Acidente de trabalho, Subseção IV do auxílio-acidente, art. 166. O auxílio acidente será concedido ao segurado quando, após a consolidação das lesões decorrentes do acidente do trabalho, resultar sequela, conforme o anexo III, que implique:

- I - redução da capacidade laborativa que exija maior esforço ou necessidade de adaptação para exercer a mesma atividade, independente de reabilitação profissional;
- II - redução da capacidade laborativa que impeça, por si só, o desempenho da atividade exercida à época do acidente, porém não o de outra do mesmo nível de complexidade, após reabilitação profissional;

III - redução da capacidade laborativa que impeça, por si só, o desempenho da atividade exercida à época do acidente, porém não o de outra de nível inferior de complexidade, após reabilitação profissional.

Parágrafo 1o. - O auxílio acidente, mensal e vitalício, corresponderá a um dos seguintes percentuais do salário-de-contribuição do segurado, vigente no dia do acidente, não podendo ser inferior a iguais percentuais do seu salário-de-benefício:

- a) 30% (trinta por cento) na hipótese do inciso I;
- b) 40% (quarenta por cento) na hipótese do inciso II;
- c) 60% (sessenta por cento) na hipótese do inciso III;

Anexo III

Auxílio- Acidente no valor de 30% (trinta por cento), 40% (quarenta por cento) ou 60% (sessenta por cento), de que trata o artigo 166 deste regulamento.

Quadro No. 2 - Aparelho Auditivo - Situações :

- a) perda da audição no ouvido acidentado;
- b) redução da audição em grau médio ou superior, em ambos os ouvidos, quando os dois estiverem acidentados;
- c) redução da audição, em grau médio ou superior, no ouvido acidentado, quando a audição do outro estiver também reduzida, em grau médio ou superior.

Na nota 1 está colocado que a acapacidade auditiva em cada ouvido dever ser avaliada mediante audiometria aérea nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, considerando-se como redução da audição a média aritmética dos valores encontrados nas três frequências. Novamente são ignoradas as frequências de 3000, 4000 e 6000 Hz.

Segundo a nota 2, a audição será considerada dentro dos limites normais quando a redução for, no máximo, de 30 (trinta) decibéis. A partir deste limite a capacidade auditiva será classificada como:

- Redução em grau mínimo - 31 (trinta e um) a 50 (cincoenta) dB;
- Redução em grau médio - 51 (cincoenta e um) a 70 (setenta) dB;
- redução em grau máximo - 71 (setenta e um) a 90 (noventa) dB;
- Perda da audição - mais de 90 (noventa) dB.

De acordo com estas notas o indivíduo não recebe auxílio acidente se for portador de perda auditiva de até 50 dB, o que é sabido se caracterizar como possuidor de uma audição bastante prejudicada.

4 Análise de Casos Segundo as Legislações

Como já foi colocado anteriormente, um trabalhador pode ter sua condição de portador de deficiência auditiva desconsiderada se seu exame audiométrico for analisado segundo a ótica de uma ou outra legislação.

De modo a ilustrar esta inconformidade foram analisados 4 casos típicos.

A figura (1) apresenta os resultados para o exame audiométrico de um trabalhador portador de perda auditiva bilateral com queda seletiva para os agudos (caso 1). De acordo com a tabela de Fowler aplicada pelo Ministério do trabalho, esse trabalhador não é considerado portador de perda auditiva. Caso 1 figura 1.

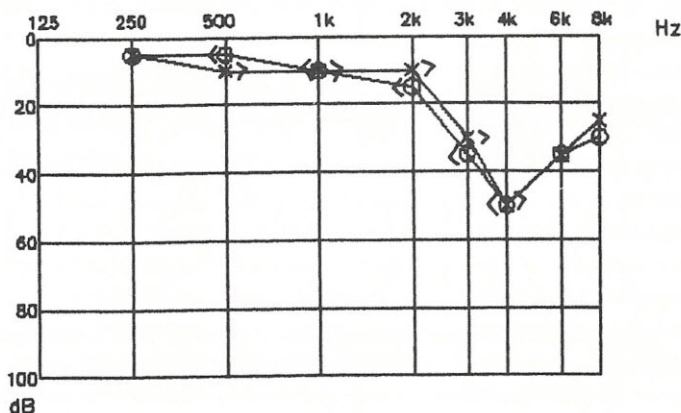


Figura 1: Caso 1

- o - via aérea do ouvido direito
- x - via aérea do ouvido esquerdo
-) - via óssea do ouvido esquerdo
- < - via óssea do ouvido direito

As curvas da figura (2) retratam outra situação similar (caso 2), sendo que se aplicada a tabela de Fowler, é constatada perda auditiva bilateral e, uma vez encaminhado o trabalhador para a Previdência o mesmo será considerado como não sendo portador da deficiência. Caso 2 figura 2.

Na figura (3) por sua vez, pode ser vistos outra situação (caso 3) em que o trabalhador será considerado portador de perda auditiva tanto segundo a análise do Ministério do Trabalho e da Previdência, sem no

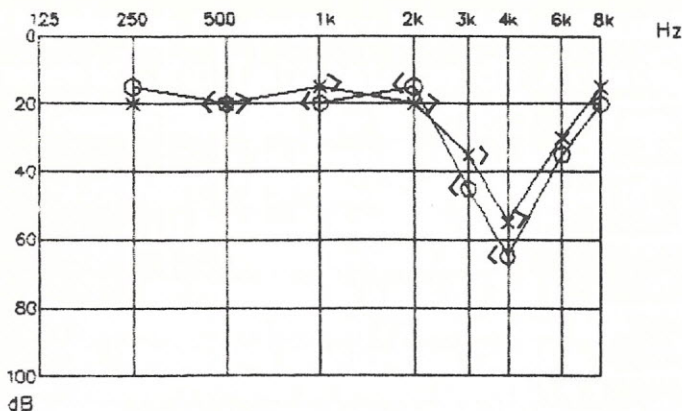


Figura 2: C

- o - via aérea do ouvido direito
- x - via aérea do ouvido esquerdo
- } - via óssea do ouvido esquerdo
- < - via óssea do ouvido direito

entanto ter direito a qualquer auxílio acidente. Caso 3 figura 3.

Finalmente, a figura (4) apresenta uma situação similar ao caso 3, mas com a diferença que o trabalhador terá direito a um auxílio acidente cujo percentual será de acordo com o artigo 166. Caso 4 figura 4.

5 Comentários e Conclusões

Este trabalho objetiva mostrar as discrepâncias que podem ser encontradas na análise da perda auditiva induzida pelo ruído se forem utilizadas as legislações do Ministério do Trabalho e da Previdência.

Para se tentar resolver esta dificuldade, em primeiro lugar as duas legislações deveriam ser idênticas, e nesse caso se referenciar a trabalhos desenvolvidos por especialistas de renome, ou por organismos internacionais de normalização, e o trabalhador junto com os sindicatos, deverá tomar parte em todas as decisões.

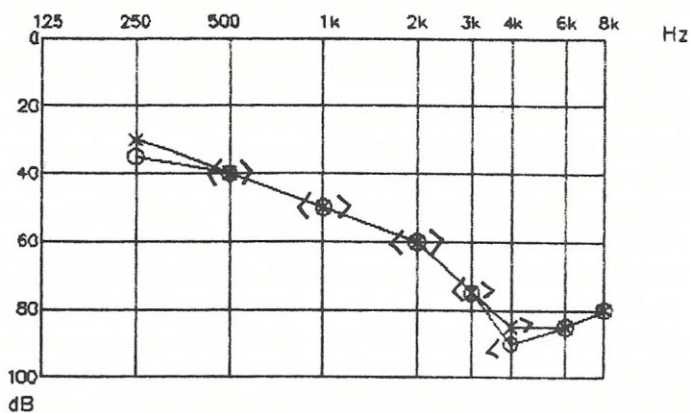


Figura 3: Caso 3

- o - via aérea do ouvido direito
- x - via aérea do ouvido esquerdo
- > - via óssea do ouvido esquerdo
- < - via óssea do ouvido direito

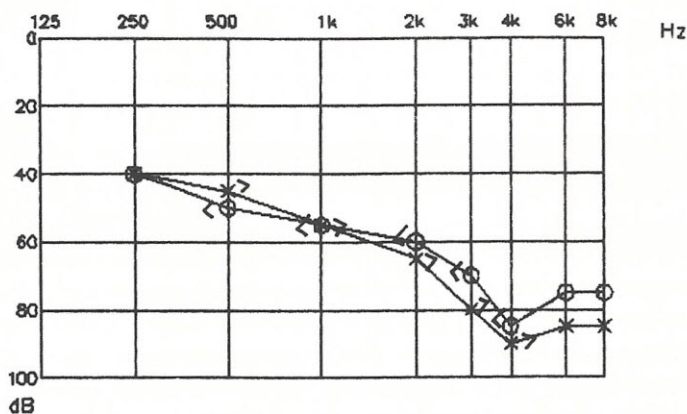


Figura 4: Caso 4

- o - via aérea do ouvido direito
- x - via aérea do ouvido esquerdo
- > - via óssea do ouvido esquerdo
- < - via óssea do ouvido direito

Diseño Y Construcción de la Cámara Anecoica del Laboratorio de Acústica Y Luminotecnia de la C.I.C. - Rep. Argentina

A.G. Velis (1), A.M. Méndez (2) y A. Stornini (3)

(1) Becario de Estudio de la C.I.C.

