



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEGAFONÍA Y EVACUACIÓN POR VOZ  
PARA UNA CLÍNICA EN LA CIUDAD DE QUITO

AUTOR

JULIO ALEJANDRO RECALDE VARGAS

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEGAFONÍA Y EVACUACIÓN POR VOZ  
PARA UNA CLÍNICA EN LA CIUDAD DE QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero de Sonido y Acústica

Profesor Guía  
MSc. Juan Sebastián Vizúete Deley

AUTOR  
Julio Alejandro Recalde Vargas

Año  
2019

## DECLARACION DEL PROFESOR GUIA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Diseño de un sistema de megafonía y evacuación por voz para una clínica en la ciudad de Quito, a través de reuniones periódicas con el estudiante Julio Alejandro Recalde Vargas, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Juan Sebastián Vizuite Deley  
Máster Universitario en Ingeniería Acústica  
CC: 0604086769

## DECLARACION DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Diseño de un sistema de megafonía y evacuación por voz para una clínica en la ciudad de Quito, de Julio Alejandro Recalde Vargas, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Juan Francisco Jiménez Pacheco  
Máster Universitario en Postproducción Digital  
CC: 1717340192

## DECLARACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Julio Alejandro Recalde Vargas

CC: 1751959535

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a mi madre Elizabeth, con su amor y dedicación me formo con una mente de crecimiento y lucha, a mi padre Mauricio por ser mi ejemplo, inspiración y apoyo. A todos los profesores quienes compartieron su conocimiento y experiencia conmigo, a las grandes personas que conocí en mi trayecto universitario que considero mis amigos y a Pedro Egas quien fue importante durante este proceso

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a las mentes libres y sedientas de conocimiento. A mi hermana quien siempre ha estado a mi lado cuidándome.

## RESUMEN

El presente trabajo, tiene como objetivo el diseño y la configuración de un sistema de megafonía y alarma por voz para una clínica, en la ciudad de Quito. Para ello se siguió las especificaciones de la normativa UNE-EN-54 "sistemas de detección y alarma de incendios", la cual indica en sus apartados la construcción, regularización y aplicaciones que deben cumplir los equipos para ser usados en el proyecto.

El trabajo se encuentra dividido en cuatro partes, en la primera, se habla de los equipos necesarios en el diseño, sus características y especificaciones, se realiza un resumen de la normativa UNE-EN54-16 "control de alarma por voz y equipos indicadores" y se conversa sobre parámetros acústicos necesarios para el diseño. La segunda parte es un análisis estructural y acústico del recinto, para ello se dividió la clínica 25 zonas caracterizadas por el uso, ubicación y necesidades, con las cuales se trabajó durante el desarrollo del diseño, por otro lado el análisis acústico se lo realizó mediante un programa creado en Matlab. La tercera parte del proyecto se enfoca netamente en el procedimiento a seguir para la selección de los equipos usados en el diseño, los cálculos realizados y la cadena electroacústica final. En la cuarta parte, mediante el programa NEO configurator se realizó la configuración de: protocolos de intercomunicación, asignación de alarmas, ganancia de los amplificadores, mensajes pregrabados, sistema de verificación de línea, configuración de puertos de entrada y salida, ecualización y modos de operación.

Se concluyó que el diseño realizado es óptimo para las características acústicas de la clínica, la inteligibilidad adquirida tiene una valoración subjetiva de muy buena y excelente, cumpliendo con las estipulaciones normativa EN-54 a cabalidad.



## **ABSTRACT**

This research consists in the design and the configuration of a Public Address System and Voice Alarm System for a clinic, in the city of Quito. For this, the specifications of the UNE-EN-54 "fire detection and alarm systems" are followed, which indicates in their sections the construction, regularization and applications that the equipment must meet to be used in the project.

The work is divided into four parts, in the first, we talk about the equipment in the design, characteristics and specifications, a summary of the regulation UNE-EN54-16 "control of alarm by voice and indicating equipment" is made and conversation about acoustic parameters necessary for the design. The second part is a structural and acoustic analysis of the enclosure, for it 25 areas characterized by use, location and needs are divided in the clinic, the work is done during the development of the design, on the other hand the acoustic analysis is carried out through a program created in Matlab. The third part of the project focuses clearly on the procedure to follow for the selection of the equipment used in the design, the calculations made and the final electroacoustic chain. In the fourth part, through the NEO configurator program, the configuration of intercommunication protocols, alarm assignment, amplifier gain, pre-recorded messages, line verification system, configuration of input and output ports, equalization and modes is made.

It is concluded that the design performed is optimal for the acoustic characteristics of the clinic, the acquired intelligibility has a very good and excellent assessment, complying with normative stipulations EN-54.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	1
1.1.1 Objetivo general .....	1
1.1.2 Objetivos específicos .....	1
1.2 Estado del arte .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	2
2.1 Public Address System (PA).....	2
2.2 Voice Alarm System (VA) .....	3
2.3 Método de voltaje constante .....	3
2.3.1 Transformadores .....	4
2.3.2 Altavoces de techo .....	5
2.3.3 Cables .....	6
2.3.4 Amplificador de potencia de audio .....	7
2.3.4.1 Clasificación de amplificadores.....	8
2.4 Transductores electro acústicos .....	9
2.4.1 Niveles de señal .....	9
2.4.2 Sensibilidad .....	11
2.4.3 Respuesta en frecuencia.....	11
2.4.4 Direccionalidad.....	12
2.4.5 Relación señal ruido (SNR).....	13
2.4.6 Impedancia .....	13
2.4.7 Potencia .....	15
2.4.8 Ganancia.....	16
2.4.9 Distorsión total armónica (THD) .....	16
2.5 Normativa UNE-EN54:.....	17
2.5.1 UNE-EN54-16 .....	17
2.5.1.1 Requerimientos generales .....	18
2.5.1.2 Fuente de alimentación .....	19
2.5.1.3 Condiciones de funcionamiento.....	19

2.5.1.4 Condición de reposo .....	20
2.5.1.5 Condición de alarma por voz .....	20
2.5.1.6 Condición de advertencia por falla.....	21
2.5.1.7 Control manual de alarma por voz.....	24
2.5.1.8 Dispositivo de control externo.....	25
2.5.1.9 Micrófono de emergencia .....	25
2.6 Parámetros acústicos .....	26
2.6.1 Inteligibilidad .....	26
2.6.2 Tiempo de reverberación .....	27
<b>3. DESARROLLO .....</b>	<b>28</b>
2.1 Propuesta técnica metodológica para la instalación de sistemas de megafonía .....	28
3.2 Análisis del Recinto .....	29
3.2.1 De la ubicación y tipo de suelo.....	29
3.2.2 Descripción de la necesidad del recinto .....	29
3.2.3 División de bloques y pisos .....	30
2.4 Materiales de construcción.....	32
3.2.5 Cálculo de parámetros acústicos .....	33
3.2.5.1 Consultorios.....	34
3.2.5.2 Bodegas .....	35
3.2.5.3 Salas destinadas a laboratorios.....	36
3.2.5.4 Oficinas.....	37
3.2.5.5 Salas de emergencia .....	38
3.3 Selección de micrófonos.....	39
3.3.1 Micrófono multizona modelo LDA MPS-8Z .....	40
3.4 Selección de altavoces .....	41
3.4.1 LC1- WCO6E8 Modular ceiling loudspeaker range de BOSCH .....	42
3.4.2 Potencia necesaria.....	44
3.5 Distribución de los altavoces .....	46
3.5 Selección del amplificador .....	49

3.5.1 Potencia consumida por los altavoces .....	49
3.5.2 Pérdida ocasionada por el cable .....	52
3.5.3 Otros parámetros a considerar.....	56
3.5.4 NEO SYSTEM:.....	57
3.6 Clasificación de zonas .....	59
3.7 Diagrama unifilar .....	63
3.8 Área de cobertura.....	63
3.8.1 Análisis de resultados .....	68
3.9 Sistema de control.....	69
3.9.1 Configuración del sistema .....	70
3.9.1.1 Configuración de extensiones.....	78
3.9.1.2 Configuración de micrófonos .....	79
3.9.1.3 Modos de operación .....	80
3.10 Análisis económico.....	82
3.10.1 Equipos y elementos .....	82
3.10.2 Mano de obra .....	82
3.10.3 Estudio de ingeniería.....	83
<b>4. LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO .....</b>	<b>84</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
5.1 Conclusiones .....	86
5.2 Recomendaciones.....	89
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Funcionamiento y partes de un transformador. _____	4
<i>Figura 2.</i> Altavoz de techo ALC25 con transformador incluido _____	5
<i>Figura 3.</i> Ejemplo respuesta en frecuencia de un altavoz _____	12
<i>Figura 4.</i> Tipos de Patrones polares de micrófonos _____	13
<i>Figura 5.</i> Curva de impedancia de un altavoz _____	14
<i>Figura 6.</i> Ejemplo de distorsión armónica _____	17
<i>Figura 7.</i> Novaclínica S.A. _____	29
<i>Figura 8.</i> Frecuencia VS %alcons - simulación - consultorios _____	34
<i>Figura 9.</i> Frecuencia VS Tiempo de reverberación - simulación- consultorios _____	34
<i>Figura 10.</i> Frecuencia VS %alcons - simulación - bodegas _____	35
<i>Figura 11.</i> Frecuencia VS Tiempo de reverberación - simulación- bodegas _____	35
<i>Figura 12.</i> Frecuencia VS %alcons – simulación - laboratorios _____	36
<i>Figura 13.</i> Frecuencia VS Tiempo de reverberación – simulación - laboratorios _____	36
<i>Figura 14.</i> Frecuencia VS %alcons - simulación- oficinas _____	37
<i>Figura 15.</i> Frecuencia VS Tiempo de reverberación - simulación- oficinas _____	37
<i>Figura 16.</i> Frecuencia VS %alcons - simulación- sala de emergencias _____	38
<i>Figura 17.</i> Frecuencia VS tiempo de reverberación - simulación- sala de emergencias _____	38
<i>Figura 18.</i> Micrófono LDA MPS-8Z _____	40
<i>Figura 19.</i> Altavoz de techo BOSCH LC1- WCO6E8 _____	42
<i>Figura 20.</i> Diagrama de circuitos, respuesta en frecuencia y direccionalidad Bosch LC1 _____	43
<i>Figura 21</i> Especificaciones altavoz Bosch LC1- WCO6E8 _____	44
<i>Figura 22</i> Distribución altavoces - Bloque 1 – Novaclínica _____	47
<i>Figura 23</i> Distribución altavoces - Bloque 2 - Novaclínica _____	48
<i>Figura 24.</i> Circuito amplificador – altavoz _____	54
<i>Figura 25.</i> Sistema LDA – NEO _____	58
<i>Figura 26</i> Sistema NEO extention – LDA _____	59
<i>Figura 27</i> Diagrama unifilar - Diseño sistema de megafonía y alarma por voz. _____	63

