

## Basilica del Divino Amore:

relazione tecnica di confronto tra le prestazioni di un diffusore acustico convenzionale ed un sistema direttivo.

Nella Sala Convegni della Basilica sono stati posti a confronto diretto un diffusore convenzionale ed un sistema direttivo: al tempo dei rilievi erano ancora assenti le vetrate, ma il riverbero dell'ambiente vuoto era comunque ben avvertibile e rilevabile.

E' stata posta una particolare enfasi nel rilevare le prestazioni in termini di Articolazione del Parlato: nei rilievi finali si è utilizzata una voce artificiale, con microfono, mixer ed una catena di amplificazione rappresentativa delle normali condizioni di impiego.

L'apparato di misura comprendeva un analizzatore di Time Delay Spectrometry ed MLS tipo Techtron TEF-20, con microfono Bruel & Kjaer mod. 4155, preamplificato dal fonometro B&K mod. 2221: l'apparato è stato tarato mediante un calibratore B&K mod. 4230.

Sono state rilevate curve di risposta in Time Delay Spectrometry ed Energy-Time-Curves a 10-20-30 metri di distanza, con una tensione costante di 4 Volt (pari a due Watt di potenza), nonché le risposte all'impulso tramite MLS (Maximum-Lenght-Sequences).

Il posizionamento in terra scelto per il diffusore convenzionale (a radiazione diretta, reflex, con 8 trasduttori da 13 cm. di diametro) lo ha volutamente posto nelle migliori condizioni possibili di operazione, simulando in pratica un sistema composto da una coppia di diffusori analoghi in sospensione.

### I grafici

I grafici che seguono sono ordinati in coppie, con confronto diretto tra le prestazioni del diffusore convenzionale (Figure n.-CV) e quelle del sistema direttivo (Figure n.-DR), misurati alla stessa distanza e con la stessa tensione ai capi (l'impedenza era analoga, 8 ohm per entrambi).

Il grafico di Figura 1-CV mostra la curva di risposta rilevata a 10 metri in Time Delay Spectrometry per il diffusore convenzionale privo di equalizzazione: la sensibilità è molto elevata (98 dB/ 1W /1 mt.), grazie alla riflessione speculare data dal posizionamento a pavimento.

Il grafico di Figura 1-DR mostra invece la curva di risposta rilevata alla stessa distanza e potenza ma per il diffusore direttivo, anch'esso non equalizzato: i 13 deciBel in più rispetto al sistema convenzionale rappresentano di già un indizio di grande direttività di emissione e comunque significano in pratica la possibilità di operare a parità di livello ma con potenze di amplificazione inferiori di esattamente venti volte.

Va segnalata la estensione in alto della risposta fino alle frequenze della terza formante del parlato per il sistema direttivo: per le basse frequenze e per le altissime sono previsti trasduttori specifici, anch'essi direttivi, al momento non sottoposti a rilievo.

Il grafico di Figura 2-CV riporta il succedersi di arrivi di energia e riflessioni a trenta metri dal diffusore convenzionale: il riverbero è regolare e superiore ai tre secondi nella banda di frequenze considerata, che va dai 1500 ai 2500 Hz (la gamma più critica per l'articolazione delle consonanti).

Nel caso del diffusore convenzionale l'energia che perviene direttamente al microfono di misura è superata di circa 4 dB da quella complessiva delle riflessioni, causando una prevista Perdita di Articolazione delle Consonanti (Al.Cons.) del 13 per cento circa, ai limiti del tollerabile. E' sufficiente aggiungere un secondo sistema di diffusori convenzionali per vedere aumentare l'energia del campo riverberato di altri 3 dB, compromettendo definitivamente il risultato.

Il grafico di Figura 2-DR mostra invece un primo arrivo di energia dal diffusore direttivo ben netto ed al di sopra delle riflessioni, poste tutte 20-25 dB al di sotto e dunque presumibilmente inaudibili: il campo diretto prevale su quello riverberato di circa 9 deciBel (1500/2500 HZ), nonostante la distanza di trenta metri.

La Perdita di Articolazione delle Consonanti (Al.Cons.) attesa è di appena il 4 per cento, in pratica inavvertibile.

Nel caso del diffusore direttivo è senz'altro possibile prevedere l'impiego di unità multiple (o con più fasci di emissione) senza alcun timore di compromissione del risultato finale, che è da attendere ancora migliore se si considera che le aree verso cui sarà diretta l'energia acustica saranno in pratica occupate dal pubblico e quindi assorbenti, mentre questi rilievi sono effettuati a spazio vuoto e riflettente.

Il diffusore convenzionale, non direttivo, invia comunque una quota consistente di energia verso le pareti laterali e superiori dello spazio, creando dunque un campo riverberato anche in presenza del pubblico.

Sia i rilievi della risposta in Time Delay Spectrometry che le curve di ETC (Energy-Time-Curves), sempre con questa modalità acquisite, sono relativamente immuni agli effetti del rumore di fondo presente al momento della misura, grazie alla ristretta larghezza di banda del filtro sincronizzato posto in ingresso all'analizzatore.

Per ottenere la stessa immunità al rumore sono state necessarie 64 ripetizioni con media per le misure effettuate in modalità MLS (Maximum-Lenght-Sequences), ovvero mediante convoluzione del segnale ricevuto con la sequenza digitale pseudorandom inviata come segnale analitico.

I grafici di Figura 3-CV e di Figura 3-DR mostrano, rispettivamente per il diffusore convenzionale (CV) e per il sistema direttivo (DR), il risultato della elaborazione delle

risposte impulsive in termini di Speech Transmission Index (STI), cioè in termini di modulazione del parlato, a trenta metri dai diffusori e con 4,6 Volt RMS ai capi dei trasduttori.