(2) Director del L.A.L.

(3) Profesional de Apoyo del L.A.L.

Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la

Comisión de Investigaciones Científicas

de la Provincia de Buenos Aires (L.A.L.)

Cno. Centenario entre 505 y 508, (1897) Manuel B. Gonnet,

Pcia. de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel.(54)(21)84-2686.

SUMMARY

The anechoic room of the Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (L.A.L.) provides a free working space of about 7 x 6 x 6 m. Details of its construction and the internal absorbing lining are discussed.

RESUMEN

La cámara anecoica del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (L.A.L.) posee un espacio libre de trabajo de aproximadamente 7 x 6 x 6m. Se describe la forma constructiva y el recubrimiento absorbente interior.

1 Introducción

La importancia de efectuar mediciones ajustadas a normas internacionales, a fin de obtener adecuada precisión y exactitud, y la evidente conveniencia de que los resultados pudiesen compararse con los obtenidos en diversas partes del mundo, fueron los móviles principales que condujeron a la construcción del Laboratorio de Acústica, que dependiendo actualmente de la Comisión de Investigaciones Científicas de la

Provincia de Buenos Aires (C.I.C. - P.B.A.), se encuentra ubicado en la Localidad de Manuel B. Gonnet, Provincia de Buenos Aires, Rep. Argentina.

Dentro del edificio que conforma este Laboratorio, se encuentra una cámara anecoica, que conjuntamente con una cámara reverberante y cuatro cámaras de transmisión, permiten lograr de manera satisfactoria los objetivos propuestos al comenzar el proyecto.

En el caso particular de la cámara anecoica, era necesario contar con un lugar de ensayo que estuviera libre de reflexiones en las superficies que lo conformaran, y al mismo tiempo, lo suficientemente aislado acústicamente del medio exterior, para poder así realizar ensayos tales como calibración de equipamiento electroacústico, evaluación de características de direccionalidad de dispositivos emisores y receptores de sonido, etc.

2 Detalles Constructivos

Se adoptó como base del proyecto al Laboratorio de Acústica de la Universidad de Lovaina (Bélgica), debido a que su tamaño era compatible con las mediciones fundamentales a que fuera destinado.

Debido a la precisión y exactitud requeridas en las mediciones, era necesario que la cámara estuviera aislada de los ruidos exteriores, ya sean transmitidos por vía aérea o por vía sólida. Para satisfacer la primera exigencia fue necesaria una construcción de paredes dobles, lo cual se logró construyendo una célula de hormigón contenida en otra de ladrillo; la segunda exigencia se satisfizo mediante el soporte elástico de la célula interior, según muestra la figura 1.

La sala descansa sobre cimientos independientes del resto de las salas del Laboratorio. Dichos cimientos consisten en muros verticales de hormigón, de 0,80 m de ancho, que descansan a su vez sobre zapatas de fundación. La célula interior de la cámara fue colada en hormigón armado de una sola pieza y está separada del resto edificio por una cámara de aire y soportes elásticos. Estos elementos se encuentran repartidos a lo largo del perímetro de la célula y están constituidos por cajas con diez resortes helicoidales cada una. Entre las cajas de resortes y los cimientos de hormigón existen planchas de corcho. En total se utilizaron 220 resortes, cada uno de los cuales es capaz de soportar una carga de una tonelada. Están calculados de manera tal que su frecuencia de reso-

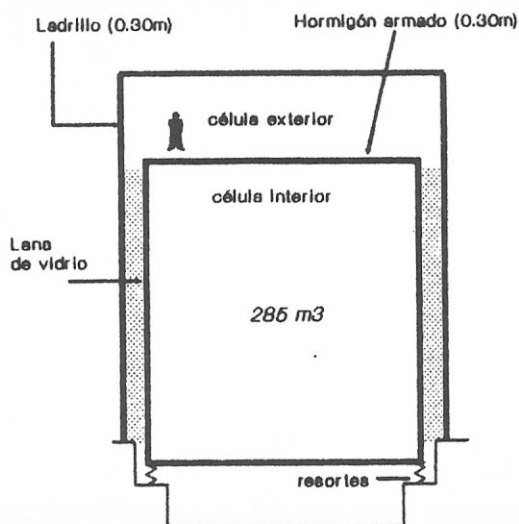


Figura 1: Vista en corte de la cámara anecoica

nancia con carga es de alrededor de 3 a 4 Hz. La figura 2 muestra una fotografía del soporte elástico utilizado.

Para obtener un gran aislamiento a los ruidos aéreos, la célula de hormigón está encerrada por una segunda pared de ladrillo de 0,30 m de espesor, con interposición de paneles de lana de vidrio en el espacio intermedio.

El acceso a la sala se logra a través de dos puertas acústicas, una montada sobre el muro exterior y la otra sobre la célula interna.

Las dimensiones internas brutas son de 7,00 x 6,90 x 5,90 m, lo que se traduce en un volumen de 285 m^3 . Las dimensiones útiles (descontando el recubrimiento absorbente) son de 5,40 x 5,30 x 4,30 m.

Para el recubrimiento del piso, techo y paredes se utilizó la técnica propuesta por el Profesor Cremer, de la Universidad de Berlín, consistente en reemplazar las clásicas cuñas absorbentes por miles de cubos de diferentes tamaños. El procedimiento adoptado por este Laboratorio consistió en recubrir el piso, techo y paredes con capas de lana de vidrio, disponiendo luego cubos de espuma de poliuretano de dimensiones decrecientes, de modo tal que las cuñas así formadas presenten sus vértices dirigidos hacia el centro de la sala. Se completa, por este procedimiento, un espesor de recubrimiento de 0,70 m. El piso se construyó con una

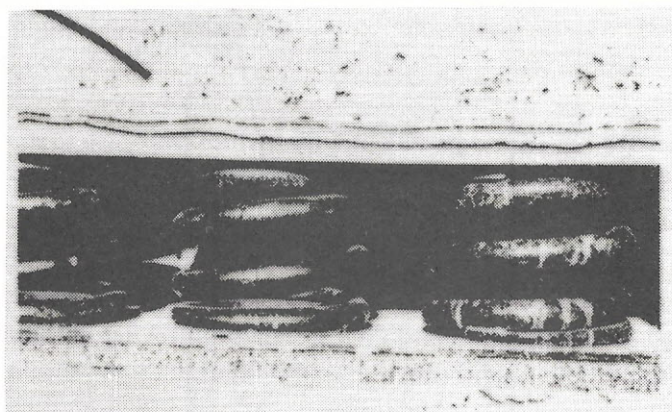


Figura 2: Fotografía del soporte de la célula interior

malla de alambre de acero, fijada a un marco metálico perimetral.

3 Tratamiento Acústico

La elección y la forma constructiva del absorbente sonoro a utilizar en la cámara se vio limitado por diversos factores, tanto técnicos como económicos y de seguridad. La forma usual de cuñas [1-5] debió ser descartada ya que en esa fecha no se encontraban disponibles en el mercado local dispositivos aptos para su colocación. Podrían haber sido obtenidos a pedido cuñas de lana de vidrio [1][3][5], pero esta alternativa tuvo que dejarse de lado por problemas técnicos. Se pensó también en usar cuñas de espuma de poliuretano [2][4], pero se chocó con la imposibilidad de encontrar un fabricante que pudiese proveerlas.

Se adoptó entonces, como forma constructiva, el uso de cubos de diferentes tamaños, dispuestos en cuatro capas sucesivas, desde el interior de la cámara y hacia las paredes, de 8, 10, 12 y 14 cm de lado respectivamente, de manera tal que sus centros formaran una cuadrícula espacial de 15 cm por arista, según se indica en el figura 3.