<i>Figura 28.</i> Auralización - Bloque 1 - Piso 1 _____	64
<i>Figura 29.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso 1 _____	64
<i>Figura 30.</i> Auralización - Bloque 1 - Piso 2 _____	64
<i>Figura 31.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso 2 _____	64
<i>Figura 32.</i> Simulación - Bloque 1 - Piso 3 _____	65
<i>Figura 33.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso 3 _____	65
<i>Figura 34.</i> Simulación - Bloque 1 - Piso PB _____	65
<i>Figura 35.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso PB _____	65
<i>Figura 36.</i> Simulación - Bloque 2 - Piso 1 _____	66
<i>Figura 37.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 2 - Piso 1 _____	66
<i>Figura 38.</i> Simulación - Bloque 2 - Piso 2 _____	66
<i>Figura 39.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 2 - Piso 2 _____	66
<i>Figura 40.</i> Simulación - Bloque 2 - Piso PB _____	67
<i>Figura 41.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 2 - Piso PB _____	67
<i>Figura 42.</i> Simulación - Bloque 2 - Piso S1 _____	67
<i>Figura 43.</i> Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso S1 _____	67
<i>Figura 44.</i> Conexión dispositivos de entrada y salida al programa NEO cofigurador _____	70
<i>Figura 45.</i> Menú principal NEO configurador _____	71
<i>Figura 46.</i> Configuración controlador principal NEO 8060 _____	72
<i>Figura 47.</i> Ecualización predeterminada el sistema _____	72
<i>Figura 48.</i> Información de operación del controlador NEO 8060 _____	73
<i>Figura 49.</i> Configuración entradas de audio al controlador _____	73
<i>Figura 50.</i> Configuración fuentes de audio _____	75
<i>Figura 51.</i> Supervisión líneas de altavoces _____	76
<i>Figura 52.</i> Tipos de alarmas y señales de entrada existentes _____	77
<i>Figura 53.</i> Puertos GPIO de entrada y salida _____	77
<i>Figura 54.</i> Configuración de direcciones VLAN _____	78
<i>Figura 55.</i> Configuración avanzada NEO 8060 _____	78
<i>Figura 56.</i> Configuración salidas de amplificación de las extensiones NEO 4250 _____	79
<i>Figura 57.</i> Seguridad líneas de altavoces NEO 4250 _____	79

<i>Figura 58. Configuración estados extensiones NEO 4250</i>	79
<i>Figura 59 Configuración volumen de entrada prio</i>	79
<i>Figura 60. Información micrófonos instalados</i>	80
<i>Figura 61. Modalidad Public Adress system</i>	81
<i>Figura 62. Modalidad sistema de emergencia</i>	81
<i>Figura 63. Planos arquitectónicos bloque 1 Novaclínica</i>	1
<i>Figura 64 Menú principal NEO 8060</i>	7
<i>Figura 65 Tipo de alarmas existentes</i>	7
<i>Figura 66 Activación de mensajes y alarmas</i>	7
<i>Figura 67 Estado de emergencia</i>	8
<i>Figura 68 Opción de desarmado</i>	8
<i>Figura 69 Estados de alarmas de emergencia</i>	8
<i>Figura 70 Identificación del sistema</i>	9
<i>Figura 71 Control de entradas y salidas</i>	9
<i>Figura 72 Configuración de enrutamiento</i>	9
<i>Figura 73 Configuración volumen del sistema</i>	10
<i>Figura 74 Sistema NEO conectado</i>	10
<i>Figura 75 Conexiones realizadas sistema NEO</i>	10

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Longitud máxima de cable para sistemas de 70 V. ....	6
Tabla 2. Unidades de medida de potencia tensión y presión y sus propiedades .....	10
Tabla 3. Valoración subjetiva según el %alcons obtenido.....	26
Tabla 4. Clasificación y enumeración de salas existentes, bloque 1 Novaclinica .....	30
Tabla 5. Clasificación y enumeración de salas existentes, bloque 2 Novaclinica .....	31
Tabla 6. Coeficientes de absorción de materiales existentes en el recinto. ....	32
Tabla 7. Dimensiones y materiales – consultorios .....	34
Tabla 8. Dimensiones y materiales – bodegas.....	35
Tabla 9. Dimensiones y materiales - salas destinadas a laboratorios.....	36
Tabla 10. Dimensiones y materiales - oficinas .....	37
Tabla 11. Dimensiones y materiales - salas de emergencia .....	38
Tabla 12. Especificaciones micrófono LDA MPS-8Z.....	41
Tabla 13. Valores para la curva Noise Criteria (NC30) .....	44
Tabla 14. Niveles de presión sonora esperados - Bloque 1 y 2 – Megafonía – Novaclínica.....	44
Tabla 15. Niveles de presión sonora esperados – Bloque1 y 2 – Musicalización - Novaclínica .....	45
Tabla 16. Distancia altavoz-receptor.....	49
Tabla 17. Potencia consumida - Bloque 1.....	50
Tabla 18. Potencia consumida - Bloque 2.....	51
Tabla 19. Resistencia existente en el cable - Bloque 1.....	52
Tabla 20. Resistencia existente en el cable - Bloque 2.....	53
Tabla 21. Potencia necesaria del amplificador - Bloque 2.....	55
Tabla 22. Potencia necesaria del amplificador - Bloque 1.....	56
Tabla 23. Aplicaciones necesarias - Bloque 1.....	60
Tabla 24. Aplicaciones necesarias - Bloque 2.....	60
Tabla 25. Division de conexiones en los diferentes amplificadores –Bloque 1	61



<i>Tabla 26. División de conexiones en los diferentes amplificadores – Bloque 2</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 27. Presupuesto estimado.....</i>	<i>83</i>

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de megafonía y alarma por voz, para aplicaciones verbales y musicales en una clínica de la ciudad de Quito, cumpliendo con la normativa EN54.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Describir las partes y el funcionamiento de un sistema de megafonía y alarma por voz.
- Analizar la normativa EN54 y sus puntos clave para el diseño.
- Realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del recinto y los bloques que se consideran dentro del diseño.
- Calcular y diseñar un sistema de megafonía y alarma por voz el cual cumpla con los requisitos necesarios para el recinto.

## 1.2 Estado del arte

Los sistemas de megafonía y alarma por voz se han convertido en una parte elemental de edificios, empresas, locales, estaciones de trenes y muchas más áreas en las cuales es necesario un sistema de comunicación, musicalización o alarmado por voz, siendo una parte clave y necesaria en sistemas para emergencia.

Existen dos normativas claras a nivel mundial, las cuales especifican como debe ser instalado y que debe poseer un sistema de megafonía y alarma por voz, para proporcionar la suficiente seguridad y armonizar los estándares de calidad. La primera es la normativa europea UNE-EN 54, la cual es obligatoria en la Unión Europea y reconocida alrededor del mundo por países de Latinoamérica, África y Oceanía; por otro lado encontramos la normativa ISO-7240:2007 proveniente de Estados Unidos, usada en Norteamérica y algunos países sudamericanos. Ambas normativas cumplen con el mismo fin con la pequeña diferencia que la normativa Europea especifica cómo deben ser los equipos en cuanto a construcción.

Existen varias empresas que se encargan de la fabricación e instalación de sistemas de este tipo como Bosch o LDA, teniendo productos como altavoces de techo resistentes a altas temperaturas, micrófonos multi zonales y con mensajes de emergencia pregrabados, amplificadores de audio expandibles y de alta potencia para soportar zonas amplias con varios altavoces, controladores de sistemas de megafonía en los cuales se puede gestionar y controlar el sistema entre otros productos los cuales cumplen con las exigencias de las normativas.

Actualmente en Ecuador no existe una normativa obligatoria a la cual regirse, no obstante existen empresas las cuales trabajan con estos estándares de calidad.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Public Address System (PA)**

También conocido como sistema de refuerzo sonoro o sistema de megafonía. Es un sistema electrónico el cual se encuentra compuesto por micrófonos,

amplificadores y altavoces. Su objetivo es sonorizar diferentes espacios obteniendo una cobertura uniforme en cada una de sus zonas.

Los sistemas de PA permiten cubrir zonas amplias, consiguiendo una inteligibilidad aceptable. Es por esto que para su diseño se considera la acústica propia del local, el uso y el aforo del recinto.

## **2.2 Voice Alarm System (VA)**

Los sistemas de alarma por voz toman los tradicionales *Public Address System* para obtener otro nivel de rendimiento y confiabilidad. Añade diversas características de operación en caso de una emergencia, de esta forma funciona como un sistema de seguridad personal.

Un mensaje de voz informa a los ocupantes, como actuar en caso de emergencia. Es un hecho establecido que las personas responden con mayor rapidez y tranquilidad, tomando las medidas correctas durante una evacuación si se usan mensajes de voz en lugar de sonidos de emergencia. Por esta razón su diseño e instalación debe ser de tal forma que proporcione la tranquilidad de que existen espacios los cuales puedan transmitir advertencias de emergencia de manera clara, tranquila y concisa. Para poder conseguir esto se debe cumplir con estándares los cuales sean compatibles con otros sistemas de emergencia.

