

COMUNE DI PALERMO



COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



IMPRESA ESECUTRICE:



PROGETTO ESECUTIVO

**PRIMO LOTTO FUNZIONALE CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO
IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI
PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A
POLITEAMA**

PROGETTO AMBIENTALE Relazione Acustica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS72	01	E	ZZ	RG	IM0006	001	C

PROGETTAZIONE: ATI (Associazione Temporanea d'Imprese)



PROGIN SPA (Capogruppo Mandataria)



Sab (Mandante)

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato/Data
A	Emissione per consegna	F.Petrelli	13/09/2010	R. Piccirillo	15/09/2010	S. Esposito 16/09/2010
	A seguito istruttoria	F.Petrelli	luglio 2011	R. Piccirillo	luglio 2011	S. Esposito luglio 2011




Nome del file:

RS7201EZZRGIM0000601_C

n: Elab.

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE				
					(Mandataria) Sab (Mandante)  				
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA									
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 2 di 22

PREMESSA	3
1 METODOLOGIA GENERALE DI STUDIO	4
2 IMPATTO ACUSTICO LINEA FERROVIARIA	4
2.1 CENSIMENTO RICETTORI	4
2.2 CARATTERIZZAZIONE SORGENTE	6
2.3 SIMULAZIONI ACUSTICHE	7
3 IMPATTO ACUSTICO FERMATE METROPOLITANA	16
3.1 PROPAGAZIONE DEL SUONO	16

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 3 di 22	




PREMESSA

Il presente lavoro ha lo scopo di valutare, dopo un'attenta analisi dei dati di progetto e di rilevazioni effettuate in sito, l'impatto acustico che la realizzazione del progetto relativo al 1° Stralcio Funzionale della Metroferrovia di Palermo (tratta Notarbartolo-Giachery-Politeama), previsto all'interno del più ampio progetto di chiusura dell'anello metro ferroviario, avrà sull'area circostante ed in particolar modo sui ricettori più esposti.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti attività:

- Campagna di misure fonometriche
- Censimento dei ricettori più esposti
- Studio acustico mediante l'utilizzo di software previsionale

La prima fase funzionale del progetto di chiusura dell'anello ferroviario consiste nel prolungare l'attuale binario di Giachery sino alla stazione di Politeama (prevista con due binari di attestamento) servendo la zona del porto con una fermata intermedia e realizzando nel tratto di linea esistente tra Notarbartolo e fiera, la fermata Libertà.

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 4 di 22	

1 METODOLOGIA GENERALE DI STUDIO

La valutazione degli impatti sulla componente rumore in fase di opera realizzata, ha reso necessario: l'individuazione e analisi delle zone di territorio interessate dall' opera in oggetto; l'analisi delle tipologie di materiale rotabile circolante; la caratterizzazione acustica del materiale rotabile; la valutazione e definizione dei ricettori impattati dalla realizzazione delle 3 fermate (Politeama, Libertà, Porto).

L'approccio metodologico adottato quindi ha previsto 2 fasi, una relativa all'impatto prodotto dal passaggio dei treni, nel tratto non in gallerie (dalla stazione Imperatore Federico alla trincea dell'Ucciardone), l'altra all'impatto prodotto degli impianti di aspirazione fumi situati nelle fermate Liberta, Porto e Politeama.

2 IMPATTO ACUSTICO LINEA FERROVIARIA

La valutazione dell'impatto acustico prodotto dal tratto di ferrovia in trincea, situata tra la stazione Imperatore Federico e la trincea dell'Ucciardone è stata effettuata ipotizzando il massimo carico ferroviario, che si avrà al completamento della seconda fase funzionale del progetto di chiusura dell'anello ferroviario della metropolitana di Palermo.

2.1 Censimento ricettori

Sono stati censiti tutti i ricettori più esposti all'infrastruttura ferroviaria situata all'aperto (trincea) e alle 3 fermate previste dal progetto.

In particolare vengono riportati nelle tavole "Planimetrie di localizzazione dei

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 5 di 22	

ricettori censiti – Post Opera” (RS7201EZZP5IM0006001A) e nelle relative
“Schede di censimento dei ricettori – Post Opera” (RS7201EZZSHIM0006001A):

- i ricettori sensibili (classe I, D.P.C.M. 14/11/97) come scuole, ospedali, ecc.;
- i ricettori più esposti alle aree di cantiere suddivisi in base alla loro destinazione d'uso:

Residenziale

Residenziale/Uffici

Residenziale/Commerciale

Commerciale

Uffici

Magazzino

Rudere

Teatro



Commerciale/Uffici

Chiesa/Istituti religiosi

Pertinenza Italferr

L'individuazione e classificazione dei ricettori è stata svolta mediante dei sopralluoghi in sito, utilizzando come riferimento la base cartografica del progetto definitivo e riportando nelle schede le seguenti informazioni:

- Numero di identificazione del ricettore
- Numero di riferimento della fotografia allegata
- Toponimo del luogo di ubicazione
- Destinazione d'uso
- Numero di piani

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 6 di 22	

- Stato di conservazione
- Descrizione degli infissi

2.2 Caratterizzazione Sorgente

L'analisi della tipologia del materiale rotabile previsto al completamento dell'opera, che secondo quanto riportato da RFI nella relazione tecnica di esercizio trattasi di MINUETTO.

Il MINUETTO è un treno specializzato per il servizio metropolitano di ultima generazione compatto nelle dimensioni (circa 52 m.) e con una buona capacità complessiva (346 passeggeri).



La caratterizzazione acustica della sorgente è stata effettuata, mediante campagna di misura fonometrica effettuata il 07/07/2010 in via Monti Iblei, in prossimità dell'infrastruttura ferroviaria esistente (Coordinate: N 38° 09' 09" E 13° 19' 27") dalle 06:00 alle 12:00 ed i cui risultati sono riportati nel documento RS7201EZZDXIM0006001B "Report Rilievi Acustici".

Per l'esecuzione tale campagna di misura si è fatto riferimento a quanto riportato dal DM 16/03/98 – Allegato C.

Durante il rilievo sono stati rilevati tutti i passaggi ferroviari, distinguendo i singoli transiti in base al tipo di materiale rotabile.

In particolare sono stati evidenziati i passaggi dei "minuetti", al fine di estrarre e valutare li seguenti dati:

- spettro sonoro tipico;
- Istanti (hh:mm:ss) di inizio e fine;
- Livello di esposizione sonora LAE;
- Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" LAeq;
- Livello continuo equivalente di pressione sonora Leq nelle bande di terzi d'ottava da 10 a 10.000 Hz (sia in forma grafica che numerica)

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 7 di 22	

- Il profilo temporale LAF(t)
- Il massimo livello di pressione sonora LAmax;
- profilo temporale (time-history).

Durante l'indagine fonometrica le condizioni meteo si sono mantenute idonee allo svolgimento del monitoraggio, come riportato nel Decreto 16/03/1998.

2.3 Simulazioni acustiche

Per valutare l'impatto acustico prodotto dall'infrastruttura di progetto, a pieno regime (completamento dell'anello ferroviario) è stato utilizzato un software di simulazione acustica (soundplan) che consente di simulare il fenomeno della propagazione acustica in ambiente esterno e di determinare il livello equivalente di pressione sonora in un qualsiasi punto definito dall'utente.

Il software è stato tarato con i dati rilevati dalla campagna di misura fonometrica effettuata il 07/07/2010 in via Monti Iblei e riportati nell'elaborato RS7201EZZDXIM0006001B, dai quali sono stati individuati i transiti ferroviari che, per tipologia e velocità, più si avvicinavano allo scenario futuro dell'infrastruttura di progetto, da questi è stato calcolato il SEL che è il livello costante che, se fosse mantenuto per un secondo, avrebbe la stessa energia acustica dell'evento rumoroso misurato definito come:




$$SEL = Le_{a,T} = 10 \log 1/T_0 \int p^2(t) / p_0^2 dt$$

$T_0 = 1 \text{ sec}$

e da cui vale la seguente relazione:

$$SEL = \bar{L}_{eq,T} + 10 \log T / T_0 \quad \text{dB}$$

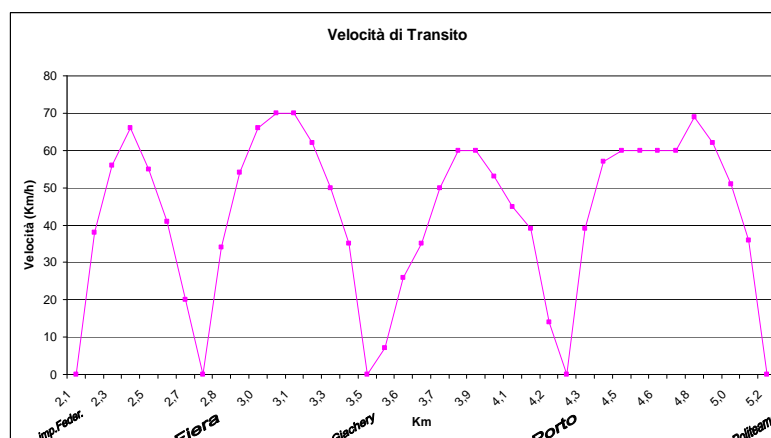
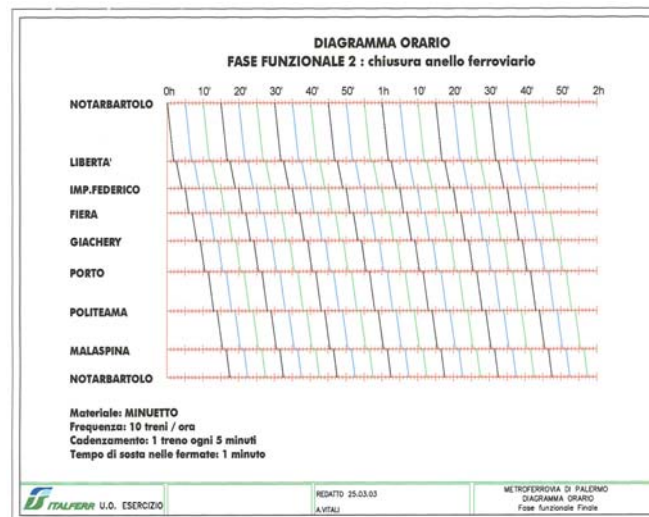
Sono stati quindi individuati, nella libreria del software, i convogli ferroviari che corrispondevano a quanto misurato in campo e disponendo quindi il ricevitore




APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 8 di 22	

nel punto in cui sono state effettuate le misure fonometriche è stato possibile effettuare un confronto diretto fra i dati osservati e quelli simulati da Soundplan.

Le differenze che si è ottenuta (1 dB(A)) ha reso l'idea dell'adattabilità e dell'affidabilità dell'utilizzo di tale modello per la previsione del rumore reale.

Per quanto riguarda i dati di input per il transito ferroviario, sono stati utilizzati come dati di input (opportunamente elaborati per renderli utilizzabili dal software di simulazione), quelli riportati nella relazione tecnica di esercizio Italferr (elaborato RS1L00D16RGES0001001A), di seguito riportati:



APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 9 di 22	




Il programma di simulazione è stato implementato in modo che l'output prodotto possa essere di due differenti categorie:

- Calcolo del Leq in corrispondenza di determinati ricettori;
- Generazione di mappe isofoniche del Leq (secondo piani orizzontali).

Le mappe isofoniche sono state determinano a partire da una serie di valori calcolati in corrispondenza di punti che hanno una quota costante rispetto al terreno. Tali valori vengono processati al termine del calcolo acustico mediante degli algoritmi di interpolazione al fine di consentirne una visualizzazione grafica mediante curve isofoniche ad un'altezza di 4 m. (elaborato RS7201EZZDXIM0006002A "Mappa acustica Post Opera periodo diurno).


Il calcolo del leq, in corrispondenza dei ricettori (cfr. LIVELLI DI RUMORE SIMULATI AI RICETTORI) non viene identificato con un singolo punto ma come una serie di punti aventi le identiche coordinate planimetriche x e y disposti verticalmente ad una distanza di circa 3 metri (floor) lungo la facciata dell'edificio maggiormente esposta.

Dall'analisi delle mappe e dei livelli di rumore simulati ai ricettori si evince come grazie alla conformazione del tratto in esame, trincea alta da 8 a 4 metri, ed inoltre utilizzando materiale rotabile "MINUETTO" a trazione elettrica, che già di per se ha una potenza sonora inferiore rispetto al materiale rotabile che attualmente circolante lungo la linea dell'anello ferroviario, come gli ALn668-663 e ALe801 a trazione Diesel, si nota che per tutti i ricettori considerati, non si avrà il superamento dei limiti normativi, previsti dal D.P.R. 18/11/1998 n.459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario".

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 10 di 22	

LIVELLI DI RUMORE SIMULATI AI RICETTORI


Codice Identificativo Ricettore	Piano	Facciata Ricettore	Livelli acustici simulati [dB(A)] - Periodo Diurno
101	1. Floor	S	16,2
	2. Floor		16,2
	3. Floor		16,4
	4. Floor		16,5
	5. Floor		16,4
	6. Floor		16,0
	7. Floor		16,0
	8. Floor		15,5
	9. Floor		16,4
133	1. Floor	N	33,7
	2. Floor		37,1
134	1. Floor	NO	30,5
	2. Floor		31,7
135	1. Floor	NO	28,8
	2. Floor		29,8
	3. Floor		31,4
136	1. Floor	NO	28,4
	2. Floor		29,5
	3. Floor		31,1