A los efectos de mantener en posición estos cubos, se tendieron hilos trenzados de nylon, los que corren verticalmente entre sendas mallas plásticas colocadas en el techo y en el piso. Los hilos atraviesan los cubos entrando por el centro de una cara y saliendo por el centro de la opuesta,

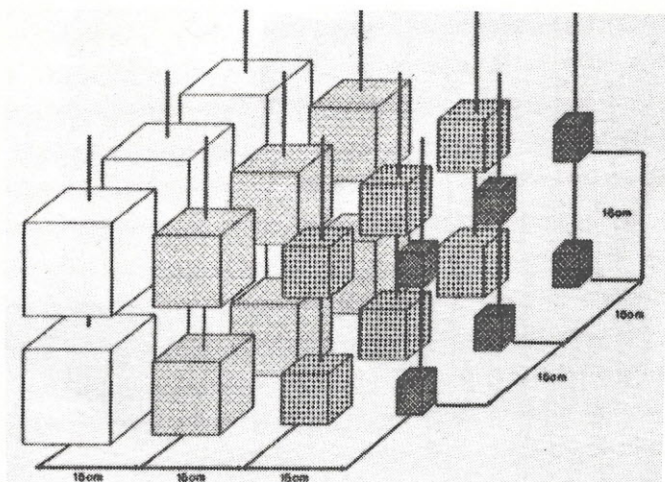


Figura 3: Esquema de la disposición de los cubos absorbentes

insertándose luego un palillo de madera en el hilo, inmediatamente por debajo del cubo, para mantener la ubicación vertical.

En el techo fueron colocadas tiras de cuatro cubos directamente colgadas de la malla plástica correspondiente, y en el piso se procedió de igual forma, pero en este caso, la malla plástica correspondiente, se encuentra 95 cm elevada con respecto al piso de hormigón.

Sobre las caras internas de las paredes, piso y techo, y antes de las capas de cubos, fueron fijadas dos capas sucesivas de lana de vidrio de 2 pulgadas cada una y de densidad 50 Kg/m^3 .

El material utilizado finalmente para los cubos fue espuma de poliuretano de densidad 28 Kg/m^3 , de celda abierta e ignífugo.

Las mediciones de absorción se realizaron utilizando un tubo de onda estacionaria de sección circular, de 10 cm de diámetro y 2,40 m de longitud.

Con fines comparativos y de elección fueron medidos distintos materiales y disposiciones constructivas. En la figura 4 pueden verse los resultados de las mediciones en tubo (incidencia normal) del coeficiente de reflexión para una disposición de 4 capas consecutivas de espuma de poliuretano de densidad 28 Kg/m^3 , de 8, 10, 12 y 14 cm de lado respectivamente y separadas entre sí por espacios de aire de 6, 4 y 2 cm



Figura 4: Coeficiente normal de reflexión del material elegido

respectivamente y con el agregado de una capa de lana de vidrio de densidad 50 Kg/m^3 , de 2 pulgadas de espesor, separada 4 cm de la última capa de espuma (la de 14 cm), conformando todo un espesor de 70 cm.

4 Puerta de Entrada

El acceso a la cámara se logra mediante una abertura conformada por dos puertas acústicas. Una de ellas está montada directamente en la célula interior y la otra en la célula exterior.

La puerta exterior (ver figura 5) está construida en madera de 3/4 pulgadas de espesor, fijada a un marco también de madera construida con tirantes de 6 x 4 pulgadas. Los huecos que dejan los tirantes en la parte interna, fueron cubiertos con una placa de plomo de 5 mm de espesor. El resto de dichos huecos se rellenó con capas de lana mineral, las cuales quedan sostenidas por una chapa perforada que está atornillada a la cara interior.

La puerta interior, está constituida básicamente por un marco metálico, en el cual está fijada una placa de hierro, revestida en su parte interior con el mismo recubrimiento utilizado en el resto de la cámara, permitiendo así la continuidad del absorbente dentro de ésta. La parte

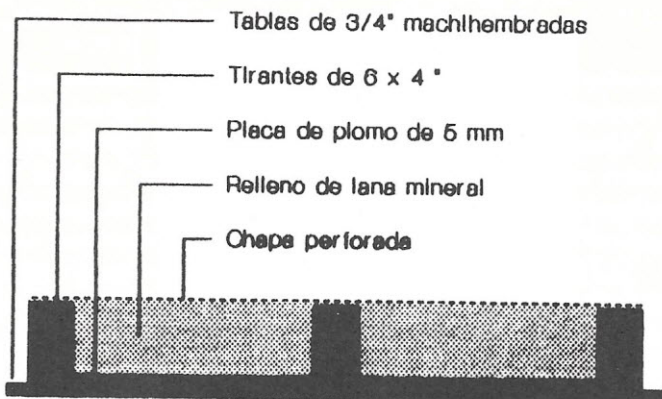


Figura 5: Vista en corte longitudinal de la puerta exterior

exterior está recubierta con alfombra, con el fin de evitar reverberaciones sonoras que se puedan producir en la cámara de aire formada entre una y otra puerta.

Ambas puertas (interior y exterior) tienen apertura mecánica manual de ambos lados.

5 Piso de Trabajo

El piso de trabajo está conformado por una malla de acero tensio-nada y fijada a los bordes de la cámara mediante un marco metálico perimetral. Se encuentra a una altura de 1m del fondo de la célula de hormigón, y por tanto, a 30 cm del recubrimiento absorbente. Si bien el marco metálico está amurado al hormigón, la malla comienza a 70 cm de la paredes, de modo tal que en las cuatro esquinas quedan espacios libres que permiten acceder a la parte inferior (ver figura 6).

6 Servicios

La iluminación se provee mediante cuatro lámparas mezcladoras de vapor de mercurio de 160W, lo cual asegura excelente iluminación, poca disipación de calor, muy bajo nivel de ruido y poca superficie reflejante de sonido.

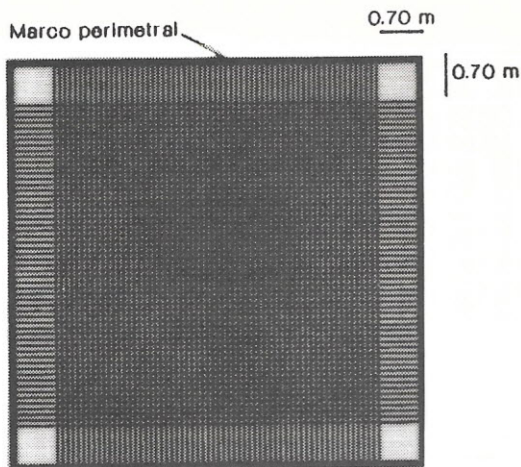


Figura 6: Esquema de la malla del piso

La entrada de cables a la cámara desde la sala de control, se efectúa a través de dos orificios en la estructura de hormigón de la célula interior, realizados en el piso de ella. Por uno de dichos orificios acceden los cables de tensión de línea, y por el otro, dos cables coaxiales de 50Ω , tres pares de cables de 1 mm de sección y cuatro cables para intercomunicador. De ambos orificios parten sendos conductos de goma flexibles, de 3 m de longitud, rematados en sus extremos con conectores múltiples, los cuales permiten conectar todo el equipamiento necesario en cualquier lugar de la sala y afectando lo menos posible las bondades acústicas de la cámara.

La cámara posee, además, tres estructuras metálicas fijadas al piso de hormigón y que quedan por debajo de la malla, las cuales permiten la colocación de hasta tres mesas redondas para soporte opcional. También tiene la posibilidad de tender alambres de esquina a esquina gracias a tensores que están fijados a las paredes y que quedan tapados por el absorbente cuando no se usan.

La cámara no posee ventilación, puesto que se consideró innecesaria dado los trabajos para los cuales la sala fue diseñada. Además, la realización de una ventilación implicaba mayores costos y complejidad en la construcción que sólo se hubieran justificado en el caso querer analizar dispositivos tales como motores a combustión, equipos con emanaciones gaseosas, etc.

7 Conclusiones Y Comentarios

Las limitaciones impuestas por factores tanto económicos como técnico-constructivos, obligaron a tener que adoptar soluciones de compromiso, sobretudo con respecto al recubrimiento absorbente. El uso de cubos de espuma de poliuretano, permitió que en forma relativamente sencilla pudiese realizarse el recubrimiento sin mayores complicaciones y lograr una performance satisfactoria, con costos mucho menores de los que hubiesen implicado recubrimientos más sofisticados [1-5].

Cabe destacar que las mediciones del coeficiente de reflexión realizados en tubo de onda estacionaria, fueron hechos con el fin de tener una idea general de los comportamientos en distintos casos, y poder seleccionar de todos ellos el más favorable, tanto sea en calidad absorbente como en costo, dificultad constructiva, seguridad, etc. En rigor, la disposición de los cubos en la cámara en forma de cuadrícula espacial, obligaría al uso de un modelo real para lograr que los resultados de las mediciones de absorción se ajusten a la realidad [1][2].