Il grafico di Figura 3-CV mostra un comportamento insoddisfacente per il diffusore convenzionale, nonostante il posizionamento a terra: in media lo STI è di appena 0.41, cui corrisponde una Perdita di Articolazione delle Consonanti di oltre il 18 per cento, un livello tale da produrre un netto affaticamento negli ascoltatori (ed ancora una volta l'aggiunta anche di un solo diffusore analogo compromette ancor più il risultato).

Il grafico di Figura 3-DR mostra invece un livello di prestazioni eccellente per il sistema direttivo, con un STI di 0.63 ed una Perdita di Articolazione delle Consonanti (Al.Cons) inferiore al 6 per cento ed ancora una volta inavvertibile.

I grafici delle Figure 3-CV e 3-DR sono stati rilevati inviando il segnale analitico direttamente all'amplificatore ed ai diffusori, con un livello di pilotaggio tuttavia assai ridotto (4,6 Volt RMS): al momento dei rilievi era presente un discreto livello di rumore di fondo, grazie alle vaste aperture sulla pareti ed al cantiere operativo.

I successivi grafici delle Figure 4-CV e 4-DR sono invece rilevati inviando il segnale analitico ad un diffusore di prova, di proporzioni simili a quelle di una testa e calibrato per un livello di emissione di 67 decibel a mezzo metro di distanza. Dinanzi a questo diffusore è stato posto un normale microfono cardioidale (a 30-40 cm. di distanza) a sua volta collegato ad un mixer, quindi all'amplificatore di potenza ed ai diffusori in prova: la posizione della voce artificiale e del microfono cardioidale simulava la normale distanza tra l'oratore ed i diffusori sospesi.

Con questa tecnica di misura è possibile evidenziare la eventualità della compromissione delle prestazioni in termini di intellegibilità del parlato per via del rientro di energia attraverso il microfono dell'oratore: questo fenomeno moltiplica sia il tempo di riverbero apparente che l'entità del campo riverberato.

Il grafico di Figura 4-CV mostra infatti un calo di prestazioni per il diffusore convenzionale, con un STI di 0.31 nonostante il livello di prova più sostenuto ed un rumore di fondo di appena 55 decibel NC (Noise Criteria).

Il grafico di Figura 4-DR mostra invece un livello di prestazioni eccellente per il sistema direttivo, con uno STI di 0.79, di livello eccellente. Queste prestazioni sono possibili nonostante un fondo di rumore di 70 decibel NC grazie all'elevato guadagno possibile per la catena di amplificazione in assenza di rientri di energia acustica attraverso il microfono dell'oratore.

I grafici delle Figure 5-CV e 5-DR mostrano, per completezza, i livelli di rumore di fondo (Noise Criteria) rilevati in concomitanza dei due ultimi rilievi di STI, rispettivamente con il

diffusore convenzionale e con il direttivo: la differenza dei livelli è causata dalla attivazione del cantiere in prossimità dello spazio ove si effettuavano i rilievi proprio al momento del rilievo delle prestazioni del sistema direttivo, che comunque non sono state per nulla compromesse da una occorrenza altrimenti estremamente negativa.

Tutti i grafici che sono alla base della presente relazione sono stati selezionati tra le diverse centinaia rilevati nel corso della stessa sessione di misura e sono del tutto tipici ed esemplificativi delle reali prestazioni dei due sistemi a confronto. La duplicazione di tutti i rilievi e l'impiego di tecniche di misura profondamente differenti, ma con analoghi risultati, consente di ritenere i risultati del confronto indicativi e facilmente ripetibili.

In particolare la differenza di sensibilità tra i due sistemi si è rivelata assai vicina ed inversa alla differenza relativa tra i livelli del campo riverberato prodotti dai due sistemi, consentendo di mantenere livelli di guadagno simili per la catena di amplificazione nelle ultime misure, quelle con la voce artificiale, con un margine simile rispetto al punto di innesco per i due sistemi confrontati.

### Conclusioni

Dal confronto diretto tra un diffusore di tipo convenzionale ed un sistema direttivo, entrambi con risposta lineare in gamma media anche senza alcuna equalizzazione, è stata evidenziata una minore Perdita di Articolazione delle Consonanti ed una netta riduzione del livello del riverbero per il sistema direttivo.

Il sistema direttivo presenta un rendimento venti volte superiore, a parità di potenza di pilotaggio, ed un margine simile di riduzione nelle riflessioni.

Il minore rientro di energia attraverso il microfono dell'oratore consente al sistema direttivo di essere operato con un guadagno più elevato ed anche in condizioni di rumore di fondo di estremo impegno (NC= 70 dB).

Esiste un evidente margine, per il sistema direttivo, a favore dell'impiego di più unità emettitrici, consentendo la copertura omogenea di tutta l'area occupata dal pubblico senza compromettere le prestazioni in termini di intellegibilità del parlato: il sistema convenzionale risente negativamente anche della presenza di una sola seconda sezione.

Tutti i rilievi sono stati condotti in assenza delle vetrate, e dunque con un livello di riverbero più contenuto di quello effettivo e con un rumore di fondo sempre assai consistente, per il traffico ed i rumori del cantiere.

Fabrizio Calabrese

ROMA, v. R. Grazioli Lante 70  
Tel.: 3201424; FAX: 06/3207857

FILE: DIVAM008.TDS

FREQUENCY (HZ)

Sensitivity:  
Linear average = 80.9  
Log average = 81.6  
Start frequency = 201.0  
End frequency = 2001.0