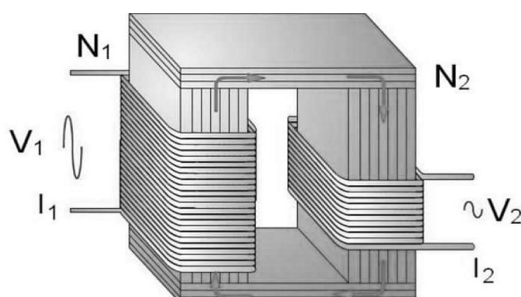
## **2.3 Método de voltaje constante**

El método de voltaje constante surge del concepto del tendido eléctrico, el mismo que consiste en entregar de forma homogénea la energía eléctrica independientemente de la cantidad de elementos que se coloque en la línea y la distancia del cable, de esta forma el voltaje permanece constante y no existe pérdida de potencia por las extensas distancias ya que lo que varía es la corriente (Campo, 2015). Aplicando esto al audio, se usa un transformador el

cual se encarga de elevar el voltaje de salida del amplificador de potencia, lo que permitirá conducir la señal de audio a través de las extensiones de cable hasta los altavoces, los cuales mediante un transformador reductor en cada altavoz disminuirán la tensión entregada a los mismos, de esta manera la pérdida por las extensiones de cable serán mínimas y al ser conectados los altavoces entre sí y con el amplificador en paralelo se tiene la misma energía eléctrica en cada altavoz permitiendo un diseño más accesible .

### 2.3.1 Transformadores

Es un dispositivo eléctrico el cual permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito de corriente alterna, manteniendo la potencia. Mediante la inducción electromagnética el transformador convierte la energía eléctrica de un cierto nivel de tensión, en energía alterna con una tensión diferente.



*Figura 1.* Funcionamiento y partes de un transformador.

Tomado de: Apcetech, 2017.

Se encuentra compuesto por dos bobinas fabricadas con un material conductor devanadas alrededor de un núcleo cerrado de material ferromagnético, estas bobinas se conectan únicamente por el flujo magnético común el cual establece el núcleo, el comportamiento del transformador viene dado por el número de espiras y se rige a la ecuación 1:

$$Z_s = Z_l * \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

(Ecuación 1)

Donde:

- $Z_s$ : Impedancia de salida
- $Z_l$ : Impedancia de entrada
- $N_1$ : Número de vueltas del embobinado primario
- $N_2$ : Número de vueltas del embobinado secundario

En aplicaciones de audio se usa un tipo de transformador el cual permite trabajar en bandas de frecuencias audibles (20 [Hz] – 20 [kHz]), a diferencia de los transformadores de potencia.

### 2.3.2 Altavoces de techo

A diferencia de otros altavoces estos constan de un transformador reductor acoplado, esto permite que puedan recibir una potencia adecuada, haciéndolos perfectos para aplicaciones de voltaje constante en las cuales se tenga áreas extensas a cubrir y gran cantidad de altavoces.



Figura 2. Altavoz de techo ALC25 con transformador incluido

Tomado de: Bosch, 2018.

Estos altavoces vienen con diversos bobinados los cuales permiten seleccionar la potencia de entrada que se desea obtener en la línea mediante un switch, de manera que permiten elegir diferentes niveles de potencia y así entregar mayor volumen a ciertas zonas y menos volumen a otras de una forma sencilla.

### 2.3.3 Cables

Al tener un amplia área a cubrir, es importante escoger el tipo de cable a usar, los cables al ser conductores eléctricos, poseen resistencia, por lo que al existir una longitud considerable existirá una pérdida de potencia. En audio, esta pérdida se la interpreta como disminución de presión sonora.

El uso de transformadores en el método de voltaje constante permite que la pérdida de potencia sea menor, por lo tanto la sección del cable a usar será más pequeña.

El estándar de cables AWG (American Wire Gauge) entrega una referencia de clasificación de diámetros, cuanto más alto sea el número AWG, el alambre será más delgado, el cable de menor AWG es menos susceptible a las interferencias, posee menor resistencia interna y soporta mayor flujo de corriente para distancias grandes, en la Tabla 1 se muestra las longitudes máximas del cable obtenidas dependiendo su sección y la potencia entregada por el amplificador.

Tabla 1.

*Longitud máxima de cable para sistemas de 70 V.*

Sección de cable <i>Wire section</i>	Número del cable <i>AWG, American wire gauge</i>	Resistencia del cable para <i>Cable resistance per 100 m</i>	Longitud máxima de cable <i>Maximum cable length</i>			
			Potencia Total por canal <i>Total power per channel</i>			
			125 W	250 W	500 W	1000 W
13,30 mm <sup>2</sup>	6	0,25 ohm	2136 m	1064 m	528 m	260 m
6,63 mm <sup>2</sup>	8	0,49 ohm	1065 m	530 m	263 m	130 m
5,26 mm <sup>2</sup>	10	0,62 ohm	845 m	421 m	209 m	103 m
3,31 mm <sup>2</sup>	12	0,99 ohm	532 m	265 m	131 m	65 m
2,08 mm <sup>2</sup>	14	1,57 ohm	334 m	166 m	83 m	41 m
1,31 mm <sup>2</sup>	16	2,49 ohm	210 m	105 m	52 m	26 m
0,82 mm <sup>2</sup>	18	3,98 ohm	132 m	66 m	33 m	16 m
0,52 mm <sup>2</sup>	20	6,28 ohm	84 m	42 m	21 m	10 m
0,33 mm <sup>2</sup>	22	9,89 ohm	53 m	26 m	13 m	6 m
<b>Impedancia resultante de la línea »»</b> <i>Resulting line impedance »»</i>			39 ohm	20 ohm	10 ohm	5 ohm

Tomado de: cableaudio, 2009.

Los resultados entregados en la Tabla 1, son para una pérdida de señal de 1 [dB], si se desea conocer los resultados para una pérdida de 3 [dB] se deben multiplicar las longitudes máximas de cable por 3,5.

Es importante considerar la resistencia que ejerce el cable debido a su distancia, su grosor y material, la siguiente formula permite conocer la resistencia existente:

$$R = p * \frac{L}{S}$$

(Ecuación 2)

Dónde:

$R$ : Resistencia del cable

$p$ : Resistividad del material

$L$ : Longitud del cable

$S$ : Sección transversal del cable

#### 2.3.4 Amplificador de potencia de audio

Son la parte más importante para un sistema de megafonía, dependiendo sus características, permitirán tener mayor cantidad de altavoces en la línea o será un limitante en el diseño.

Su función es aumentar el nivel de una señal entregada, incrementando para ello la amplitud de la señal en el transistor de salida mediante corrientes de polarización.

Los amplificadores usados para líneas de voltaje constante, constan de un transformador elevador acoplado, el cual tiene como objetivo disminuir la corriente que circula en la línea, de esta forma se obtiene una pérdida de potencia menor. Existen amplificadores que generan exclusivamente 70 [V] o 100 [V] sin necesidad de un transformador externo.



Para que el sistema desarrolle voltaje constante, debe entregar una máxima potencia, de esta forma su entrada de voltaje estará en los niveles óptimos y se podrá aprovechar de mejor forma el equipo.

#### 2.3.4.1 Clasificación de amplificadores

Directamente relacionado con la distorsión total armónica, los amplificadores se clasifican en: A, B, AB y D. Estas clases definen el tipo de amplificación utilizada en la etapa de salida del componente, por lo que afecta los niveles de distorsión producidos. En términos muy simples, una etapa de salida de amplificador de potencia consta de dos etapas principales de potencia secundaria, una para amplificar la señal de voltaje negativo y la otra para amplificar la parte positiva.

- La clase A mantiene ambas etapas encendidas en todo momento; es el que ofrece el mejor sonido, pero también se lo considera el más ineficiente. Su eficiencia puede oscilar entre aproximadamente el 10% al 20%, debido a esto genera más calor ya que la corriente máxima está presente todo el tiempo independientemente del nivel de la señal de audio.
- La clase B, denominada *push-pull* debido a que cuando una etapa está encendida, la otra está apagada. Esto lleva a un diseño más eficiente, con una eficiencia que puede oscilar aproximadamente entre el 50% al 75%. Este diseño también introduce un nivel mucho más alto de distorsión armónica, esto se debe al proceso continuo de encendido y apagado.
- La clase AB es un híbrido entre las clases anteriores, deja ambas etapas de amplificación activadas solo para la parte más pequeña de la señal, operando como clase A para señales de bajo nivel, mientras que para

las señales de alto nivel opera como clase B. Esto lleva a lo mejor de ambos mundos en donde se obtiene el mejor sonido para señales de audio más bajas, que en la mayoría de los casos constituyen la parte más grande de una banda sonora de música o audio y por otro lado aprovechamos la eficiencia mejorada de la operación de clase B cuando se maneja altos niveles de señal.

- Los amplificadores de clase D convierten la señal de entrada en una secuencia de pulsos de salida de voltaje más alto. Los pulsos de salida alimentan luego a un filtro de paso bajo antes de llegar al altavoz, de esta forma eliminan los componentes de frecuencia no deseados de la señal. La señal filtrada resultante es entonces una réplica amplificada de la entrada. Estos son los amplificadores de audio más eficientes con una eficiencia superior al 90%, pero en términos de calidad de sonido, estos amplificadores a menudo están en el extremo inferior de la escala.

## **2.4 Transductores electro acústicos**

Un transductor es un dispositivo que permite transformar una determinada entrada de energía, en una diferente en la salida (Saposhkov, 1983). Los micrófonos, altavoces y amplificadores son transductores electro acústicos los cuales poseen propiedades que definen la calidad y capacidad de funcionamiento.