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 11 di 22	


Codice Identificativo Ricettore	Piano	Facciata Ricettore	Livelli acustici simulati [dB(A)] - Periodo Diurno
137	1. Floor	NO	28,2
	2. Floor		29,3
	3. Floor		30,9
138	1. Floor	NO	31,7
	2. Floor		33,0
	3. Floor		34,3
139	1. Floor	NO	40,2
	2. Floor		42,4
140	1. Floor	SE	29,1
	2. Floor		30,7
	3. Floor		33,1
	4. Floor		35,3
	5. Floor		36,9
	6. Floor		39,3
	7. Floor		42,2
	8. Floor		44,3
142	1. Floor	S	28,1
	2. Floor		29,5

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE				
					(Mandataria) Sab (Mandante)  				
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA									
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 12 di 22


Codice Identificativo Ricettore	Piano	Facciata Ricettore	Livelli acustici simulati [dB(A)] - Periodo Diurno
143	1. Floor	S	28,6
	2. Floor		29,7
	3. Floor		30,8
	4. Floor		31,3
	5. Floor		32,8
144	1. Floor	S	27,2
	2. Floor		27,8
	3. Floor		28,4
	4. Floor		28,8
	5. Floor		29,4
	6. Floor		30,0
	7. Floor		30,7
	8. Floor		31,4
	9. Floor		32,1
	10. Floor		32,9
	11. Floor		33,7

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE				
					(Mandataria) Sab (Mandante)  				
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA									
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 13 di 22




Codice Identificativo Ricettore	Piano	Facciata Ricettore	Livelli acustici simulati [dB(A)] - Periodo Diurno
145	1. Floor	S	28,5
	2. Floor		29,4
	3. Floor		30,1
	4. Floor		30,7
	5. Floor		31,3
	6. Floor		31,9
	7. Floor		32,6
	8. Floor		33,3
	9. Floor		34,0
	10. Floor		34,8
	11. Floor		35,6
146	1. Floor	S	29,6
	2. Floor		30,5
	3. Floor		31,4
147	1. Floor	S	29,5
	2. Floor		30,5
	3. Floor		31,3

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE				
					(Mandataria) Sab (Mandante)  				
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA									
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 14 di 22

Codice Identificativo Ricettore	Piano	Facciata Ricettore	Livelli acustici simulati [dB(A)] - Periodo Diurno
148	1. Floor	S	29,5
	2. Floor		30,4
	3. Floor		31,1
	4. Floor		31,6
	5. Floor		32,3
	6. Floor		33,0
	7. Floor		33,7
	8. Floor		34,3
	9. Floor		34,9
	10. Floor		35,4
	11. Floor		35,8
	12. Floor		36,3
	13. Floor		36,7
	14. Floor		37,3
	15. Floor		38,0
91 Bis	1. Floor	N	39,0
91 Tris	1. Floor	N	38,1
92 Bis	1. Floor	S	38,7
92 Tris	1. Floor	N	38,5

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 15 di 22	

Codice Identificativo Ricettore	Piano	Facciata Ricettore	Livelli acustici simulati [dB(A)] - Periodo Diurno
94	1. Floor	SW	29,9
	2. Floor		31,1
	3. Floor		32,4
	4. Floor		33,5
	5. Floor		33,9
	6. Floor		34,3
	7. Floor		34,8
	8. Floor		35,5
95	1. Floor	N	18,5
	2. Floor		18,2
	3. Floor		18,0
	4. Floor		17,8
	5. Floor		17,8
	6. Floor		18,2

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 16 di 22	

3 IMPATTO ACUSTICO FERMATE METROPOLITANA

La valutazione dell'impatto acustico prodotto dagli impianti di ventilazione delle fermate Politeama, Libertà e Porto è stata effettuata allo scopo di verificare il rispetto dei limiti normativi di immissione acustica previsti per le zone in esame. Sono state dapprima individuate planimetricamente le griglie di ventilazione di ogni singola fermata, individuando le più impattanti dal punto di vista acustico (vicinanza ai ricettori).




Per ogni singola fermata sono state analizzate le schede tecniche di seguito riportate, degli impianti di ventilazione, dotati di apposito "silenziatore" che si prevede installare.

Per ogni singola fermata sono stati valutati 2 situazioni di funzionamento con i relativi valori di potenza sonora.

La situazione normale (Normal condition) è quella che persisterà per la totalità del tempo di utilizzo, la situazione di emergenza (Emergency Conditions) non dovrebbe verificarsi mai.