8 Referencias

- [01] F. Ingerslev, O.J. Pedersen, P.K. Moller, New Rooms For Acoustic Measurements at the Danish Technical University. *Acustica* 19 (1967/66), p185.
- [02] C.L.S. Gilford, D.E.L. Shorter, H.D. Hardwood, J.R. Chew, R.L. Deane, The design of a new free-field sound measurement room: specification and performance. BBC Engineering Divn. Research report No.L-060, 1965/17.
- [03] Z. Maekama, M. Marimoto, New Anechoic Chamber at the Environmental Acoustics Laboratory in Kobe University. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Kobe University* No. 27 (1981), p71.
- [04] P.H. Parkin, E.F. Stacy, The Anechoic and Reverberant Rooms at the Building Research Station. *Journal of Sound and Vibration* 19(3) (1971), p277.
- [05] M. Panchouly, A.F. Chhapgar, V. Mohanan, Design and Construction of an Anechoic Chamber at the National Physical Laboratory of India. *Applied Acoustics* 14 (1981), p101.

Instrumentación de un Analizador de Espectros con una PC

A.G. Velis (1), H.G.Giuliano (1) y M.B.Ripa (2)

(1) Becario de Estudio de la C.I.C. - (2) L.A.L.

Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la

Comisión de Investigaciones Científicas

de la Provincia de Buenos Aires (L.A.L.)

Cno. Centenario entre 505 y 508, (1897) Manuel B. Gonnet,
Pcia. de Buenos Aires - Rep. Argentina / Tel.(54)(21)84-2686.

SUMMARY

The development of a digital frequency analyzer is discussed. It computes the power distribution of a signal and display 1/3 octave spectra having center frequencies from 125 Hz to 8 KHz, according with IEC 225/66 and IRAM 4081/77. The analyser uses a personal computer to make a spectral estimation algorithm based on Fast Fourier Transform (FFT) and linear time averaging. It has four selectable modes of operation each one with different accuracy and processing time. The results obtained are displayed on screen with bar graph format being refreshed with preselected rate, from 3 to 16 seconds. This results can be output to both disk(ette) and printer. It has 40 dB dynamic range with 0.5 dB resolution refered to a selectable value.

RESUMEN

Se describe el desarrollo de un analizador digital de espectros que calcula la distribución de potencia de una señal por tercios de octava en el rango comprendido entre 125 y 8000 Hz, acorde con la norma IEC 225/66 e IRAM 4081/77. El analizador de espectros utiliza una computadora del tipo personal para la instrumentación de un algoritmo de estimación espectral basado en la Transformada Rápida de Fourier (FFT) y promediación lineal. Tiene cuatro modos de operación seleccionables que permiten distintos grados de exactitud y velocidad de cálculo. Los resultados son presentados en pantalla en forma de gráfico de barras y son actualizados con una velocidad que depende del modo de operación seleccionado, y que puede variarse desde 3 hasta 16 segundos. Estos resultados pueden ser enviados tanto a disco como a impresora. El rango dinámico es de 40 dB con resolución de 0,5 dB, referidos a una línea de base seleccionable.

1 Introducción

Tanto técnicas analógicas como digitales pueden ser empleadas para realizar análisis espectral de señales de audiofrecuencias. Dentro de las primeras se pueden diferenciar tres variantes básicas:

- Análisis mediante el empleo de una cadena de filtros pasabanda en paralelo (uno por cada tercio de octava).
- Análisis mediante el empleo de un único filtro pasabanda de frecuencia central variable de modo tal que se desplace a lo largo de las frecuencias de interés.
- Análisis mediante el empleo de un único filtro pasabanda centrado en alguna frecuencia fija superior a la máxima de interés, y un modulador que desplace el espectro de la señal en estudio.

Dentro de las técnicas digitales dos son las variantes básicas para estimación no-paramétrica [2], las cuales pueden instrumentarse tanto por hardware como por software:

- Análisis mediante el empleo de un banco de filtros digitales.
- Análisis mediante el cómputo de la Transformada de Fourier de la señal.

El equipo desarrollado se basa en la aplicación de la última de las alternativas vistas, instrumentada mediante software. La naturaleza de este procedimiento obliga a la realización de los pasos generales que se ilustran en la figura 1 y que se nombran a continuación:

- Adquisición de muestras de la señal a analizar.
- Comunicación con el sistema de cómputo.
- Procesamiento de la información.

2 Teoría de Procesamiento

Una de las maneras de conocer la composición en frecuencia de una señal o proceso aleatorio $\{x(t)\}$ es calcular la ecuación que define la densidad espectral de potencia $G_x(f)$:

$$Gx(f) = 2 \lim_{T \rightarrow \infty} E \left[\frac{|X_T(f)|^2}{T} \right] \quad 0 \leq f < \infty \quad (1)$$

En la ecuación 1 el término $X_T(f)$ denota la transformada finita de Fourier de una de las realizaciones que componen el processo aleatorio:

$$X_T(f) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (2)$$

y el símbolo $E[]$ es la esperanza matemática, que se incluye para contemplar la totalidad de las realizaciones del proceso. Es evidente que si se quiere computar la ecuación 1 se encuentran dos dificultades. La primera de ellas es el límite para $T \rightarrow \infty$, pues significa recoger registros de duración infinita de cada realización para luego calcular la integral. La otra dificultad está asociada a la esperanza, pues en rigor deberían conocerse la totalidad de las posibles realizaciones del proceso así como la función de densidad de probabilidad de las mismas. Por ello es que se recurre a un estimador de $Gx(f)$ que en una primera instancia queda definido por la ecuación 3:

$$\hat{G}x(f) = 2 \frac{|X_T(f)|^2}{T} \quad (3)$$

Obviamente el uso de la ecuación 3 en lugar de la 1 involucra un error de estimación que será analizado más adelante. La magnitud de este error dependerá de cuán largo sea el tiempo T y de que la realización escogida $x(t)$ sea más o menos representativa de todo el processo aleatorio.

Cálculo del Estimador

Para realizar el cálculo del estimador de densidad espectral de potencia $Gx(f)$ se utiliza, en lugar de la ecuación 2, la siguiente expresión:

$$X_n = h \sum_{K=0}^{N-1} X_k e^{-j2\pi n \Delta f kh} \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

O sea que en lugar de trabajar con registros continuos de la señal se utilizan grupos de N muestras de la misma (a las que hemos llamado X_k) donde:

$$N = \frac{T}{h} = Tfm \quad (5)$$

N = número total de muestras
 h = tiempo de muestreo
 T = apertura o ventana de muestreo
 f_m = frecuencia de muestreo

Con estas N muestras, y empleando el algoritmo conocido como FFT (Fast Fourier Transform) se obtienen N valores en frecuencia (a los que se ha llamado X_n) uniformemente espaciados entre 0 y f_m . Por ende:

$$\Delta f = \frac{f_m}{N} \quad (6)$$

siendo Δf el intervalo entre valores en frecuencia.

Es por esto que la ecuación 3 que define el estimador toma ahora la forma:

$$\hat{G}_n = 2 \frac{|X_n|^2}{T} \quad (7)$$

donde X_n es el valor de la transformada discreta de Fourier en la frecuencia $n\Delta f$. Si bien con la ecuación 4 se obtienen N valores en frecuencia X_n , en la 7 sólo se utilizan aquellos que estén dentro del rango de interés. (La secuencia de $|X_n|^2$, $n = 1, \dots, N$ es conocida como *periodograma*).

Errores del estimador

Cuando se calcula un estimador basado en una realización del proceso aleatorio se cometen ciertos errores (estadísticos) que hacen que el mismo se aparte en mayor o menor medida de la función que se pretende estimar. Este hecho es cuantificado por el Error Cuadrático Medio del estimador, cuya expresión es:

$$\begin{aligned}
 e.c.m.[\hat{G}_x(f)] &= E[(\hat{G}_x - G_x)^2] = \\
 &= E[(\hat{G}_x - E[\hat{G}_x])^2] + E[(E[\hat{G}_x] - G_x)^2] \quad (8)
 \end{aligned}$$

Como se aprecia en la ecuación 8, el error cuadrático medio puede separarse en dos componentes cuya naturaleza es esencialmente diferente:

$$Varianza\ de\ \hat{G}_x = E[(\hat{G}_x - E[\hat{G}_x])^2]$$

$$Sesgo\ de\ \hat{G}_x = \sqrt{E[(E[\hat{G}_x] - G_x)^2]}$$

El sesgo del estimador de la densidad espectral de potencia G_x es en general mayor cuanto mayor sea la derivada segunda de G_x y cuanto menor sea la resolución adoptada [2][4]. Esto crea una situación de compromiso entre los dos tipos de error (sesgo y varianza) pues como se verá más adelante, una de las maneras de reducir la varianza se basa precisamente en la reducción de la resolución del espectro, hecho que empeoraría el error de sesgo. [3].