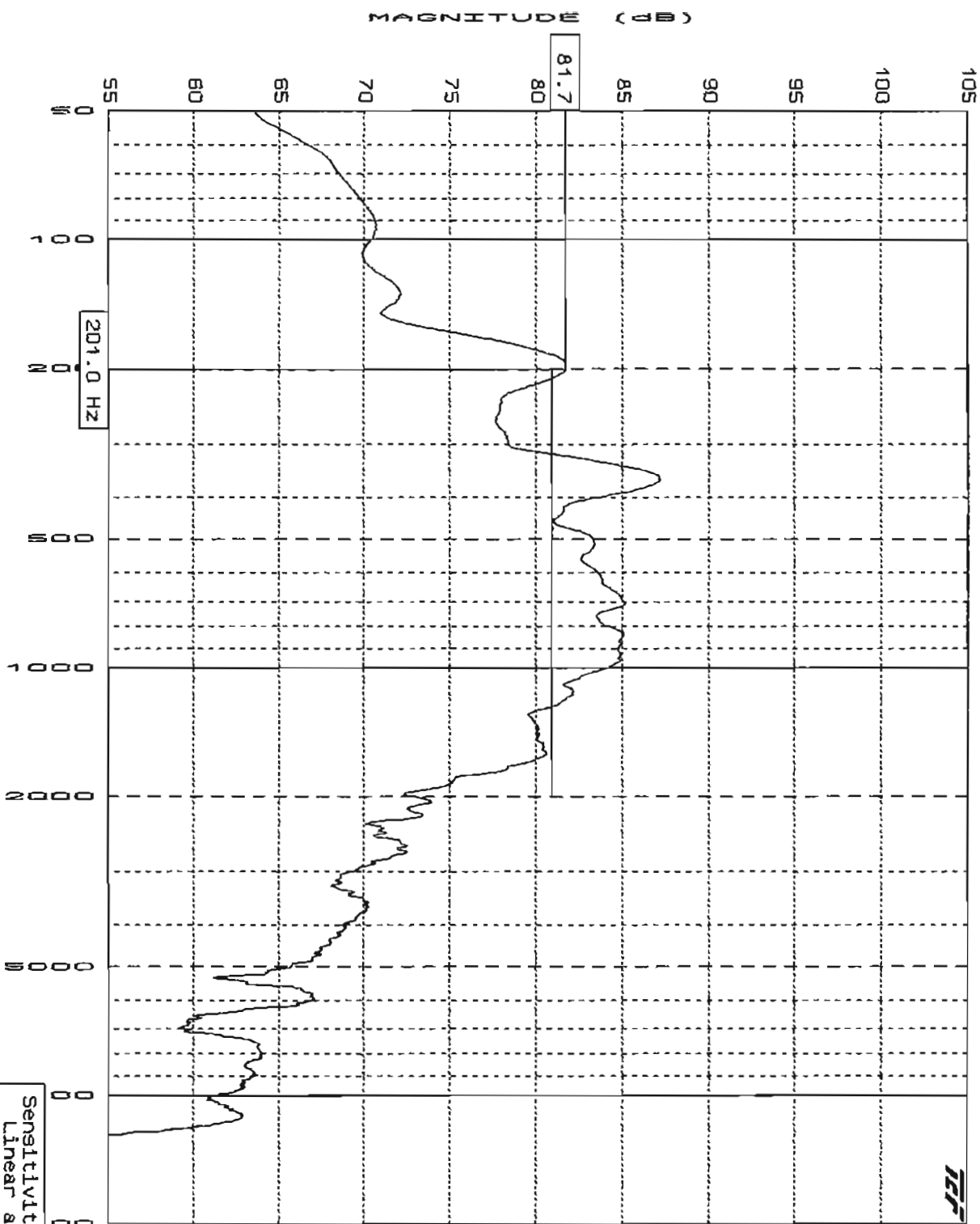
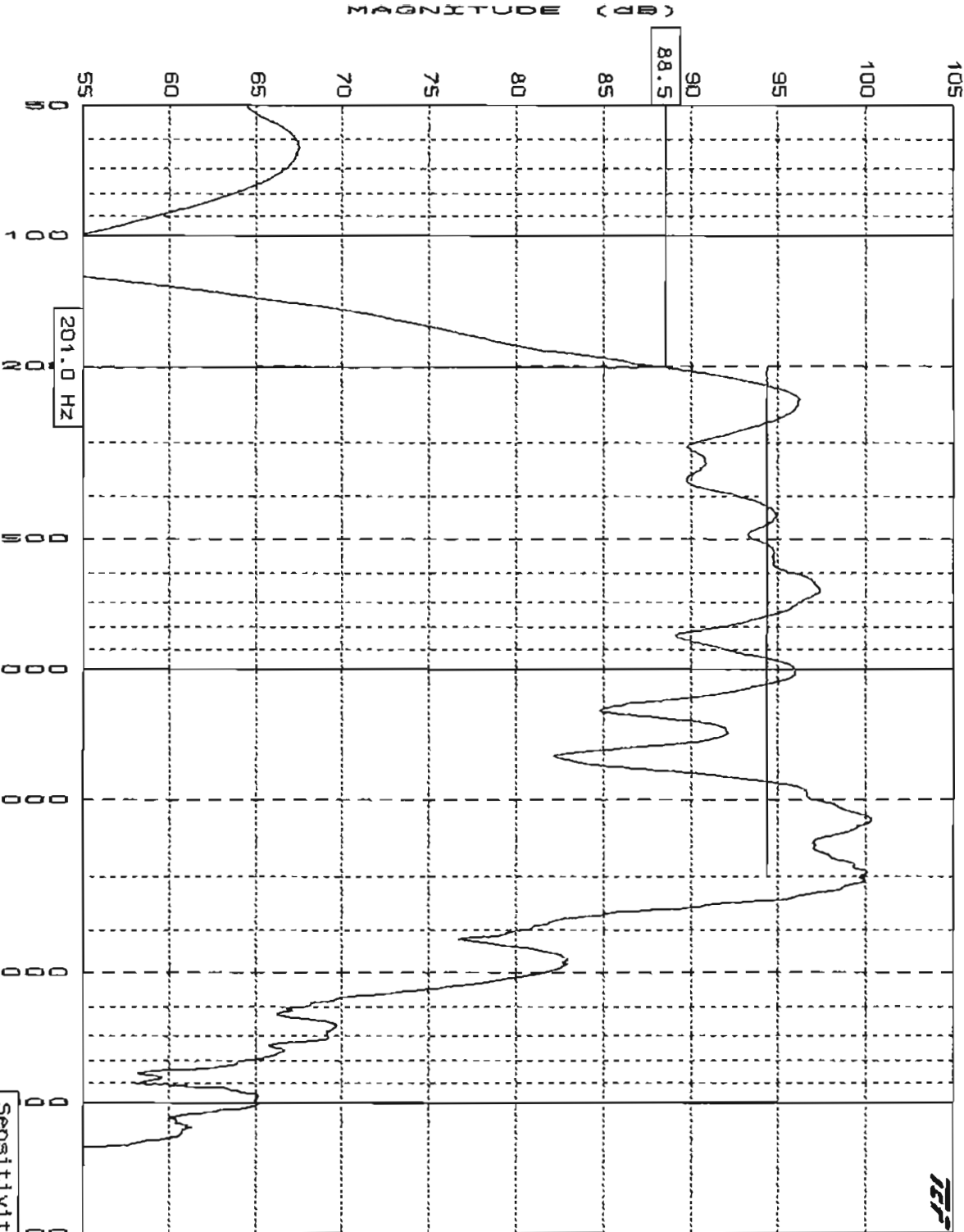