3.1 Propagazione del suono

Considerando che la propagazione del suono in campo libero, cioè in ambienti aperti, senza che vi siano fenomeni di riflessione o ostacoli che condizionino la propagazione stessa, di un'onda sferica, prodotta da una sorgente sferica pulsante o da una sorgente di dimensioni trascurabili rispetto alla lunghezza d'onda, si può affermare quanto segue:

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 17 di 22	

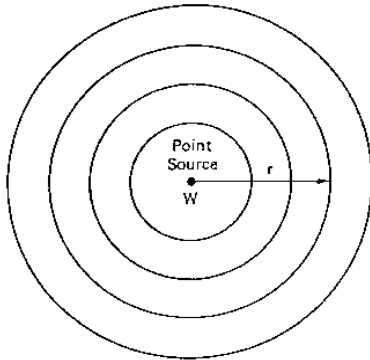


Fig. 1 - Sorgente puntiforme

Se la sorgente ha una potenza **W**, a distanza **r** l'intensità è:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}$$




Supponiamo ad esempio che a distanza $r_1 = 1$ m il livello di intensità sia:

$$L_1 = 80 \text{ dB} ;$$

a distanza $r_2 = 2$ m si ha:

$$L_2 = 80 + 10 \lg \frac{r_1^2}{r_2^2} = 74 \text{ dB} .$$

In poche parole in campo libero, in presenza di una sorgente sferica, con il raddoppiare della distanza il livello di intensità diminuisce di **6 dB**.

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 18 di 22	

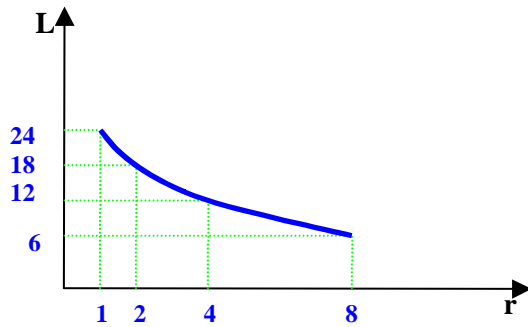


Fig. 2 - Variazione del livello con la distanza con una sorgente puntiforme

Chiamiamo tale diminuzione nel seguente modo:

$$DL2 = 6\text{dB}/\text{radd}$$

Questa è la massima attenuazione possibile, considerando la propagazione in campo libero e quindi l'aria come mezzo non dissipativo. Non avvenendo dissipazione, quindi, l'intensità cala solo perché aumentando la distanza il fronte d'onda diventa più vasto e l'energia deve distribuirsi su una superficie maggiore.

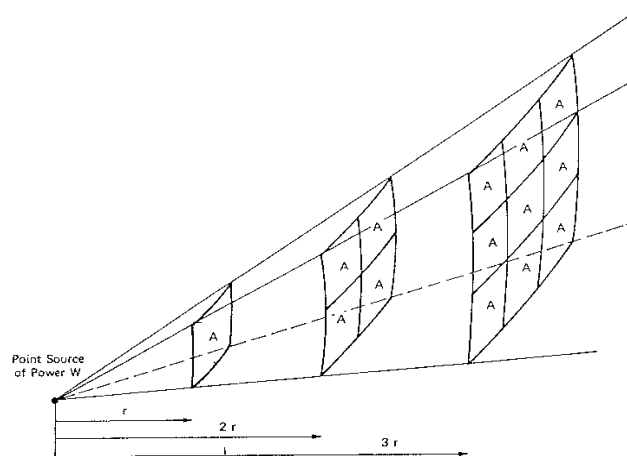


Fig. 3 - Propagazione del suono da una sorgente puntiforme

Da quanto sopra detto e dal confronto con le schede tecniche degli impianti di

APPALTATORE					ATI DI PROGETTAZIONE					
					(Mandataria) Sab (Mandante)  					
CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA										
Relazione Acustica	COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM0006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 19 di 22	

ventilazione, si vede come l'impatto di questi ultimi, specialmente nelle fermate Porto e Politeama è del tutto trascurabile, avendo una distanza dai ricettori più prossimi di circa 40-50 metri.

Per quanto riguarda la fermata libertà dove si avvertirà maggiormente la presenza del suddetto impianto, si fa notare che la griglia di ventilazione si trova a circa 10 metri dal ricettore più vicino e che anche considerando i fenomeni di riflessione delle onde sonore sui vicini edifici, si avrà il rispetto del limite normativo di immissione acustica (65dB(A) periodo diurno, 55 dB(A) periodo notturno).



CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA

Relazione Acustica

COMMESSA RS72

LOTTO 01

FASE E

ENTE ZZ

TIPO DOC. RG

OGGETTO DOC. IM006

PROG. DOC. 001

REV A

Pag. 20 di 22

Schede Tecniche Impianto di ventilazione

Fermata Politeama

zitrón ACUSTIC DATA Customer: SAIL S.r.l
Project: METROFERROVIA DI PALERMO Ref.: EX-10/5278 Rev 0

STAZIONE POLITEAMA - Emergency Conditions

Axial fan data	Duty Point data
Model: ZVR 1-20-160/6	Density 1,2 Kg/m ³
Type: 100 % Rev	Air Flow 80 m ³ /s
Diameter: 2000 mm	Total Pressure 1110 Pa
Motor power: 160Kw	Motor speed 1000 r.p.m.
Nominal speed: 1000 rpm	

AXIAL FAN SOUND POWER LEVEL WITHOUT SILENCERS									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
110,2	106,9	118,8	113,7	114,2	109,6	105,1	99,6	121,9	118,1

L_w - Octave Band sound levels - SOUND POWER

SILENCER NOISE ATTENUATION PER EACH OCTAVE BAND									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
10,0	17,0	35,0	50,0	50,0	50,0	30,0	25,0		

SOUND POWER LEVEL [L _w] WITH BAFFLES OF LENGTH: 3000 mm									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
100,2	89,9	83,8	63,7	64,2	59,6	75,1	74,6	100,7	81,7

SOUND NOISE IN FREE FIELD

Distance 1,5 m	Q factor 2	Area 14,1372 m ²
----------------	------------	-----------------------------

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times d^2} \right)$$

Notes:
Q=1 No reflecting surfaces
Q=2 One wall (or floor)
Q=4 Two walls (or one floor and one wall)
Q=8 Three walls (located in a corner)

Where:
Q - Directivity factor
L_w - Sound Power Level
L_p - Sound pressure Level
d - Distance of measure

SOUND PRESSURE LEVEL FREE FIELD AT A DISTANCE OF 1,5 m FROM NOISE DISCHARGE									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
88,7	78,4	72,3	52,2	52,7	48,1	63,6	63,1	89,2	70,2

ELABORATED BY: JOAQUIN MUÑOZ CORTINA DATE: 15/09/2010

zitrón ACUSTIC DATA Customer: SAIL S.r.l
Project: METROFERROVIA DI PALERMO Ref.: EX-10/5278 Rev 0

STAZIONE POLITEAMA - Normal Conditions

Axial fan data	Duty Point data
Model: ZVR 1-20-160/6	Density 1,2 Kg/m ³
Type: 100 % Rev	Air Flow 19,5 m ³ /s
Diameter: 2000 mm	Total Pressure 143 Pa
Motor power: 160Kw	Motor speed 245 r.p.m.
Nominal speed: 1000 rpm	

AXIAL FAN SOUND POWER LEVEL WITHOUT SILENCERS									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
94,6	89,8	90,1	85,5	81,0	75,5	70,0	64,5	97,3	87,2

L_w - Octave Band sound levels - SOUND POWER

SILENCER NOISE ATTENUATION PER EACH OCTAVE BAND									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
84,6	72,8	55,1	35,5	31,0	25,5	40,0	39,5	84,9	60,9

SOUND POWER LEVEL [L _w] WITH BAFFLES OF LENGTH: 3000 mm									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
73,1	61,3	43,6	24,0	19,5	14,0	28,5	28,0	73,4	49,4

SOUND NOISE IN FREE FIELD

Distance 1,5 m	Q factor 2	Area 14,1372 m ²
----------------	------------	-----------------------------

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times d^2} \right)$$

Notes:
Q=1 No reflecting surfaces
Q=2 One wall (or floor)
Q=4 Two walls (or one floor and one wall)
Q=8 Three walls (located in a corner)

Where:
Q - Directivity factor
L_w - Sound Power Level
L_p - Sound pressure Level
d - Distance of measure

SOUND PRESSURE LEVEL FREE FIELD AT A DISTANCE OF 1,5 m FROM NOISE DISCHARGE									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
73,1	61,3	43,6	24,0	19,5	14,0	28,5	28,0	73,4	49,4

ELABORATED BY: JOAQUIN MUÑOZ CORTINA DATE: 15/09/2010



CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA

Relazione Acustica

COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 21 di 22
------------------	-------------	-----------	------------	-----------------	-----------------------	-------------------	----------	------------------

Fermata Porto

zitrón ACUSTIC DATA Customer: SAIL S.r.l
Project: METROFERROVIA DI PALERMO
Ref.: EX-10/5278 Rev 0