Se concentrará de aquí en más la atención en la varianza del estimador y se define para mayor comodidad el Error Estándar Normalizado del estimador:

$$\varepsilon_r = \frac{\sqrt{\text{Var}[\hat{G}_x]}}{G_x} \quad (9)$$

Se puede demostrar que este error, para el estimador definido en la ecuación 3, resulta igual a 1 (100% de error) [3][4]. Esto es obviamente inadmisibles por lo que se deberá buscar alguna manera de disminuir su valor.

Reducción del error estándar del estimador.

Hay varias maneras de reducir el error estándar del estimador G_x . Algunas de ellas son:

- 1) Promediación de espectros [3]
- 2) Promediación de valores adyacentes [3]
- 3) Método de Welch [2][5]
- 4) Uso de ventanas temporales apropiadas [4]

Combinando los métodos de los puntos 1, 2 y 4, se obtiene un estimador cuya expresión de error es aproximadamente:

$$\varepsilon_r = \sqrt{\frac{\mathfrak{R}}{qp}}$$

donde:

\mathfrak{R} :factor de reducción del error debido a la ventana temporal utilizada.

q :factor de reducción del error debido a la promediación de espectros.

p :factor de reducción del error debido a la promediación de valores adyacentes.

Esta alternativa fue la que se utilizó en el equipo desarrollado.

Nótese que en este caso general, por cada espectro final hay que calcular q espectros, cada uno de $p \times N$ valores. Esto implica un número total de muestras de:

$$N_{total} = q p N$$

Cabe insistir en que la fórmula dada de ϵr constituye una aproximación, pero que sin embargo tiene similar comportamiento que el que resulta de un análisis más detallado, pero de mucha mayor complejidad.

Aplicación al análisis por tercios de octava.

Los fundamentos teóricos expuestos anteriormente son utilizados para realizar el análisis espectral de una señal por tercios de octava. El rango de frecuencias abarca desde un primer tercio cuya frecuencia central es de 125 Hz hasta un último tercio cuyo centro está en 8000 Hz de acuerdo con la norma IRAM 4081/77. La característica de esta escala es que el ancho de los tercios no es constante sino que crece desde 30 Hz hasta 1800 Hz aproximadamente. Por lo tanto, si se analiza la ecuación 6 (que repetimos para mayor comodidad):

$$N = \frac{f_m}{\Delta f}$$

se ve que el espaciamiento entre valores en frecuencia, Δf , es impuesto por las bajas frecuencias y, obviamente, no puede ser mayor que el ancho del tercio más chico. Por el contrario, la frecuencia de muestreo es impuesta por las altas frecuencias. Ambos factores se combinan dando un número de muestras grande y por ende tiempos de procesamiento elevados.

Por esta razón, el rango total en estudio fue dividido para su análisis en dos partes, a las que se ha llamado " Espectro de Alta Frecuencia " y " Espectro de Baja Frecuencia ". Los valores elegidos se resumen a continuación y fueron determinados en base a consideraciones como: tiempo de procesamiento, tamaño de memoria necesario, facilidad del hardware analógico y limitaciones de velocidad del canal de DMA.

1) Espectro de Alta Frecuencia

Rango: 1250 Hz a 8000 Hz (frecuencias centrales)

Frecuencia de muestreo: 25 KHz

Ventana: Hamming

$p = 4$

$q = 10$

2) Espectro de Baja frecuencia

Rango: 125 Hz a 1000 Hz (frecuencia centrales)

Frecuencia de muestreo: 25/8 KHz

Ventana: Hamming

$p = 4$

$q = 10$

Cabe destacar que en ambos casos se muestrea la señal a 25 KHz y se toma una cada ocho muestras para realizar el análisis del espectro de baja frecuencia, emulando así por software la frecuencia de 25/8 KHz. Para ello se cambia, previamente, la frecuencia de corte del filtro anti-aliasing mediante una señal de control como se verá más adelante.

Los valores fueron escogidos para lograr un error estándar normalizado igual a 10 % (aproximadamente), es decir 0,5 dB.

3 Adquisidor

El adquisidor del sistema es el encargado de recibir del exterior las señales analógicas que se desean analizar transformándolas en señales digitales inteligibles para la computadora. Para esto, cuenta con ciertas características especiales que le permiten realizar las siguientes funciones:

- Digitalizar la señal analógica de entrada. El formato que se toma es de 8 bits y no menos puesto que de lo contrario el error de cuantización sería mayor que la resolución del equipo. Un número mayor de bits implicará un aumento innecesario tanto del costo como de la complejidad.

Por razones de procesamiento y filtrado se adopta como frecuencia de muestreo 25 KHz y por lo tanto el adquisidor debe enviar una muestra digitalizada hacia la computadora cada 40μ seg.

- Enviar una señal de aviso de datos válidos a la interfaz cuando la muestra está lista para ser transferida a la computadora. Esto es necesario puesto que el adquisidor trabaja en modo continuo (free running) y asincrónico con el resto del sistema.

- Filtrar la señal de entrada antes del muestreo para evitar el afecto de solapamiento de réplicas del espectro (aliasing). Como se ha dicho, hay dos frecuencias de muestreo efectivas (una para calcular el espectro de baja frecuencia y otra para calcular el de alta), y por lo tanto, deben ser dos las frecuencias de corte del filtro. Estas, además, tienen que ser seleccionables desde la computadora a través de alguna señal de comando.

A continuación se analizan los bloques que conforman esta etapa, los que pueden verse en el esquema general del sistema de la figura 2.

Filtro de entrada:

El filtro de entrada (anti-aliasing) se debe realizar bajo ciertas consideraciones, a saber:

- Que su función de transferencia tenga una caída abrupta luego de la frecuencia de corte. Esto es necesario para poder disminuir al máximo la frecuencia de muestreo, con ésta la cantidad de muestras (para una ventana de muestreo fija), y por ende, reducir el tiempo de procesamiento.

- Que su función de transferencia tenga la suficiente atenuación en la banda de rechazo a partir de la frecuencia mínima que se vaya a solapar con la banda, como para que el efecto de aliasing tenga poco peso en el error general del equipo.

- Que su función de transferencia sea lo suficientemente plana en la banda de paso, como para que las ganancias a distintas frecuencias sean prácticamente las mismas, y por lo tanto, los errores sean despreciables frente a la resolución en amplitudes del equipo.

- Que su frecuencia de corte sea programable, pero que mantenga inalteradas sus demás características independientemente de la frecuencia de corte con la cual se esté trabajando.

En base a esto se usa un filtro de variables de estado, conformado mediante la técnica de capacitores conmutados.

La configuración utilizada corresponde a la de un filtro elíptico pasabajos de cuarto orden (con el filtro elíptico se logra la máxima pendiente

luego de la frecuencia de corte) cuya curva de transferencia se muestra en la figura 3, y cuyos parámetros característicos son los siguientes:

- Frecuencia de corte: 9 y 9/8 [KHz] (dividiendo la frecuencia del reloj por ocho).
- Rizado en la banda de paso (Ripple): menor que ± 0.25 dB.
- Atenuación para frecuencias de aliasing: Mayor que 40 dB.

Para terminar, se debe aclarar que la característica de fase de la transferencia no tiene importancia en este caso, ya que se trata de un analizador de espectros de potencia, y no de amplitud y fase. Si se tratara de hallar el interespectro entre dos señales, entonces sería muy importante evitar los retardos desiguales y por lo tanto sería imprescindible la utilización de un filtro con característica de fase lineal.

Circuito muestreador-retenedor

El circuito muestreador-retenedor (S/H) del adquisidor trabaja en el modo conocido como track-Hold, es decir que cuando se le da la orden de mantenimiento pasa al modo Hold, reteniendo el valor analógico de la señal mientras éste es digitalizado, pero una vez terminado este procedimiento, cuando se le da la orden de muestreo, el dispositivo pasa al modo Track o de seguimiento de la señal, disponiendo de todo el tiempo que reste - hasta la nueva orden de hold- para aproximarse a la señal de entrada.