Fig.1-CV: 10 mt. 4 Volt  
Sensitivity (direct field)  
CV = Conventional Loudspeaker



Sensitivity:  
 Linear average = 94.3  
 Log average = 93.6  
 Start frequency = 201.0  
 End frequency = 3000.0

Fig.1-DR: 10 mt. 4 Volt  
 Sensitivity (direct field)  
 DR = Directive Loudspeaker



FILE: DIVAM016.ETC

TIME (milliseconds)

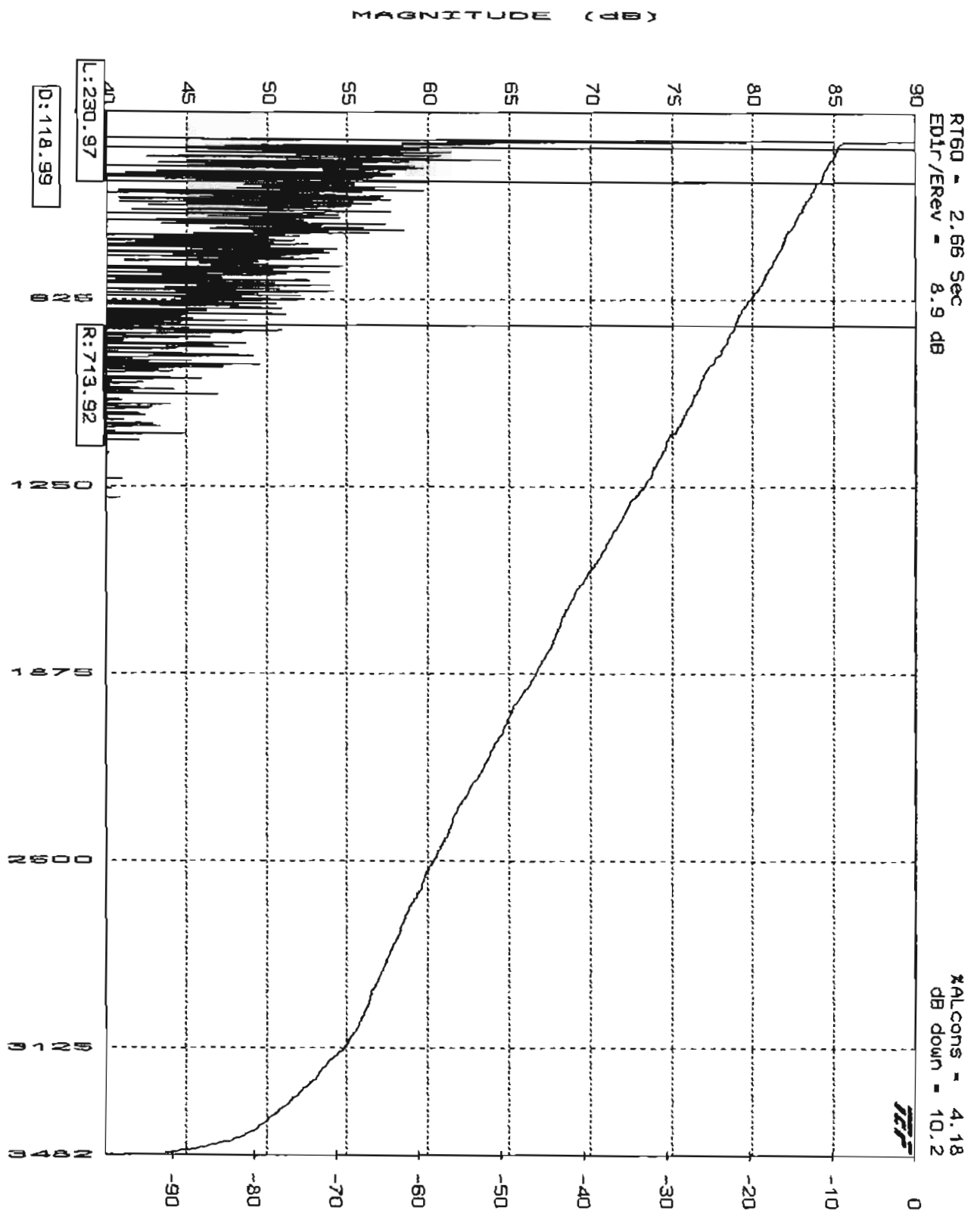


Fig.2-DR: 30 mt. 4 Volt Energy-Time-Curve, 1500/2500 Hz