### **2.4.1 Niveles de señal**

Existen tres niveles de señal característicos de los transductores:

- Bajo nivel: corresponde a la señal generada directamente por los transductores como micrófonos, son aquellas que tienen un nivel de tensión menor a  $-40$  [dBu] ( $0,775$  [mv]).
- Nivel de línea: es el resultado de aplicar una pre amplificación a las señales de bajo nivel, también se lo encuentra en señales producidas por ciertos dispositivos como los sintetizadores o reproductores de disco. En cuanto a sus niveles de tensión, se encuentran comprendidos entre  $-10$  [dBu] a  $30$  [dBu] ( $245$  [mv] a  $24,5$  [v]).
- Nivel de potencia: este nivel es el requerido para poder excitar los altavoces o cajas acústicas, los niveles de potencia se encuentran superando los  $30$  [dBu] ( $24,5$  [v]).

Para poder entender estos niveles debemos conocer ciertas escalas las cuales dan mayor precisión a estos tres niveles de señal, en la Tabla 2 se puede observar las unidades usadas, su magnitud, su referencia y las propiedades en las cuales se usan o se miden estos valores.

Tabla 2.

*Unidades de medida de potencia tensión y presión y sus propiedades.*

Unidades	Magnitud	Referencia	Propiedades
<b>dB<sub>NPS</sub></b>	Presión sonora	20 $\mu$ Pa	0 dB <sub>NPS</sub> coincide con el umbral de audición a 1 kHz
<b>dBm</b>	Potencia	1 mW	Es útil cuando es importante la potencia que entrega una fuente, más que su tensión
<b>dBu</b>	Tensión	0,775 V	Cuando la tensión se conecta a una resistencia de 600 $\Omega$ coincide numéricamente con el nivel de potencia en dBm
<b>dBV</b>	Tensión	1 V	Una tensión expresada en dBV es 2,2 dB menor que expresada en dBu

Tomado de: Dumond, 1999.

### 2.4.2 Sensibilidad

Se define como la más pequeña variación de la magnitud de entrada para la cual es posible distinguir variaciones apreciables en la salida. Se expresa como valor de señal de salida para una determinada entrada unitaria.

En cuanto a los micrófonos, la sensibilidad se define como la respuesta eléctrica generada en la salida respecto a una entrada acústica estándar. La señal de entrada generada para realizar la medición de sensibilidad en un micrófono es una onda sinusoidal de 1 [kHz], a un nivel de presión sonora (SPL) de 94 [dB] o 1 [Pa]. Un micrófono con un valor de sensibilidad más alto tiene una salida de nivel más mayor para una entrada acústica fija que un micrófono con un valor menor.

La sensibilidad de un altavoz está definida por el nivel de presión sonora (NPS) que se mide a 1 [m] en el eje con 1 [W] de entrada, muchas veces se la especifica como nivel de presión sonora a 1 [m]. Es una de las especificaciones de los altavoces más importantes, aunque ignorada, permite conocer cuán eficientemente utiliza el altavoz la potencia del amplificador.

Para amplificadores, la sensibilidad es el valor de la tensión de entrada necesaria para producir la máxima potencia, la sensibilidad maximiza la relación señal ruido. Este valor se encuentra relacionado con la ganancia y puede ser especificado en [V] o en [dBv].

### 2.4.3 Respuesta en frecuencia

Describe el nivel de salida que existe en todo el espectro. Los límites vienen definidos por las frecuencias de corte, en donde la respuesta del transductor está 3 [dB] por debajo del nivel de salida de referencia.

Se representa mediante una gráfica que indica la sensibilidad en [dB]. en función a un rango de frecuencias, de esta forma podemos observar como es de preciso el transductor. Este gráfico no es lineal, pues los valores obtenidos no son constantes, esto quiere decir que en dos frecuencias diferentes en las cuales se ejerce la misma presión, se genera tensiones diferentes.

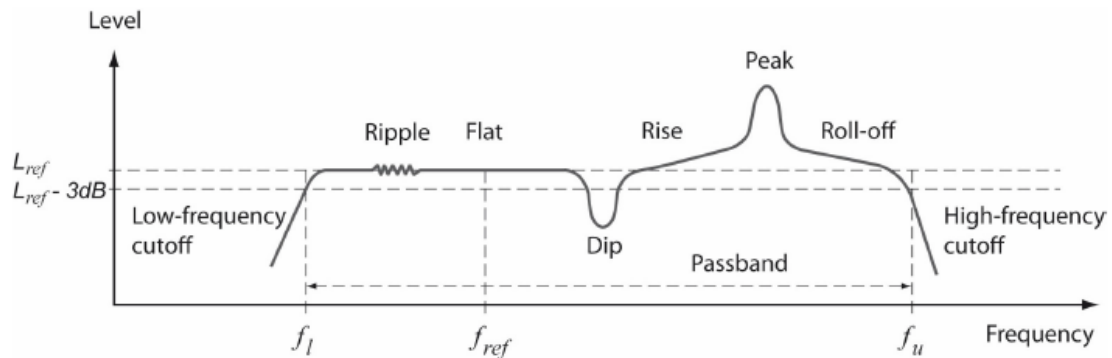


Figura 3. Ejemplo respuesta en frecuencia de un altavoz

Tomado de: Acustics, 2004.

#### 2.4.4 Direccionalidad

La direccionalidad describe el patrón en el que la sensibilidad cambia cuando la fuente de sonido varía su posición en el espacio. Debido a principios de la acústica, la sensibilidad varía según el ángulo respecto a su eje en el que se emita o se genere presión, para esto los fabricantes entregan características direccionales mediante un diagrama polar o un diagrama direccional el cual muestra cómo responde el transductor. Los tipos más habituales de direccionalidad son:

- Cardioide: tiene mejor recepción en la parte frontal. Rechaza parcialmente los sonidos que se acercan a los lados o la parte posterior.
- Supercardioide: mejor recepción en la parte frontal al igual que el cardioide, pero rechaza mayormente los sonidos existentes a los lados haciéndolo más estrecho.
- Hipercardioide: es el más estrecho y direccional de todos.

- Omnidireccional: recepta igualmente en todas las direcciones. A diferencia de los otros patrones, el omni no tiene efecto de proximidad.
- Bidireccional o figura 8: su recepción es mejor en dos direcciones, delante y detrás, rechazando los sonidos de los lados.

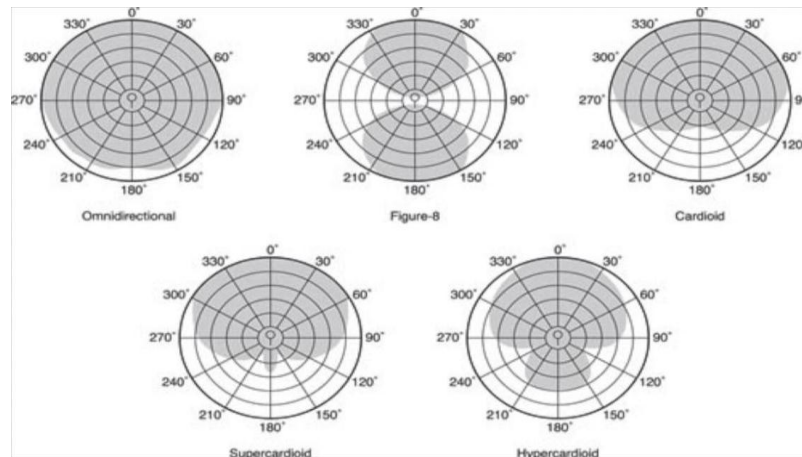


Figura 4. Tipos de Patrones polares de micrófonos

Tomado de: Acustics, 2004.

#### 2.4.5 Relación señal ruido (SNR)

Especifica la relación de una señal de referencia, al nivel de ruido existente en la salida del transductor. La SNR es la diferencia en decibelios entre el nivel de ruido generado por el dispositivo y una señal de referencia SPL estándar de 1 [kHz] a 94 [dB].

Esta especificación se presenta normalmente en un ancho de banda de 20 kHz como un valor ponderado A '[dBA]', lo que significa que incluye un factor de corrección que corresponde a la sensibilidad del oído humano al sonido en diferentes frecuencias.

#### 2.4.6 Impedancia

Existen adaptadores de impedancia acústicos y eléctricos, por definición, la impedancia es una medida de la oposición de un medio a la propagación de

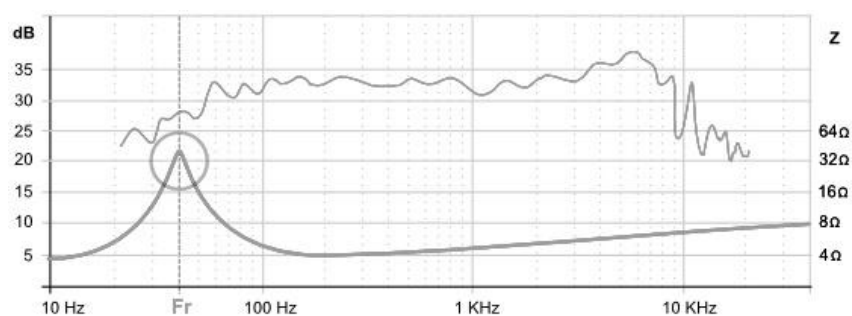
una onda, en acústica este parámetro indica la relación entre una diferencia de potencial y el flujo acústico existente en un medio. En el caso de la electrónica, la diferencia de potencial es el voltaje y el flujo existente es la corriente (Beranek, 1954).

Las especificaciones de los micrófonos dan a conocer la impedancia de salida, la cual es una medida de la oposición a la corriente alterna que proporciona el micrófono a la salida del mismo. Generalmente, los micrófonos pueden dividirse en impedancia baja (50 - 1000 ohmios), media (5000 - 15000 ohmios) y alta (más de 20000 ohmios)

En los altavoces la impedancia se encuentra directamente relacionada con la capacidad de manejo de potencia; esta especificación se define en ohmios.

La impedancia representa la resistencia que un altavoz ejerce a la señal eléctrica; cuanto más baja sea la impedancia, el altavoz consumirá mayor potencia del amplificador. Esto significa que un altavoz de 4 ohmios cargará más un amplificador para el mismo nivel de señal de salida que uno de 8 ohmios.

La impedancia en los altavoces varía de acuerdo a la frecuencia, por lo tanto los fabricantes entregan un curva de impedancia en la cual destacan, la impedancia nominal, impedancia mínima y los valores de resonancia del altavoz.