STAZIONE PORTO - Emergency Conditions

Axial fan data		Duty Point data	
Model: ZVR 1-20-200/6	Density: 1,2 Kg/m ³	Air Flow: 80 m ³ /s	Total Pressure: 1440 Pa
Type: 100 % Rev	Motor power: 200kw	Motor speed: 1000 r.p.m.	
Diameter: 2000 mm	Nominal speed: 1000 rpm		

AXIAL FAN SOUND POWER LEVEL WITHOUT SILENCERS									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
112,4	109,1	121,0	115,9	116,4	111,8	107,3	101,8	124,1	120,4

L_w - Octave Band sound levels - SOUND POWER

Silencer data		Sound baffle data	
Width (B) : 9500 mm	Height (H) : 4000 mm	Baffle Width (b) : 200 mm	Distance (s) : 200 mm
Length (L) : 3000 mm			

SILENCER NOISE ATTENUATION PER EACH OCTAVE BAND								
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
10,0	17,0	35,0	50,0	50,0	50,0	30,0	25,0	

SOUND POWER LEVEL [L _w] WITH BAFFLES OF LENGTH: 3000 mm									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
102,4	92,1	86,0	65,9	66,4	61,8	77,3	76,8	102,9	84,0

SOUND NOISE IN FREE FIELD

Distance: 1,5 m	$L_p = L_w + 10 \log \times \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times d^2} \right)$
Q factor: 2 [-]	
Area: 14,1372 m ²	

Notes:
Q=1 No reflecting surfaces
Q=2 One wall (or floor)
Q=4 Two walls (or one floor and one wall)
Q=8 Three walls (located in a corner)

Where:
Q - Directivity factor
L_w - Sound Power Level
L_p - Sound pressure Level
d - Distance of measure

SOUND PRESSURE LEVEL FREE FIELD AT A DISTANCE OF 1,5 m FROM NOISE DISCHARGE									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
90,9	80,6	74,5	54,4	54,9	50,3	65,8	65,3	91,4	72,5

ELABORATED BY: JOAQUIN MUÑOZ CORTINA DATE: 15/09/2010

zitrón ACUSTIC DATA Customer: SAIL S.r.l
Project: METROFERROVIA DI PALERMO
Ref.: EX-10/5278 Rev 0

STAZIONE PORTO - Normal Conditions

Axial fan data		Duty Point data	
Model: ZVR 1-20-200/6	Density: 1,2 Kg/m ³	Air Flow: 13,8 m ³ /s	Total Pressure: 92 Pa
Type: 100 % Rev	Motor power: 200kw	Motor speed: 175 r.p.m.	
Diameter: 2000 mm	Nominal speed: 1000 rpm		

AXIAL FAN SOUND POWER LEVEL WITHOUT SILENCERS									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
86,8	84,7	82,5	78,0	73,0	67,5	62,0	56,5	90,2	79,7

L_w - Octave Band sound levels - SOUND POWER

Silencer data		Sound baffle data	
Width (B) : 9500 mm	Height (H) : 4000 mm	Baffle Width (b) : 200 mm	Distance (s) : 200 mm
Length (L) : 3000 mm			

SILENCER NOISE ATTENUATION PER EACH OCTAVE BAND								
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
10,0	17,0	35,0	50,0	50,0	50,0	30,0	25,0	

SOUND POWER LEVEL [L _w] WITH BAFFLES OF LENGTH: 3000 mm									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
76,8	67,7	47,5	28,0	23,0	17,5	32,0	31,5	77,3	54,3

SOUND NOISE IN FREE FIELD

Distance: 1,5 m	$L_p = L_w + 10 \log \times \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times d^2} \right)$
Q factor: 2 [-]	
Area: 14,1372 m ²	

Notes:
Q=1 No reflecting surfaces
Q=2 One wall (or floor)
Q=4 Two walls (or one floor and one wall)
Q=8 Three walls (located in a corner)

Where:
Q - Directivity factor
L_w - Sound Power Level
L_p - Sound pressure Level
d - Distance of measure

SOUND PRESSURE LEVEL FREE FIELD AT A DISTANCE OF 1,5 m FROM NOISE DISCHARGE									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
65,3	56,2	36,0	16,5	11,5	6,0	20,5	20,0	65,8	42,8

ELABORATED BY: JOAQUIN MUÑOZ CORTINA DATE: 15/09/2010



CHIUSURA DELL'ANELLO FERROVIARIO IN SOTTERRANEO NEL TRATTO DI LINEA TRA LE STAZIONI DI PALERMO NOTARBARTOLO E GIACHERY E PROSEGUIMENTO FINO A POLITEAMA