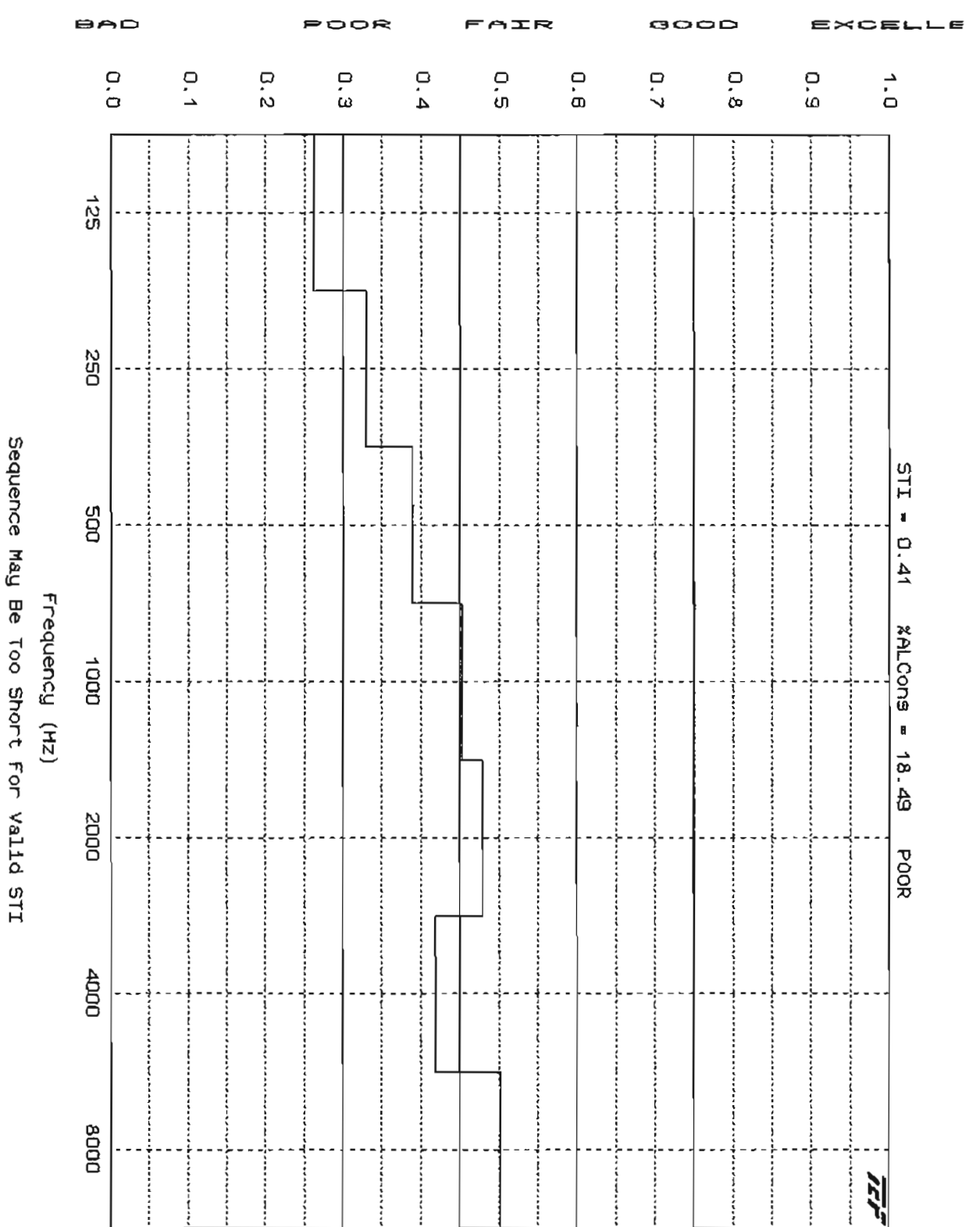


Fig. 3-CV: 30 mt.  
Speech Transmission Index

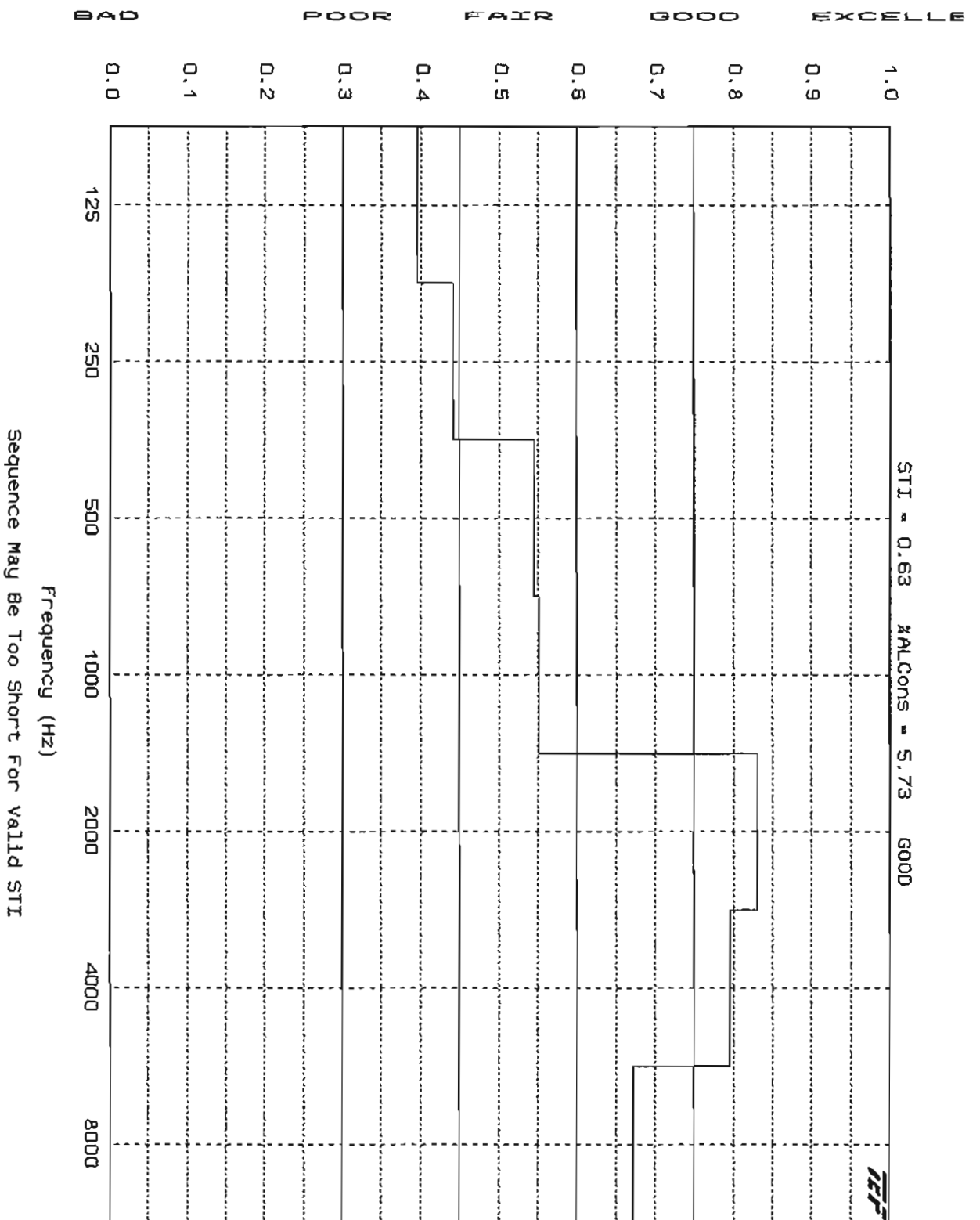
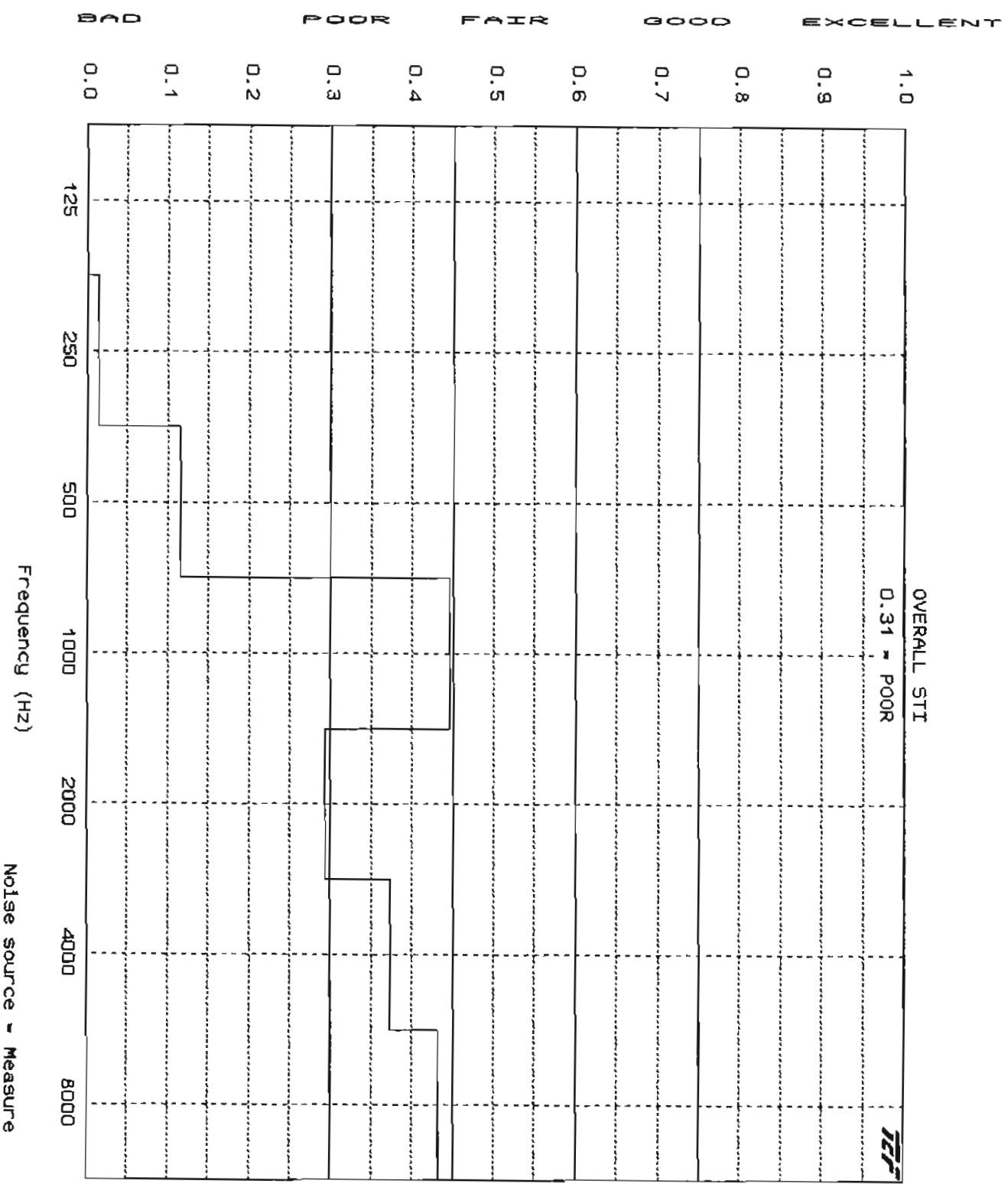