Se enumeran a continuación los parámetros que hay que tener en cuenta para instrumentar este dispositivo [1]:

- 1) Razón de caída (Droop Rate)
- 2) Feedthrough attenuation ratio
- 3) Tiempo de adquisición (Acquisition time)
- 4) Slew Rate
- 5) Retardo digital y Tiempo de apertura
- 6) Jitter en el tiempo de apertura
- 7) Tiempo de establecimiento en modo mantenimiento (Hold settling time)

Conversor analógico-digital

El tiempo de conversión menor o igual que $40\mu\text{seg}$ obliga a descartar todos los tipos de conversores contadores, y por supuesto, los tipo rampa convencionales. Sólo restan los tipo SAR (Registro de Aproximaciones Sucesivas) y FLASH como posibles. Sin embargo, se opta por el tipo SAR, que a menor costo es igualmente efectivo para este caso. El conversor tipo SAR se instrumenta mediante un registro de aproximaciones sucesivas (SAR) que alimenta a un conversor digital-analógico (DAC). Este conversor obtiene la corriente de referencia a partir de un Zener de referencia (V_{REF}) y una red de resistores de alta estabilidad (película metálica). El comparador (COMP) es un comparador integrado de respuesta rápida. Con este conjunto y entregándole al SAR una señal de reloj de 500 KHz se obtiene un tiempo de conversión menor que $20\mu\text{seg}$.

Lógica de Control

Para el correcto funcionamiento del adquirente, es necesario contar con apropiadas señales de control, las cuales son generadas por este bloque [1].

Divisor de Frecuencias

El divisor de frecuencias recibe el reloj desde la computadora con una frecuencia de 8MHz. La frecuencia de este reloj es tomada entonces como base a partir de la cual se obtienen todas las demás necesarias, a saber [1]:

500 KHz para el SAR.

25 KHz para la f_m .

1 MHz y 1/8 MHz para la f_{FLT}

Para concluir con el adquirente, resta indicar que se agregan tres bloques de protección e indicación [1].

- Un limitador de tensión en la entrada;
- Un limitador de sobretensiones;
- Un indicador de toma de muestras.

4 Interfaz

Es la etapa del analizador digital de espectros que cumple con la tarea de comunicar el sistema de cómputo con la etapa de entrada. Las funciones a cumplir por la interfaz pueden dividirse en dos partes bien diferenciadas entre sí por el sentido en que viaja la información, es decir, debe permitir la transferencia de datos desde el adquirente hacia la computadora, así como el envío de señales de control desde la computadora hacia el adquirente. Esto permite entonces hablar de una interfaz de entrada de datos y una interfaz de salida de control. En la figura 4 se muestran estos conceptos.

Interfaz de Salida de Control

Es, por su naturaleza, una interfaz asincrónica de baja velocidad de transmisión cuyo cometido es el de proveer señales de control al adquirente y a la interfaz de entrada de datos. De todas las modalidades de acceso posibles la que más se adapta a este caso es la utilización de un puerto paralelo de salida de 8 bits accedido por programa. Podría utilizarse para este fin el puerto paralelo de la máquina, pero, estando éste dedicado al manejo de la impresora, no es conveniente su uso ya que no podrían utilizarse ambos periféricos a la vez, resultando en un grado de libertad menor. Por lo tanto se construye un puerto de salida de 8 bits en una posición no utilizada dentro del mapa de entrada-salida de la computadora dedicado exclusivamente a este fin.

Los bloques constitutivos de esta parte de la interfaz pueden verse en el diagrama general del sistema de la figura 2, y son los siguientes [1]:

- Lógica de decodificación de direcciones;
- Lógica de habilitación;
- "Latch" de datos de salida.

Interfaz de Entrada de Datos

Es, por su naturaleza, una interfaz sincrónica de alta velocidad de transmisión, cuyo fin es el envío de las muestras de la señal a analizar, que son tomadas periódicamente, al sistema de procesamiento. Como se dijo, la frecuencia de muestreo es de 25 KHz y 8 el número de bits necesarios para la codificación, esto resulta en la necesidad de tomar un dato de 8 bits cada $40\mu\text{seg}$. De todas las modalidades posibles la que más se adapta a este cometido es la utilización de una transferencia de entrada por

acceso directo a memoria (DMA), que permite, en la máquina utilizada, concretar la toma de un dato cada $3,5\mu\text{seg}$. Además, con este tipo de acceso, no es necesario enmascarar ninguna rutina interna con lo que no se altera el normal funcionamiento del sistema; deberá tenerse cuidado, sin embargo, de no contradecir al sistema operativo cuando se realice la correspondiente inicialización del controlador de DMA ya que, de suceder ésto, puede alterarse el funcionamiento en forma drástica (un ejemplo de ello es la posibilidad de inhibir el refresco de las memorias dinámicas que se realiza a través de uno de los canales de DMA) [6].

Los bloques constitutivos de esta parte de la interfaz pueden verse en el esquema general de la figura 2 y son los siguientes [1]:

- Lógica de pedido de DMA;
- Lógica de habilitación;
- "Latch" de datos.

Cabe agregar finalmente que tanto la interfaz de salida de control como la interfaz de entrada de datos, son instaladas en un slot de la máquina de donde se accede a las líneas de control necesarias, a los buses, y a las tensiones de alimentación para la interfaz y para el adquisidor. La familia lógica empleada para la construcción es la TTL LS ya que las líneas del slot son compatibles con la misma.

5 Programación

La figura 5 muestra en un esquema en bloques general la solución que se adopta para la realización de las distintas tareas que desarrolla el sistema. Puede notarse que existen cuatro etapas bien diferenciadas, realizadas en los lenguajes que más se adaptan al tipo de funciones a ejecutar. Es así que se adopta el lenguaje BASIC, en su versión compilable, para la parte de manejo de pantalla y presentación de opciones (podrían haberse utilizado también otros lenguajes tales como el C o el Pascal); el Fortan 77 para la realización de las operaciones matemáticas que implica la FFT y el Estimador de Densidad Espectral; el Assembler para el manejo de las operaciones de E/S necesarias para la inicialización del controlador de DMA y la transferencia de las muestra adquiridas al algoritmo de procesamiento. Todas las rutinas son unidas dando como resultado un único módulo ejecutable.

A continuación se nombran las rutinas que se realizan en cada len-

guaje [7].

Rutinas en BASIC

- Verificación de conexión de la interfaz
- Presentación del menú de opciones
- Almacenamiento y presentación de resultados

Rutinas en FORTRAN 77

- Generación de la ventana de Hamming
- Cálculo del valor medio de las muestras
- Cálculo del estimador
- Agrupación por tercios de octava
- Normalización de los valores
- Acotación del rango dinámico

Rutinas en ASSEMBLER

- Control del filtro anti-aliasing
- Inicialización del controlador de DMA
- Detección del fin de la adquisición
- Decodificación y pasaje de los datos al algoritmo de procesamiento.

6 Conclusiones

El equipo desarrollado permite realizar el análisis espectral por tercios de octava entre 125 y 8000 Hz con un rango dinámico de 40 dB. El mismo está actualmente en uso en el Laboratorio de Acústica y Lumiotecnica de la C.I.C., donde es utilizado para el cálculo de aislamiento acústico a ruidos aéreos y de impacto, estudios de absorción acústica, análisis de ruidos para aplicaciones en higiene y seguridad industrial, medición de distorsión armónica, etc. Es un equipo de bajo costo, que supera ampliamente a los sistemas analógicos convencionales tanto en la comodidad, facilidad y rapidez de uso, como en la versatilidad que se logra al poder contar con las ventajas que ofrece un sistema de cómputo (almacenamiento de datos, realización de estadísticas, consultas, comparaciones, obtención de gráficos, etc). Cabe destacar que la resolución

en frecuencia de este equipo es mucho mayor que la lograda con filtros de tercios analógicos. Como posibles mejoras se prevé la ampliación del rango de frecuencias para que abarque la totalidad de la gama de audio (20 a 20000Hz) así como la posibilidad de contar con mayores resoluciones en frecuencia (doceavo de octava).

7 Referencias

- [01] H.G. Giuliano, M.B. Ripa, A.G. Velis, "Analizador Digital de Espectros", Facultad de Ingeniería, U.N.L.P., 1990
- [02] A.V. Oppenheim & R.W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Prentice Hall, 1975.
- [03] J.S. Bendat & A.G. Piersol, "Random Data: Anlysis and Measurements Procedures", Wiley Interscience, 1971.
- [04] G.M. Jenkins & D.G. Watts, "Spectral Analysis and its applications", Holden-Day Inc, 1968.
- [05] P.D. Welch, "The use of Fast Transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short modified periodograms", IEEE Trans. Audio & Electroacustics, Vol. AU-15, No.2, Junio 1967, pag. 70-73.
- [06] L. Eggebretch, "Interfacing to the IBM/PC", 1983.
- [07] A.G. Velis, H.G. Giuliano y M.B. Ripa, "Analizador digital de espectros en tercios de octava", revista Telegráfica Electrónica, No. 928 Julio 1991 pág. 159-463 y 929 Agosto 1991 pág. 579-582.