*Figura 5.* Curva de impedancia de un altavoz

Tomado de: Rivera, 2010.

En los amplificadores la impedancia que se presenta, es aquella que se mide externamente en los terminales de entrada, esta especificación es sumamente importante debido a que esta debe ser mayor comparada con las impedancias usuales en las salidas de línea para su óptimo desempeño.

#### 2.4.7 Potencia

Este parámetro lo encontramos tanto en altavoces como amplificadores, siendo una muestra de la capacidad y fuerza que tiene el dispositivo para funcionar.

Existen diferentes formas de expresión de la potencia en altavoces, estas diferencias dependen del estándar usado para la medición, que pueden llegar a ser las siguientes:

- **Potencia nominal:** se la define como la máxima potencia en la que un altavoz puede trabajar y mantenerse durante un periodo de tiempo prolongado, sin realizar cambios permanentes en su desempeño mecánico, acústico o eléctrico.
- **Potencia máxima RMS:** conociendo que gran parte de la potencia que recibe un altavoz se disipa en forma de calor en la bobina, aumentando su temperatura, el máximo establecido se define como aquel valor que asegura que la bobina no se queme por exceso de temperatura.
- **Potencia de pico máxima:** corresponde al máximo valor instantáneo de potencia que puede aplicarse durante un tiempo muy corto, se encuentra relacionado con el máximo recorrido de la bobina sin que el diafragma se destruya.
- **Potencia máxima EIA:** esta medida fue establecida por la Asociación de Industrias Electrónicas, refleja la potencia de salida existente en un solo canal, por lo general se mide a 1 [kHz] con 1% de distorsión total armónica. Tiene en cuenta tanto la potencia media como la potencia de pico, por lo que indica valores promedio de la potencia.



En cuanto a los amplificadores esta especificación se la conoce como potencia máxima de salida, la cual permite calcular en función de los datos técnicos del altavoz, el nivel de presión sonora producido por el sistema en conjunto, esta especificación se entrega junto a valores de impedancia de carga que usualmente se encuentran entre los 8 [ $\Omega$ ] y 4 [ $\Omega$ ], puesto que estos son los valores típicos de la impedancia de los altavoces.

#### **2.4.8 Ganancia**

La ganancia es un parámetro fundamental del amplificador, tiene dos terminales, una de entrada y otra con la señal amplificada denominada salida, el cociente entre estos dos terminales se lo define como ganancia y se expresa de la siguiente forma:

$$G = \frac{\textit{Salida}}{\textit{Entrada}}$$

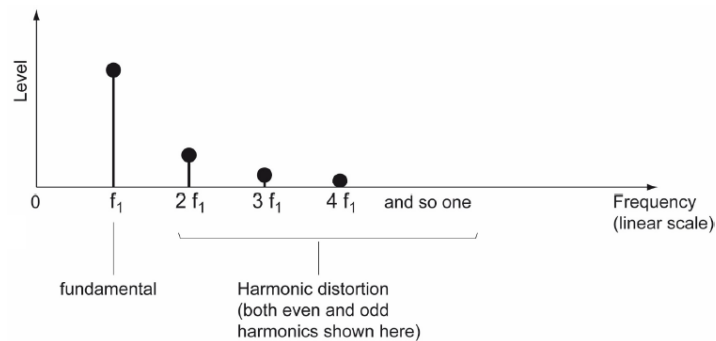
(Ecuación 3)

La ganancia es un valor adimensional, es decir que no especifica una medida exacta, sino se lo define como una relación y se la suele expresar en [dB].

#### **2.4.9 Distorsión total armónica (THD)**

Esta especificación es netamente de los amplificadores, se define como la cantidad de energía de los armónicos que añade el dispositivo en función de la señal que se encuentra pasando por el mismo. Los armónicos se refieren a los tonos de orden superior, o múltiplos de frecuencia de la nota original. Es una medida de la cantidad de distorsión o alteración de la salida de un amplificador de audio con respecto a la señal de entrada. Los niveles de distorsión armónica

por debajo del 1% se consideran insignificantes (Quilter, 2015). Se debe tener en cuenta que los altos niveles de distorsión pueden hacer que un amplificador no pueda escucharse.



*Figura 6.* Ejemplo de distorsión armónica

Tomado de: Acustics, 2004.

## 2.5 Normativa UNE-EN54:

"Sistema de detección y alarma de incendios", es una serie de normas, las cuales especifican los requerimientos necesarios y pruebas de laboratorio que conlleven a un nivel alto de seguridad para todos los componentes del sistema de alarmas de incendios.

### 2.5.1 UNE-EN54-16

"Control de alarma por voz y equipos indicadores", la presente norma especifica los requisitos, métodos de ensayo y criterios del comportamiento para el equipo de control e indicación de alarma por voz, para el uso en sistemas de detección y sistemas de alarma de incendios instalados en edificios.

A continuación se presenta un resumen de los puntos importantes de la normativa y sus debidas consideraciones.

### 2.5.1.1 Requerimientos generales

El sistema debe cumplir con todos los requisitos correspondientes.

- Advertencia sonora.
- Evacuación por fases.
- Silencio manual de la condición de alarma por voz.
- Restablecimiento manual de la condición de alarma por voz.
- Salida de condición de alarma de voz.
- Indicación de fallos relacionados con la trayectoria de transmisión a la CIE.
- Indicación de fallo relacionado con zonas de alarma por voz.
- Control manual de alarma por voz.
- Micrófono de emergencia.
- Amplificadores de potencia redundantes.
- Retrasos para ingresar a la condición de alarma por voz.
- Salida a dispositivos de alarma de incendio.
- Estado de discapacidad.
- Interfaz a dispositivos de control externo.

Si se proporcionan funciones distintas a las especificadas en la norma, no deberán poner en peligro el cumplimiento de los requisitos de esta norma europea.

El instalador debe garantizar que las funciones como la música de fondo no influyan en la conformidad, debido a que que son aplicaciones no informativas. Para otras funciones, como anuncios, timbres o mensajes almacenados, se debe respetar la prioridad.

### **2.5.1.2 Fuente de alimentación**

El equipo de alimentación, externo o incluido en el sistema, debe cumplir con los requisitos de la norma EN 54-4.

Es responsabilidad del instalador utilizar las fuentes de alimentación y el equipo de carga de la batería de acuerdo con la norma EN 54-4. El instalador debe garantizar que la capacidad de las fuentes de alimentación funcione con suficiente espacio.

La fuente de alimentación puede compartirse con la de un sistema de detección de incendios, pero cuando se opera con una batería, la detección de incendios y el sistema de alarma contra incendios deben incluirse en el cálculo de la capacidad.

### **2.5.1.3 Condiciones de funcionamiento**

El sistema deberá ser capaz de operar inequívocamente en las siguientes condiciones funcionales:

- Condición de reposo.
- Condición de alarma de voz.
- Condición de advertencia de falla.
- Condición de desactivación (opción con requisitos).

La pantalla de emergencia indica la condición de alarma por voz la cual debe configurarse de la siguiente forma: el LED rojo (Alarma) indicará la condición de advertencia de una emergencia, el LED amarillo (Fallo) indicará posibles fallos en el sistema. Si ambos LED están apagados, el sistema está en "condición inactiva", finalmente el LED verde (Encendido) indicará que el sistema se encuentra trabajando correctamente.

#### **2.5.1.4 Condición de reposo**

Cualquier tipo de información del sistema puede mostrarse durante la condición de reposo. Sin embargo, no se darán indicaciones que puedan confundirse con las utilizadas en el que son:

- Condición de alarma de voz.
- Condición de advertencia de falla.
- Condición de desactivación.

#### **2.5.1.5 Condición de alarma por voz**

El sistema debe ser capaz de recibir y procesar señales de alarma emitidas por el sistema de alarma de catástrofes del recinto o del control manual que existe en el sistema o de ambos. También debe hacer que las salidas de alarma de voz apropiadas se activen dentro de los 3 segundos o al finalizar cualquier periodo de retardo.

La presencia de una condición de alarma por voz se indicará en el sistema, sin intervención manual previa, mediante:

- a) Una indicación visible por medio de un indicador separado de emisión de luz discreta.
- b) Una indicación visible para cada zona de alarma por voz activada donde se proporcionan controles manuales.

El sistema de emergencia utiliza una frecuencia diferente para la advertencia audible a la usada en advertencia de falla. La advertencia audible tiene una prioridad más alta que la advertencia de falla.

El procedimiento de silenciamiento puede permitir la finalización de mensajes en proceso de transmisión.

Puede ser posible silenciar manualmente el mensaje de alarma de voz del sistema. En este caso, después del silenciamiento manual, será posible reactivar el mensaje de alarma de voz.

El instalador tiene que configurar el sistema en consecuencia.

Después de una operación de reinicio, la indicación de la condición funcional correcta correspondiente a cualquier señal recibida deberá permanecer o restablecerse dentro de 20 segundos.

Después de una operación de reinicio, el sistema indicará inmediatamente la condición funcional en la que se encuentra actualmente. De igual forma responderá inmediatamente a las señales recibidas que lo pondrán en otra condición funcional. El instalador debe asegurarse de no agregar demasiado retraso.

#### **2.5.1.6 Condición de advertencia por falla**

El sistema entrará en la condición de advertencia de falla cuando se reciban señales que después de cualquier procesamiento necesario, se interprete como una falla.

Cuando el sistema recibe una señal de falla de supervisión, es decir, detecta una falla en el sistema, ingresa a la condición de advertencia de falla.

El sistema debe ser capaz de reconocer simultáneamente todas las fallas especificadas a menos que esto se omita mediante la presencia de una señal de salida de alarma en la misma zona de alarma de voz.

El instalador debe asegurarse de incluir sólo los mensajes de falla en el manejo de fallas.

El sistema es capaz de reconocer todas las fallas del sistema simultáneamente. Puede reconocer fallos en una zona de alarma por voz incluso cuando hay una señal de salida de alarma en la zona.