Fig. 3-DR: 30 mt.  
Speech Transmission Index



FILE: DIVAM111.STI

Fig.4-CV: 30 mt. (+noise)  
Speech Transmission Index

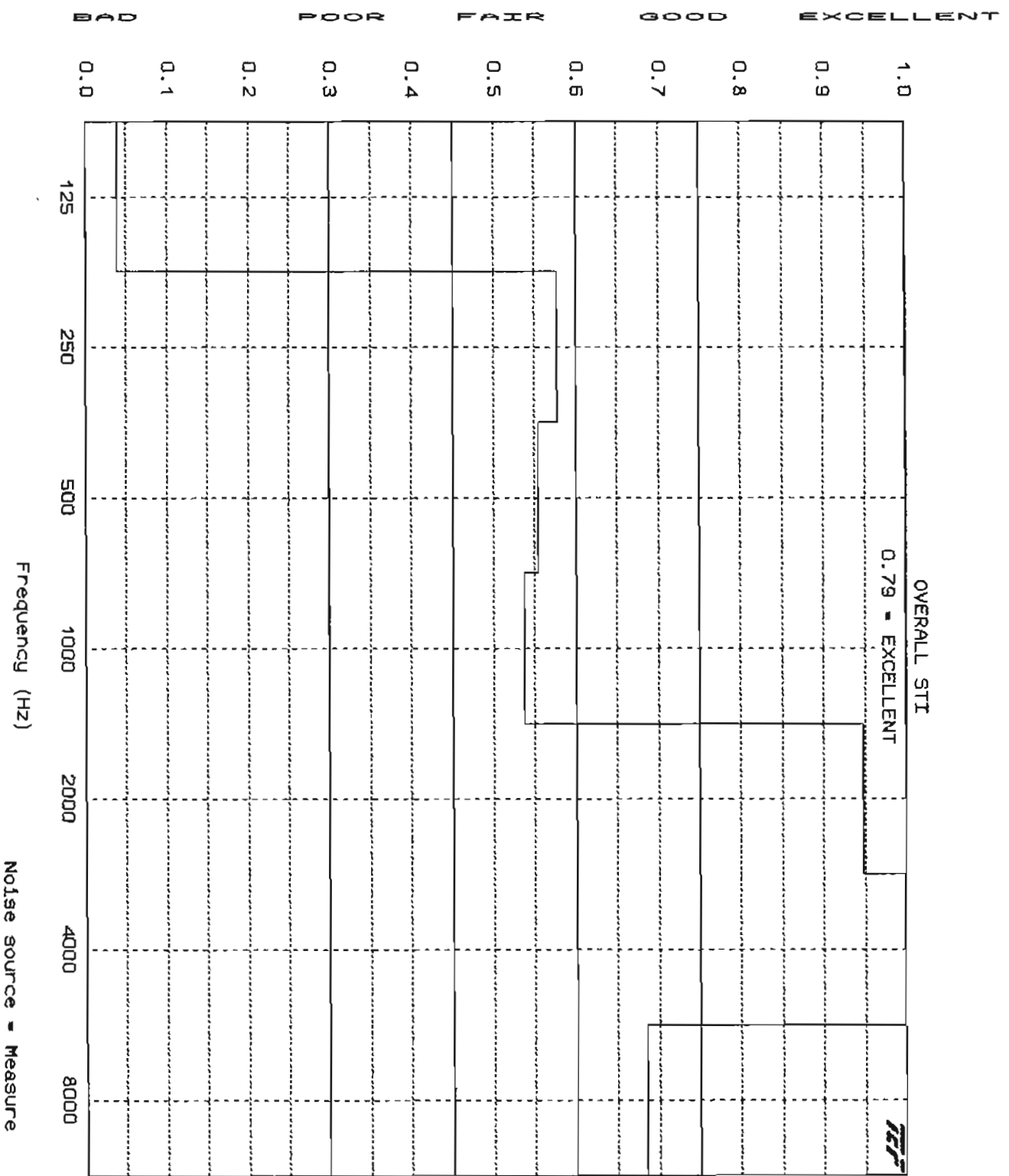


Fig.4-DR: 30 mt. (+noise)  