Relazione Acustica

COMMESSA RS72	LOTTO 01	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC. RG	OGGETTO DOC. IM006	PROG. DOC. 001	REV A	Pag. 22 di 22
------------------	-------------	-----------	------------	-----------------	-----------------------	-------------------	----------	------------------

Fermata Libertà

zitrön ACOUSTIC DATA Customer: SAIL S.r.l
Project: METROFERROVIA DI PALERMO
Ref.: EX-10/5278 Rev 0

STAZIONE LIBERTÀ - Normal Conditions

Axial fan data		Duty Point data	
Model: ZVR 1-20-160/6	Density: 1,2 Kg/m ³	Air Flow: 13,8 m ³ /s	Total Pressure: 92 Pa
Type: 100 % Rev	Total Pressure: 92 Pa	Motor speed: 175 r.p.m.	
Diameter: 2000 mm			
Motor power: 160Kw			
Nominal speed: 1000 rpm			

AXIAL FAN SOUND POWER LEVEL WITHOUT SILENCERS									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
86,8	84,7	82,5	78,0	73,0	67,5	62,0	56,5	90,2	79,7

Lw - Octave Band sound levels - SOUND POWER

Silencer data	
Width (B)	9500 mm
Height (H)	4000 mm
Length (L)	3000 mm

Sound baffle data	
Baffle Width (b)	200 mm
Distance (s)	200 mm

SILENCER NOISE ATTENUATION PER EACH OCTAVE BAND									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
10,0	17,0	35,0	50,0	50,0	50,0	30,0	25,0		

SOUND POWER LEVEL [Lw] WITH BAFFLES OF LENGTH: 3000 mm									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
76,8	67,7	47,5	28,0	23,0	17,5	32,0	31,5	77,3	54,3

SOUND NOISE IN FREE FIELD

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times d^2} \right)$$

Notes:
Q=1 No reflecting surfaces
Q=2 One wall (or floor)
Q=4 Two walls (or one floor and one wall)
Q=8 Three walls (located in a corner)

Where:
Q- Directivity factor
Lw - Sound Power Level
Lp - Sound pressure Level
d - Distance of measure

SOUND PRESSURE LEVEL FREE FIELD AT A DISTANCE OF 1,5 m FROM NOISE DISCHARGE									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
65,3	56,2	36,0	16,5	11,5	6,0	20,5	20,0	65,8	42,8

ELABORATED BY: JOAQUIN MUÑIZ CORTINA DATE: 15/09/2010

zitrön ACOUSTIC DATA Customer: SAIL S.r.l
Project: METROFERROVIA DI PALERMO
Ref.: EX-10/5278 Rev 0

STAZIONE LIBERTÀ - Emergency Conditions

Axial fan data		Duty Point data	
Model: ZVR 1-20-160/6	Density: 1,2 Kg/m ³	Air Flow: 80 m ³ /s	Total Pressure: 1075 Pa
Type: 100 % Rev	Total Pressure: 1075 Pa	Motor speed: 1000 r.p.m.	
Diameter: 2000 mm			
Motor power: 160Kw			
Nominal speed: 1000 rpm			

AXIAL FAN SOUND POWER LEVEL WITHOUT SILENCERS									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
109,9	106,6	118,5	113,4	113,9	109,3	104,8	99,3	121,6	117,8

Lw - Octave Band sound levels - SOUND POWER

Silencer data	
Width (B)	9500 mm
Height (H)	4000 mm
Length (L)	3000 mm

Sound baffle data	
Baffle Width (b)	200 mm
Distance (s)	200 mm

SILENCER NOISE ATTENUATION PER EACH OCTAVE BAND									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
10,0	17,0	35,0	50,0	50,0	50,0	30,0	25,0		

SOUND POWER LEVEL [Lw] WITH BAFFLES OF LENGTH: 3000 mm									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
99,9	89,6	83,5	63,4	63,9	59,3	74,8	74,3	100,4	81,5

SOUND NOISE IN FREE FIELD

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times d^2} \right)$$

Notes:
Q=1 No reflecting surfaces
Q=2 One wall (or floor)
Q=4 Two walls (or one floor and one wall)
Q=8 Three walls (located in a corner)

Where:
Q- Directivity factor
Lw - Sound Power Level
Lp - Sound pressure Level
d - Distance of measure

SOUND PRESSURE LEVEL FREE FIELD AT A DISTANCE OF 1,5 m FROM NOISE DISCHARGE									
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB	dB(A)
88,4	78,1	72,0	51,9	52,4	47,8	63,3	62,8	88,9	70,0

ELABORATED BY: JOAQUIN MUÑIZ CORTINA DATE: 15/09/2010