El sistema entrará en la condición de advertencia de falla dentro de los 100 [seg] de la ocurrencia de cualquier falla, o la recepción de una señal de falla o en otro momento según lo especificado en la Norma EN 54.

El sistema reconoce e informa de todos los fallos dentro del tiempo definido en la norma EN 54. El instalador debe asegurarse de que los fallos se configuren en consecuencia.

La presencia de fallas en funciones específicas se indicarán en el sistema sin intervención manual previa. La condición de advertencia de falla se establece cuando lo siguiente está presente:

- Una indicación visible por medio de un indicador de emisión de luz.
- El sistema proporciona una indicación visible cuando se encuentra en la condición de advertencia de falla a través del led amarillo (Fallo) de las estaciones de emergencia y a través del led amarillo del panel frontal (Fallo) del controlador.

Si la indicación se encuentra en una pantalla alfanumérica, que no puede indicar simultáneamente todos los fallos debido a su capacidad limitada, se aplicará lo siguiente:

- a) Se indicará la presencia de indicaciones de fallo que hayan sido suprimidos, la primera línea muestra la cantidad total de fallas activas, las otras líneas indican detalles de falla.
- b) Las indicaciones de error suprimidas deben poder visualizarse por medio de una operación manual en el nivel de acceso 1 o 2 que interroga solo las indicaciones de error.

Las siguientes fallas se indicarán por medio de indicadores emisores de luz separados y / o una pantalla alfanumérica:

- a) una indicación común a cualquier falla en la fuente de alimentación que resulte de:
  - 1) Un cortocircuito o una interrupción en una ruta de transmisión a una fuente de alimentación, donde la fuente de alimentación está contenida en un gabinete diferente a la del sistema
  - 2) Los fallos de la fuente de alimentación especificados en EN 54-4; el instalador debe asegurarse de que todas las fallas de energía están indicadas en la pantalla LCD de la estación de emergencia.
- b) Una indicación común a cualquier falla a tierra de menos de 50 [kΩ] que sea capaz de afectar una función obligatoria, y que no esté indicada de otra manera como una falta de una función supervisada.
- c) Una indicación de la ruptura de cualquier fusible dentro del sistema, o la operación de cualquier dispositivo de protección dentro del sistema que sea capaz de afectar una función obligatoria en la condición de alarma contra incendios.
- d) Una indicación de cualquier cortocircuito o interrupción, común a todas las rutas de transmisión entre partes del sistema contenidas en más de un gabinete, que puede afectar una función obligatoria y que no se indica de otra manera como una falla de una función supervisada.

Las siguientes fallas se muestran mediante el indicador general de advertencia de falla:

- a) Cualquier cortocircuito o interrupción en una ruta de transmisión de alarma por voz entre partes contenidas en más de un gabinete del sistema, incluso cuando la falla no afecte una función obligatoria.
- b) Cualquier cortocircuito o interrupción en la ruta de transmisión de alarma por voz a la cápsula del micrófono de emergencia, si se proporciona.
- c) Cualquier cortocircuito o interrupción en la ruta de transmisión de alarma por voz entre el controlador y los altavoces, incluso cuando la falla no afecte el funcionamiento de los altavoces.



- d) Cualquier cortocircuito o interrupción en la ruta de transmisión entre el control de mando y los dispositivos de alarma contra incendios cuando se utilizan.
- e) Fallo de cualquier amplificador del sistema.

#### **2.5.1.7 Control manual de alarma por voz**

El sistema puede tener provisión para activar manualmente la condición de salida de alarma por voz. Si se proporciona una función de control de salida de alarma por voz, se aplicará lo siguiente:

- a) Un control manual que provoque una condición de salida de alarma por voz solo será accesible en el nivel de acceso 2 y el instalador debe asegurarse de configurar el nivel de acceso 2 para el control manual.
- b) Será posible activar cada zona de alarma por voz individualmente y/o en grupo de zonas de alarma por voz.
- c) La activación manual de una zona de alarma por voz no impedirá las indicaciones y salidas obligatorias a otras zonas de alarma por voz.

La indicación de la condición de falla que evitaría la generación y transmisión de la señal de alarma de voz a la zona de alarma de voz asociada con cada control manual debe estar disponible sin ninguna acción manual y no debe suprimirse. Esta indicación será por:

- a) Un indicador de emisión de luz separado (el indicador de falla general), y La condición de falla se indica en el sistema mediante un indicador amarillo en todas las estaciones de llamadas de emergencia (el LED de falla).
- b) Una indicación para cada zona de alarma por voz y/o una indicación para grupo definido de zonas.

### 2.5.1.8 Dispositivo de control externo

El sistema puede tener disposiciones para interactuar con dispositivos de control externos, como las interfaces de usuario estandarizadas requeridas por las regulaciones locales.

- a) La interfaz solo permitirá el acceso a las funciones de nivel 1 y 2.
- b) Las funciones obligatorias del sistema no serán anuladas.
- c) Cualquier cortocircuito, interrupción o falla a tierra en la ruta de transmisión de los dispositivos externos deberá:
  - 1) No impedir la función obligatoria del sistema.
  - 2) Indicar en el sistema, por medio del indicador general de advertencia de falla.

Nota: los dispositivos de control externo deben cumplir con los códigos locales disponibles, las normas europeas o las normas nacionales.

### 2.5.1.9 Micrófono de emergencia

El sistema puede tener provisión para micrófono de emergencia. En este caso, el micrófono de emergencia debe tener:

- a) Prioridad sobre todas las entradas, incluidos los mensajes pregrabados.
- b) Control de micrófono de emergencia para abrir el canal del micrófono, en el nivel de acceso 2.
- c) Cuando se proporciona una señal de atención de anuncio previo, un indicador adyacente al micrófono debe mostrar cuando la señal ha finalizado y puede comenzar el habla en vivo.
- d) Cuando se opere el control del micrófono de emergencia, cualquier indicación audible que pueda interferir con el uso del micrófono se silenciará automáticamente.
- e) Cuando el sistema dispone de la conexión de más de un micrófono de emergencia, deberán ser configurables por prioridad en el nivel de acceso 3 o 4 y solo un micrófono de emergencia estará activo a la vez.

## 2.6 Parámetros acústicos

### 2.6.1 Inteligibilidad

La percepción de la palabra es objetiva, lo que hace que esta sea fácil de medir y controlar. El objetivo del oyente de un mensaje oral es su comprensión, lo que hace de este el criterio básico para medir la calidad de audición verbal existente en una sala.

La pérdida de articulación de consonantes (%alcons) mide la inteligibilidad en tanto por ciento, para esto es importante considerar las reflexiones que se darán como sonido directo y sonido reverberante dentro de la sala. Las primeras reflexiones que se encuentran entre los 25-35 [ms] después del sonido directo permiten mejorar la inteligibilidad mientras que las que llegan detrás dificultan la inteligibilidad de la palabra. En la Tabla 3 podemos encontrar valores y clasificación del parámetro %alcons

Tabla 3.

*Valoración subjetiva según el %alcons obtenido.*

<b>% ALCons (Peutz LF)</b>	<b>Valoración Subjetiva</b>
0% a 7%	Muy Buena
7% a 11%	Buena
11% a 15%	Aceptable
15% a 18%	Pobre
> 18%	Inaceptable

Tomado de: Linares, 2008.

Estos valores encontrados en la Tabla 3 dependerán tanto del sistema de PA como del orador.

El cálculo del %alcons viene dado por la siguiente ecuación:

$$\%Alcons = \frac{200 * r^2 * Tr^2 * (1 + n)}{V * Q}$$

(Ecuación 4)

Donde:

- $r$ : Distancia a la fuente sonora [m]
- $V$ : Volumen de la sala [ $m^3$ ]
- $Q$ : Directividad de la fuente
- $Tr$ : Tiempo de reverberación de la sala [seg]
- $n$ : Número de fuentes iguales

## 2.6.2 Tiempo de reverberación

Es el tiempo en que tarda una señal acústica en una sala, hasta decaer una millonésima parte en su energía, lo que equivale a un decaimiento de 60 [dB] luego de que la fuente de sonido deja de emitir energía.

La reverberación se origina debido a la presencia de múltiples reflexiones de la señal acústica emitida dentro de un recinto. La forma, el tamaño, los materiales y los elementos que se encuentran dentro de la sala son factores que influyen en el tiempo de reverberación de la misma.

La siguiente expresión matemática descrita por Wallace Sabine permite calcular el tiempo de reverberación de una sala en la cual se pueda conseguir campo difuso:

$$Tr = 0.16 * \left( \frac{V}{\alpha * St} \right)$$

(Ecuación 5)

Dónde:

- $V$ : Volumen de la sala [ $m^3$ ]
- $\alpha$ : Absorción del material [adimensional]
- $St$ : Superficie del material [ $m^2$ ]

Si existe un tiempo de reverberación muy alto en la sala, este daña la inteligibilidad. Estos efectos se dan en recintos de longitudes considerables como coliseos, industrias, entre otros, en donde el tratamiento acústico es pobre y la capacidad para entender mensajes es mínima.

### **3. DESARROLLO**

#### **2.1 Propuesta técnica metodológica para la instalación de sistemas de megafonía**

Se describe el proceso paso a paso a seguir, para la realización y configuración del diseño, de esta manera asegurar el mejor desempeño y calidad del sistema.

##### **1. Análisis estructural del recinto:**

- Revisión de planos estructurales.
- Revisión planos eléctricos.
- Revisión de materiales de construcción (techo, paredes y suelo).
- Análisis de la necesidad de la clínica.
- Selección de puntos a sonorizar.

##### **2. Diseño y cálculos:**

- Cálculos parámetros acústicos.
- Cálculo de la ganancia necesaria y ganancia esperada.
- Selección de altavoces.
- Simulación de la cobertura esperada con los altavoces seleccionados y elección de la cantidad de altavoces a usar.
- Selección de micrófonos a usar y puntos de instalación.
- Selección del cable a usar y cálculo de los metros de cable a usar.
- Cálculo de la potencia necesaria y selección del amplificador y cantidad de amplificadores a usar.