Speech Transmission Index

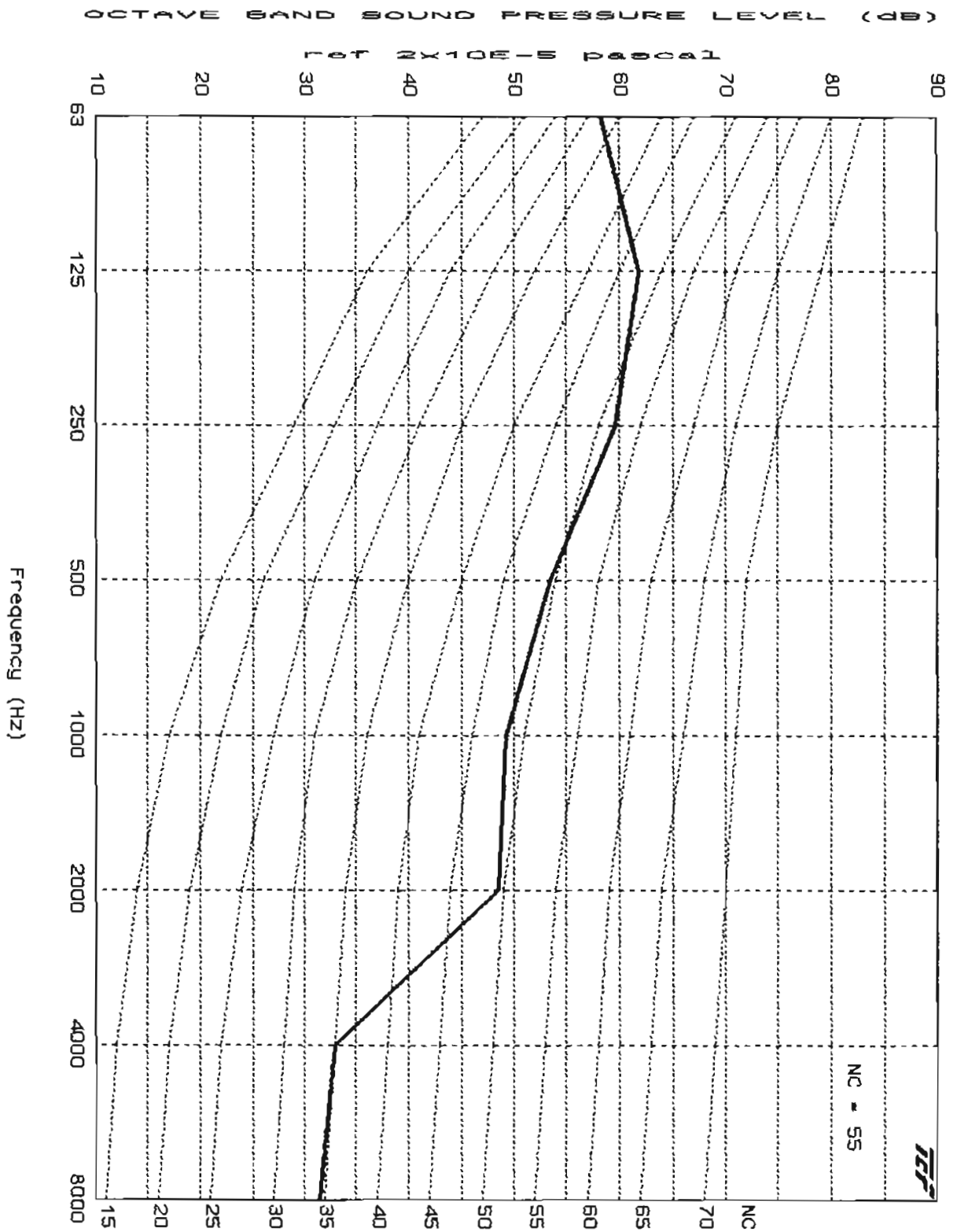


Fig. 5-10: Noise Criteria  
 Ref: Fig. 4-10 S.T.H.

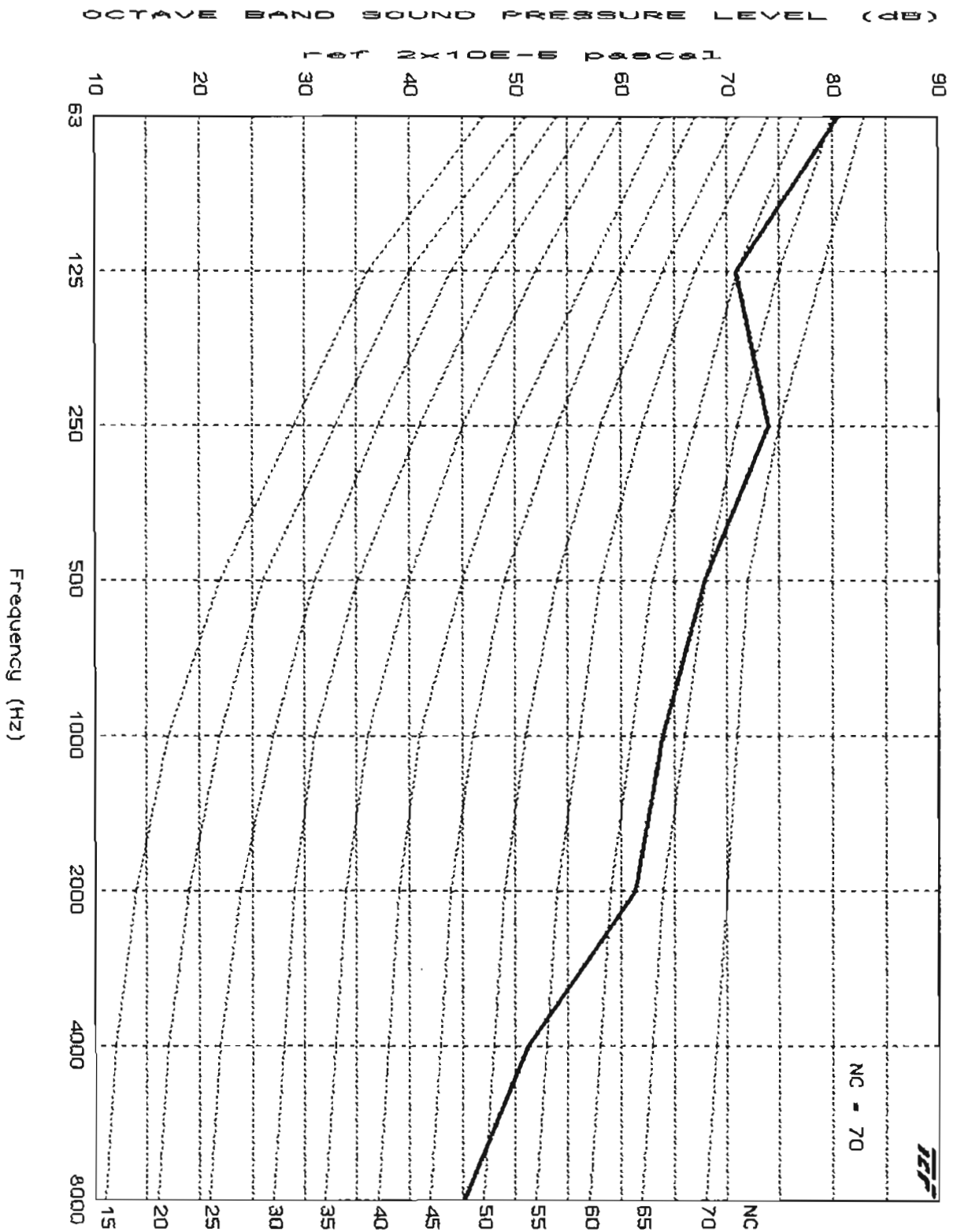


Fig. 5 - DR: Noise Criteria  
 Ref: Fig. 4 - DR S.T.H.