Figura 1: Pasos básicos para el análisis por FFT

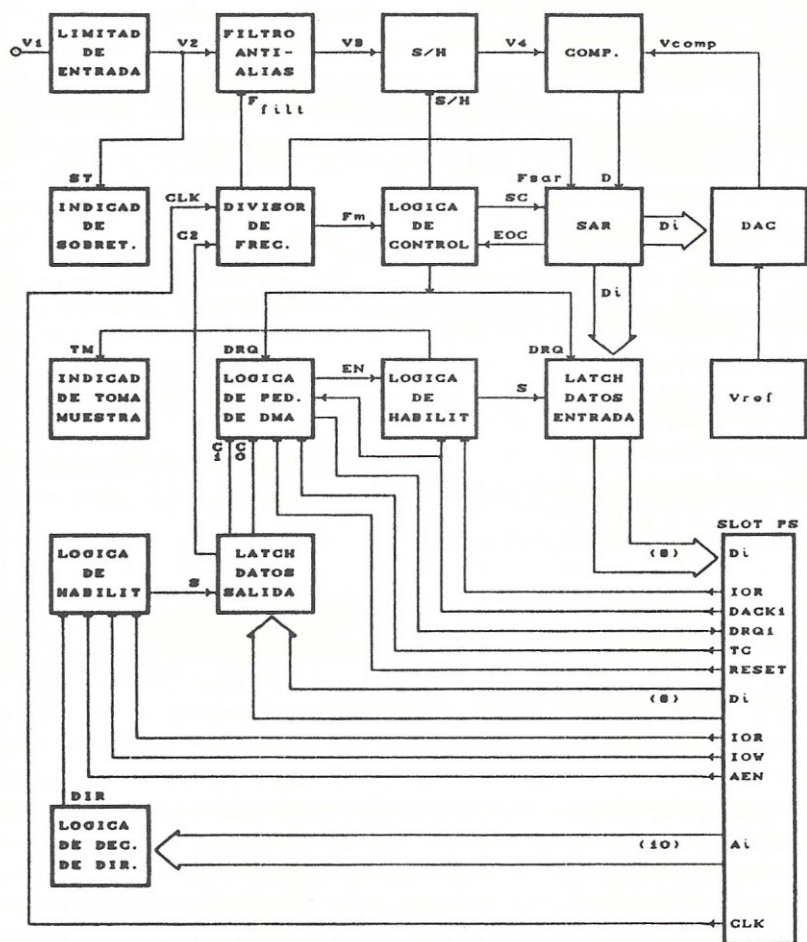


Figura 2: Esquema general del sistema

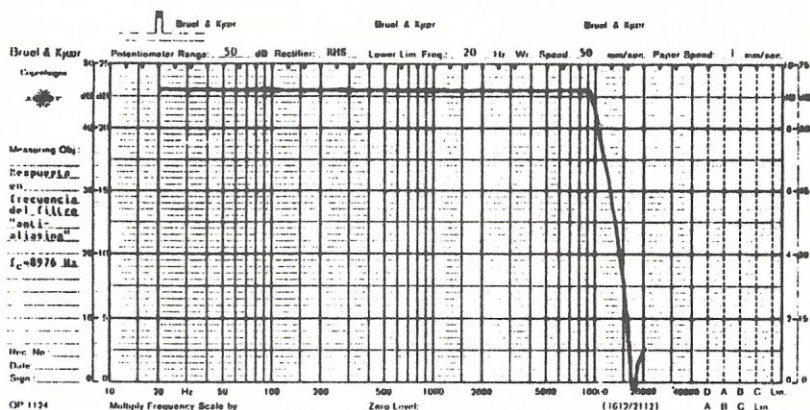
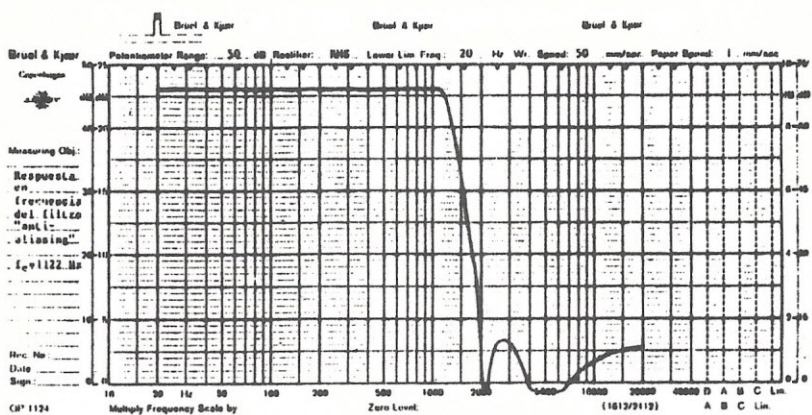


Figura 3: Filtro anti-aliasing. Curvas de transferencia para las dos frecuencias de corte utilizadas

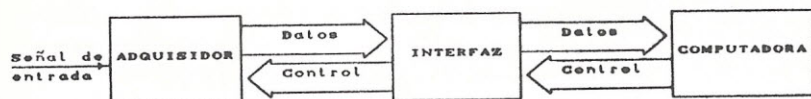


Figura 4: Diagrama en bloques del sistema.

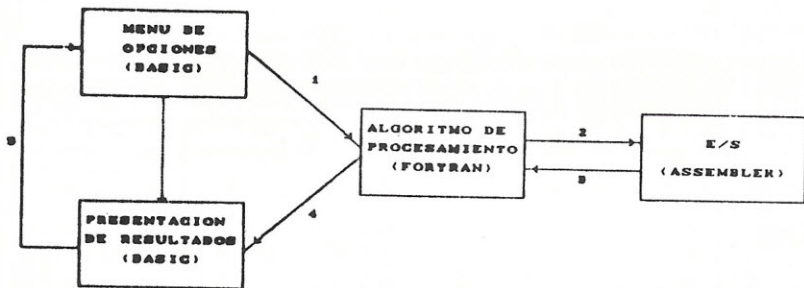


Figura 5: Esquema general del software

**Os Trabalhos Apresentados no IV
Seminário Internacional de Controle de
Ruído, XIII Encontro da Sociedade
Brasileira de Acústica e
Ruído Ambiental e o Homem**

Comitê Organizador (SOBRAC - Rio de Janeiro)

Prof. Roberto A. Tenenbaum
Eng. Marco Nabuco
Prof. Ricardo E. Musafir
Prof. Moysés Zindeluk
Prof. Jules G. Slama
Físico Walter E. Hoffmann

RUÍDO OU MÚSICA ? Informação e Significado
Moysés Zindeluk - Lab. de Acústica e Vibrações
COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro - Brasil

TRAFFIC NOISE IN BILDING AREAS
Jean-Marie Rapin - Centre Scientifique et Technique du Batiment
Grenoble - France

**ACOUSTIC METROLOGY - Instrumentation - Standards -
Legal Metrology**
Hans-O. Finke - Physikalisch-Technische - Bundesanstalt - PTB
Braunschweig - Germany

ACTIVE NOISE AND VIBRATION CONTROL
S.J. Elliot - Institute of Sound and Vibration
Research - ISVR - Southampton - England

MONITORAÇÃO DE RUÍDO AMBIENTE EM PORTUGAL
J.L. Coelho - Instituto Superior Técnico
Lisboa - Portugal

**NATIONAL SYSTEM OF ACOUSTICAL METROLOGY
ITS ROLE WITHIN MERCOSUR**

Lucia Talbo e Jorge Riganti

**SISTEMA DE CRIAÇÃO Y GENERACION DE
SENALES ARBITRARIAS**

Oscar A. Ramos

EFEITOS DO RUÍDO I

**A PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO E
A ATUAL LEGISLAÇÃO BRASILEIRA**

Rita C. Marques e Silvia A. Sampaio

**EFFECTS OF NOISY URBAN POLLUTION ON SLEEP
AND HEALTH STATUS**

Fernando Pimentel-Souza

**ANATOMIA, NEUROANATOMIA, HISTOLOGIA, FISILOGIA
E INTRODUÇÃO À PSICOACÚSTICA DO PROCESSO
DE AUDIÇÃO**

Leonardo B. Barros

LOS EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL HOMBRE:

Breve Revision de Investigaciones Realizadas en el CIAL

Ana M. Verzini e Ester C.B. Serra

**PELIGRO AUDITIVO EN JUQUETES Y
ACTIVIDADES RECREATIVAS**

Alessandra Celani, Orozimbo A. Costa e Salvador J. Troise

VIBRAÇÕES

**CONTROL DEL RUIDO DE IMPACTO MEDIANTE
PISOS FLOTANTES**

A.J. Stornini e H.G. Giuliano

**FLUXO DE ENERGIA VIBRATÓRIA ENTRE COMPONENTES
ESTRUTURAIIS NA REGIÃO DAS MÉDIAS FREQUÊNCIAS**

Arcanjo Lenzi e Edmar Baars

**IDENTIFICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE ATIVO
DE VIBRAÇÕES**

Gustavo P. Ripper e Moysés Zindeluk

**EXEMPLOS DE ISOLAÇÃO DE VIBRAÇÕES EM
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**

Mário C. Pimentel e Honório C. Lucatto

RUÍDO DE SERRAS CIRCULARES

Geraldo R. Sisquini e Moysés Zindeluk

EFEITOS DO RUÍDO II

PERTURBAÇÕES CAUSADAS PELO RUÍDO

Leonardo B. Barros

**NIVELES DE VOZ Y PATOLOGIA OCUPACIONAL EN
PROFESORES DE EDUCACION BASICA Y MEDIA DE
LA REGION METROPOLITANA**

Hernán Costabel, Sylvia Seballos, Pedro Matamala e Claudia Oxman

INTERACTIONS BETWEEN NOISE AND ORGANIC SOLVENTS

Thais W. Kreteschmer e Roberto W. Keith

**PESQUISA DE LOS NIVELES DE RUIDO DE INCUBADORAS
DE 3 HOSPITALES PUBLICOS**

Maria E.S. Parrado e Orozimbo A. Costa Filho

RUÍDO, COMUNICAÇÃO E OUTRAS ALTERAÇÕES

Ana C. Fiorini, Sueli A. da Silva e Maria C. Bevilacqua

ACÚSTICA VEICULAR

NOISE INSIDE MOTOR VEHICLES:

On The Calculation of Articulation Index Modified (AIM)

M.M. Hage e H. Onusic

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INFRASOUND IN COMMERCIAL VEHICLES

V.S. Mizutani, H. Onusic, L.C. Ferraro e M.A.M. Cano

EXTERNAL NOISE REDUCTION - TRUCK - QUIET TRUCK

Sadão Hayashi

AIRBONE SOUND ISOLATION IN COMMERCIAL VEHICLES

H. Onusic, M.M. Hage e C.A.M. Freitas

INTERIOR NOISE REDUCTION OF A COMMERCIAL VEHICLES: Acoustic Package

L.C. Ferraro, H. Onusic, E.L. Baptista, F. Mansano, M.A.F. Accurso
e M.M. Hage

FONTES DE CONTROLE DE RUÍDO

NOISE CONTROL AT VERY LOW FREQUENCIES IN INDUSTRY - G.L. Fuchs

CONTROLE DE RUÍDO DE PAÍSES SUBDESENVOLVIDOS:

Problemas Conjunturais

Suzana G. Teixeira

O RUÍDO NA INDÚSTRIA PORTUGUESA

J.F.M. Vieira Serrano, J.L. Bento Coelho e F. Costa Oliveira

EXPERIMENTS IN AERODYNAMICAL NOISE

Ricardo E. Musafir, Leonardo B.G. Martins e Ivo Leser

MEDICACION DEL RUÍDO EMITIDO POR TRACTORES Y MAQUINARIA AGRICOLA

Antonio M. Méndes, Juan A. Muglia e Ariel G. Velis

RUÍDO DE TRAFEGO

**STRATEGIES FOR ACOUSTIC OPTIMIZATION OF
AUTOMATIVE POWERTRAINS**

F.K. Brandi e G. Argow

BARREIRAS ACÚSTICAS E RUÍDO DE TRÂNSITO

Jules Ghislain Slama e Suzana G. Teixeira

**RUÍDO URBANO Y NIVELES SONOROS EN
ESTABELECIMIENTOS EDUCACIONALES DE SANTIAGO**

Sylvia Seballos, Henán Costabal e Pedro Matamala

**AVALIAÇÃO TEÓRICA DA INSTALAÇÃO DE PLACAS
ABAFADORAS DE RUÍDO EM ESTAÇÃO DO METRO/RJ**

Francisco P.R. Corrêa

URBAN NOISY POLLUTION IN BELO HORIZONTE CITY

Pedro A.S. Alvares e Fernando P. Souza

FALA, AUDIÇÃO E PROTEÇÃO

**ESTUDO COMPARTIVO ENTRE AUDIOMETRIA TONAL E
TESTES DE RECONHECIMENTO DE FALA:**

Aplicação em Audiologia Ocupacional

Everardo A. Costa

**A DONÉTICA ACÚSTICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**

João A. de Moraes e José A. Solewicz

**PERIPHERAL AND CENTRAL AUDITORY FUNCTION
ASSESSMENT BY GOOD OBSTACLE DETECTOR
BLIND PEOPLE**

Claudia Arias, Carlos A. Curet, Horacio F. Moyano, Silvia Joeques e
Nídia Blanch

HEARING PROTECTORS TESTING AND CLASSIFICATION
Lucia Taibo

UMA PROPOSTA PARA AUTOMAÇÃO DO MÉTODO
SUBJETIVO PARA AVALIAÇÃO DE PROTETORES
AUDITIVOS
Nelson M. Do Espírito Santo

METROLOGIA E INSTRUMENTAÇÃO II

ESTAÇÕES DE MONITORAÇÃO :
Rede Nacional de Poluição Sonora
J.F.M. Vieira Serrano, J.L. Bento Coelho e F. Costa Oliveira

O GABINETE DE ACÚSTICA DA UFRJ:
A Atualidade nos Recursos de Ensino e Pesquisa do Século XIX
Leonardo Funks

INDICADORES DE CAMPO NA INTENSIMETRIA SONORA
Geraldo T.D. Cavalcante

ESTABELECIMENTO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
PREDITIVA ATRAVÉS DA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES
Rene P. Kazimour

UMA INFRAESTRUTURA PARA CARACTERIZAÇÃO DE
TRANSDUTORES HIDROACÚSTICOS
Manoel Marteleto

CALIBRAÇÃO DE MICROFONES CONDENSADORES DE 1o.
EM BANCADA PELO PRINCÍPIO DA RECIPROCIDADE
Geraldo T.D. Cavalcante

SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica

SECRETARIA GERAL

Rua das Alfazemas, 31 Vila Alpina - 02304 - São Paulo - SP

Fone:(011)917-0066 / Fax:917-1966 / Telex:62013

F I C H A D E I N S C R I Ç Ã O

NOME: _____

Data e Local Nasc.: _____

Graduação : []sim []não Especialidade: _____

Ocupação Principal: _____

ENDEREÇO PESSOAL

Rua, No. Bairro: _____

CEP-Cidade-Estado-Pais: _____

Fone e Fax: _____

ENDEREÇO PROFISSIONAL

Empresa/Instituição : _____

Cargo: _____

Rua e No.: _____

Bairro e Cidade: _____

Cep-Cidade-Estado: _____

Fone e Fax: _____

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA: Res.[] Com.[]

ACEITA DIVULGAR SEU ENDEREÇO : Sim [] Não []

ÁREAS DE INTERESSE PRINCIPAL

CATEGORIA : EFETIVO[] INSTITUCIONAL[] ESTUDANTE[]

Quando Institucional fornecer CGC, Insc. Estadual e contato para cobrança: _____

Representantes: _____

LOCAL _____ DATA: _____

ASSINATURA: _____

Ficha de Avaliação da Revista
ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Nº 11

Out/92

1 - O que você achou do conteúdo desta REVISTA ?

Muito bom [] Bom [] Razoável [] Péssimo []

2 - Você acha que se as REVISTAS continuarem nesta forma você
estará se beneficiando com a SOBRAC ?

Sim [] Não []

3 - Qual o tipo de matéria que você mais gostou ?

4 - Quais os assuntos, na área de vibrações e acústica, você gostaria
que fossem abordados ?

5 - Opine sobre: qualidade de impressão, lay-out, desenhos, etc.

É de grande importância para nós da Comissão Editorial da Revista da SOBRAC que você, caro associado, nos envie esta ficha preenchida. Caso os espaços forem pequenos, escreva-nos dando sua opinião, criticando, etc. Agradecemos as críticas e comentários, e gostaríamos de convidar **V.Sa para publicar artigos, notícias, informações, etc, nas próximas edições.**

SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica - (Regional Sul)

UFSC / EMC / LVA

Cxa.P. 476 - Campus Universitário / 88049 - Florianópolis - SC

Att.: Prof. Samir N.Y. Gerges, Ph.D.