- Diseño diagrama unifilar del sistema.
- Diseño planos de ubicación de los altavoces y camino de cables a usar.
- Manual de configuración del sistema y protocolo a seguir.
- Manual de uso del sistema.

## 3.2 Análisis del Recinto

### 3.2.1 De la ubicación y tipo de suelo

La ubicación de la clínica es en el centro de Quito, en la calle Veintimilla E1-71 entre Av. 10 de Agosto y Gral. Ulpiano Páez. Cuenta con dos amplios parqueaderos y dos bloques de 4 pisos cada uno, se encuentra en un sector residencial, limitando con locales comerciales y un parque.

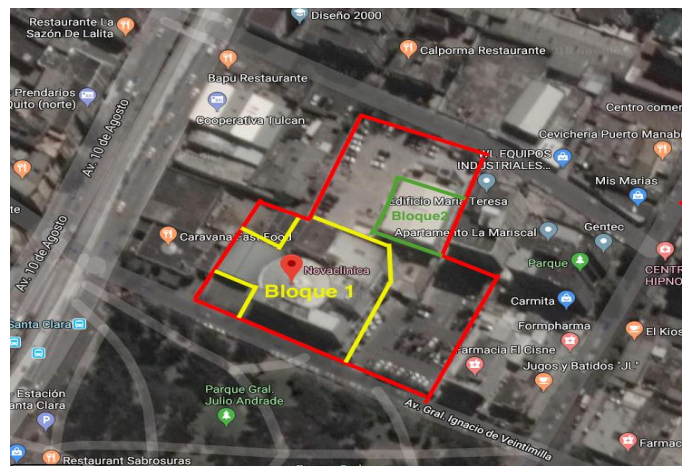


Figura 7. Novaclínica S.A.

Adaptado de Google Maps: 2018.

### 3.2.2 Descripción de la necesidad del recinto

Sabiendo que la clínica es un establecimiento destinado a asistencia sanitaria, con hospitalización de 24 horas y que se encuentra ocupado por personas las

cuales en su mayoría son incapaces de cuidarse por sí mismas, es recomendable tanto para las zonas de establecimientos destinados a asistencia sanitaria de carácter ambulatorio y las zonas destinadas a usos subsidiarios tales como oficinas, salones de actos, cafeterías, comedores, capillas, aulas, etc., que cumplan con las condiciones relativas a su uso, por lo que es necesario un sistema de detección de alarma de incendio, donde el sistema disponga de detectores y pulsadores manuales, los cuales permitan la transmisión de alarmas locales y alarma general, mediante instrucciones verbales.

El diseño propuesto, no solo cumplirá con la función de alarma por voz, conjuntamente será un sistema de megafonía el cual permitirá la comunicación desde puntos estratégicos de la clínica hacia los trabajadores y el público en general, proporcionando información importante, así mismo se colocará música ambiente proveniente del sistema de megafonía. Por motivos de las dos últimas aplicaciones del sistema, es importante zonificar estratégicamente la ubicación de los altavoces para que el sonido proveniente del sistema de megafonía, no afecte en el descanso de los pacientes y permita cumplir con el objetivo del diseño.

### 3.2.3 División de bloques y pisos

Tabla 4.

*Clasificación y enumeración de salas existentes, bloque 1 Novaclinica.*

Bloque	Piso	Instalaciones	Cantidad
1	Planta baja	Farmacia	1
		Hospital del día	1
		Caja	1
		Oficinas	5
		Auditoria	1
		Recepción	1
		Salas rayos X	2
		Cuarto obscuro	1
		Bodega	2
		Hospitalización	1

Piso 1	Habitaciones	15
	Recepción	1
	Laboratorio	1
	Ginecología	1
	Consultorios	23
Piso 2	Estación de enfermería	2
	Unidad de cuidados intensivos	1
	Quirófano	3
	Recuperación	1
	Neonatología	1
	Habitaciones	11
Piso 3	Consultorios	1
	Estación de enfermería	2
	Habitaciones	20
	Jefe de enfermería	1
Piso 4	Sala de reuniones	1
	Auditorio	1
	Consultorios	3
	Capilla	1
	Cafetería	1
	Cocina	1

Tabla 5.

*Clasificación y enumeración de salas existentes, bloque 2 Novaclinica*

Bloque	Piso	Instalaciones	Cantidad
2	Subsuelo	Costura	1
		Lavandería	1
		Bodega mantenimiento	1
		Archivo	4
	Planta baja	Presidencia	1
		Administración	1
		Sala de reuniones	1
		Recepción	1



	Oficinas	9
	Gerencia	1
	Cuarto de sistemas	1
Piso 1	Oficinas	12
Piso 2	Oficinas	11
Piso 3	Sala de máquinas	2
	Zona UDLA	1

Estas divisiones permiten entender de mejor manera el diseño realizado, las subdivisiones existentes y el uso de cada espacio en la clínica. Existen espacios de descanso para los pacientes (habitaciones) en los cuales no se pretende extender el diseño, esto se debe a que varios pacientes no pueden tener cuidado de si mismos, por lo que una alarma por voz o un sistema de megafonía no conseguiría nada más que alterarlos en el momento de una emergencia, sin embargo es de vital importancia colocar estos sistemas en lugares destinados a las personas quienes cuidan a los pacientes, como ejemplo, las estaciones de enfermería, para proporcionar una mayor seguridad. Por otro lado el uso de los espacios ayuda definir si es necesaria la aplicación de un sistema de musicalización o voiceo.

#### **2.4 Materiales de construcción**

Se realizó un análisis de los principales materiales usados en la construcción del recinto y su respectivo coeficiente de absorción, en la siguiente tabla se presentan los datos adquiridos:

Tabla 6.

*Coeficientes de absorción de materiales existentes en el recinto.*

Sector	Material	Coeficiente de absorción [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Techo	Panel cielo raso 4 [mm]	0,67	0,72	0,62	0,69	0,78	0,7
	Placas de fibra 16 [mm]	0,3	0,32	0,48	0,64	0,71	0,76
Paredes	Enlucido de yeso sobre pared	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
	Hormigón enlucido con cemento	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
	Vidrio de espejo	0,035	0,025	0,019	0,012	0,07	0,04
	Placa de yeso	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
Piso	Piso de hormigón	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	Baldosa de cerámica	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Obtenido de: Universidad de la República - facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.

Los materiales existentes en la construcción del recinto no poseen un tratamiento acústico, lo que puede llegar a ser un factor limitante en el diseño. Estos datos obtenidos permitirán realizar los cálculos necesarios para conocer los resultados que se obtendrán con el sistema instalado.

### 3.2.5 Cálculo de parámetros acústicos

Mediante un programa realizado en Matlab, se calculan los siguientes parámetros acústicos: tiempo de reverberación, %alcons y claridad (C50) de las diferentes habitaciones del recinto.

Para el cálculo de estos parámetros se han seleccionado una muestra de espacios, los cuales representan una generalización de la alta cantidad de habitaciones existentes en el recinto, obteniendo los siguientes resultados.

### 3.2.5.1 Consultorios

Tabla 7.

*Dimensiones y materiales – consultorios*

Dimensiones			Materiales			
x	y	z	Pared 1	Pared 2	Techo	Suelo
3	4	3	Enlucido de yeso sobre pared	Placa de yeso	Panel cielo raso 4 [mm]	Baldosa de cerámica

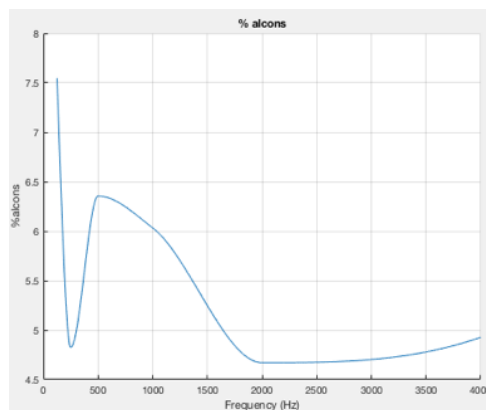


Figura 8. Frecuencia VS %alcons - simulación - consultorios

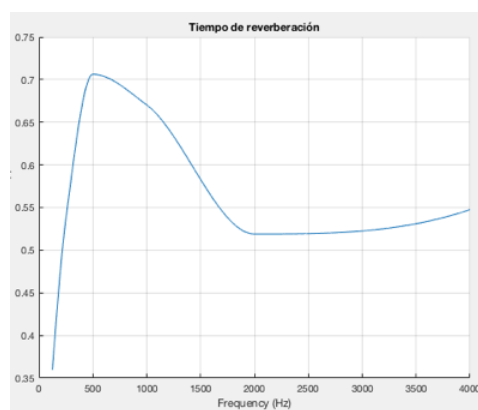


Figura 9. Frecuencia VS Tiempo de reverberación - simulación- consultorios

En cuanto a los consultorios, al no ser espacios amplios, podemos observar un tiempo de reverberación promedio de 0,55 [seg], como se muestra en la Ilustración 9, existe mayor tiempo de reverberación en bajas frecuencias, pero no resulta inconveniente debido a que el sistema no trabajará en rangos

menores a 500 [Hz]. Por otro lado podemos notar que el %alcons es inversamente proporcional al tiempo de reverberación, en la Ilustración 8, se puede observar que se obtiene un %alcons menor a 7% lo que resulta que se obtiene una calificación de excelente para este espacio.

### 3.2.5.2 Bodegas

Tabla 8.

*Dimensiones y materiales – bodegas.*

Dimensiones			Materiales			
x	y	z	Pared 1	Pared 2	Techo	Suelo
10	5	4	Hormigón enlucido con cemento		Panel cielo raso 4 [mm]	Piso de hormigón

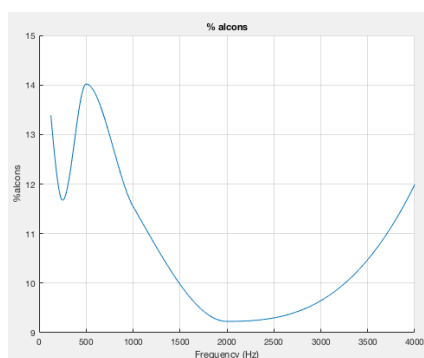


Figura 10. Frecuencia VS %alcons - simulación - bodegas

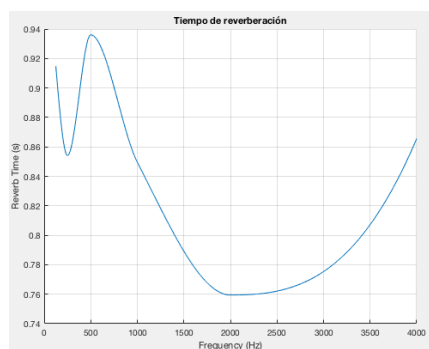


Figura 11. Frecuencia VS Tiempo de reverberación - simulación- bodegas

Las bodegas son lugares extensos en los cuales los materiales de construcción se encuentran sin tratamiento alguno, sin embargo los resultados obtenidos en la Ilustración 11, los cuales muestran un %alcons menor al 12%, indica que se obtendrá una inteligibilidad aceptable.

### 3.2.5.3 Salas destinadas a laboratorios

Tabla 9.

*Dimensiones y materiales - salas destinadas a laboratorios.*

Dimensiones			Materiales			
x	y	z	Pared 1	Pared 2	Techo	Suelo
5	4	3	Enlucido de yeso sobre pared	Placa de yeso	Panel cielo raso 4 [mm]	Baldosa de cerámica

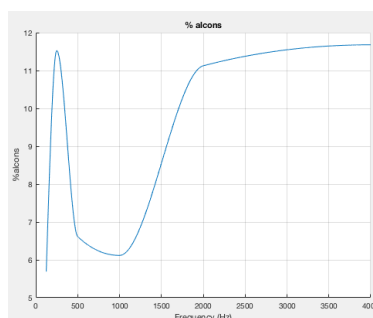


Figura 12. Frecuencia VS %alcons – simulación - laboratorios

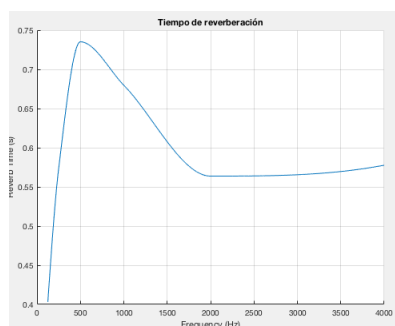


Figura 13. Frecuencia VS Tiempo de reverberación – simulación - laboratorios

Los laboratorios, debido a la limpieza que se necesita, poseen materiales reflejantes que no contribuyen a la inteligibilidad, a pesar de tener un tiempo de

reverberación bajo 0,6 [seg], su % alcons como se muestra en la Ilustración 12, es 12% a partir de las 2 [kHz], pues en altas frecuencias lo que resulta aceptable pero se puede tener en consideración un mejoramiento para obtener una mayor inteligibilidad.

### 3.2.5.4 Oficinas

Tabla 10.

*Dimensiones y materiales – oficinas*

Dimensiones			Materiales			
x	y	z	Pared 1	Pared 2	Techo	Suelo
3	2	3	Enlucido de yeso sobre pared	Placa de yeso	Placas de fibra 16 [mm]	Baldosa de cerámica

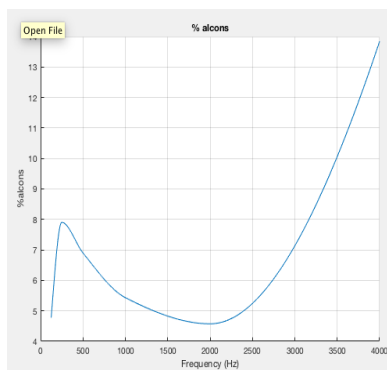


Figura 14. Frecuencia VS %alcons - simulación- oficinas

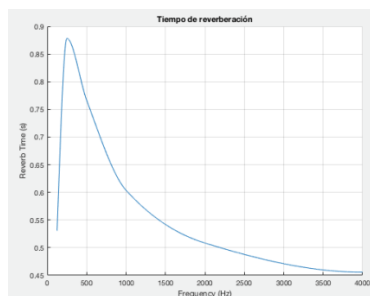


Figura 15. Frecuencia VS Tiempo de reverberación - simulación- oficinas

Las oficinas son espacios pequeños, en los cuales no permanecen más de tres personas en su interior, debido a sus dimensiones su tiempo de reverberación

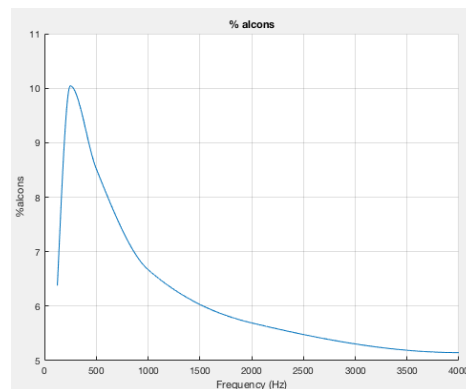
es bajo y su %alcons es excelente para las frecuencias de nuestro interés. La inteligibilidad obtenida resulta excelente para el diseño a realizar.

### 3.2.5.5 Salas de emergencia

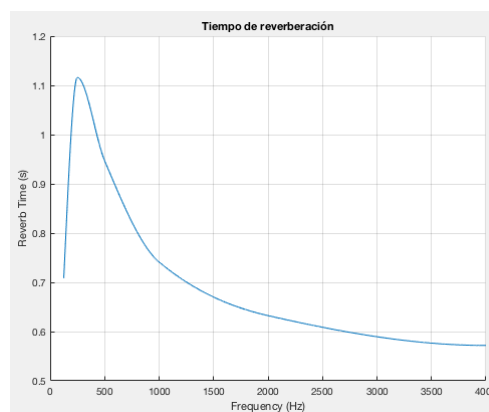
Tabla 11.

*Dimensiones y materiales - salas de emergencia*

Dimensiones			Materiales			
x	y	z	Pared 1	Pared 2	Techo	Suelo
3	15	3	Enlucido de yeso sobre pared	Placa de yeso	Placas de fibra 16 [mm]	Baldosa de cerámica



*Figura 16. Frecuencia VS %alcons - simulación- sala de emergencias*



*Figura 17. Frecuencia VS tiempo de reverberación - simulación- sala de emergencias*

Las salas de emergencias, al igual que los laboratorios consta de varios materiales reflejantes, debido a esto y a sus dimensiones extensas se tiene un tiempo de reverberación menor a 0,7 [seg], lo que resulta excelente para la inteligibilidad. El %alcons menor a 7% hace de este tipo de salas un objetivo ideal para el sistema.

Cabe recalcar que en todas las gráficas, únicamente son válidos los valores desde 250 [Hz] hasta 4 [kHz], por esta razón existen datos que indican un pico que se genera por Matlab debido a que la gráfica inicia desde 0 a pesar de no existir valores en estas frecuencias.

### **3.3 Selección de micrófonos**

El diseño propuesto presenta el uso de tres micrófonos, estos se usaran para voceo de mensajes informativos y control en momento de emergencia.

Es clave considerar ciertos parámetros para la selección de los mismos y de esta forma asegurar un mejor desempeño.

- Es importante que el micrófono a seleccionar tenga una buena respuesta en las frecuencias donde se encuentra la voz, es decir, entre 200 [Hz] a 4 [kHz], de esta forma aseguramos una mayor inteligibilidad al momento de usar el dispositivo.
- Interesa que el micrófono no capte todo el ruido de fondo, más bien se espera que capte únicamente la voz que se encuentra emitiendo directamente al dispositivo, de esta forma evitar la retroalimentación que pueda existir por los altavoces cercanos, por lo que se busca una sensibilidad de micrófono baja que permita atenuar ruidos indeseables y un patrón polar cardioide o hipercardioide.



- Se busca un micrófono con un nivel de ruido bajo, esto se debe a que se espera obtener una señal limpia al momento de su uso, permitiendo mayor comprensión del mensaje emitido.
- El micrófono debe cumplir con la normativa EN-54, permitiendo enviar mensajes de acuerdo a la necesidad y no encontrarse en funcionamiento todo el tiempo, por otro lado es importante poder enviar mensajes zonificados, evitando llevar información obsoleta a zonas no esperadas.

### 3.3.1 Micrófono multizona modelo LDA MPS-8Z

Las características del dispositivo seleccionado son:

- 8 botones de zona, un botón “llamada a todos”, posee función de re llamada e indicadores LED para selección de zona.
- Usa indicadores según la normativa EN 54-16.
- Configurable en modo PPT o Latch.
- Permite activar sonido Ding-Dong.
- Los botones se pueden programar desde el software de configuración Neo Configurator para activar eventos en el sistema como: ecualización, ajuste de ganancia, grabación y reproducción de mensajes pregrabados.
- Se conecta vía cable UTP estándar en modo bus.
- Medidas: 95 x 65 x 190 [mm].
- Peso: 0,93 [Kg].



*Figura 18.* Micrófono LDA MPS-8Z

Tomado de: LDA (2018)

Tabla 12.

*Especificaciones micrófono LDA MPS-8Z.*

Modelo	LDAMPS8ZS02
Fuente de Alimentación	5V dc, Tipo A/B Conector MiniUSB
Consumo de Energía	1A
Respuesta de Frecuencia	200- 15000 Hz (+/-2dB).
Ratio de Señal/Ruido	R> 98dB, A-ponderado
Sensibilidad	-43 dB. a 1KHz
Axis Direccional	Axial con respuesta diagrama hipercardioid polar.
Tipo de Transductor	Condensador
Indicadores	Estado: Emergencia, Fallo, Link, Ocupado, Línea Ocupada, Palabra concedida. 8 indicadores de zona seleccionada. Gooseneck incluye anillo luminoso para la palabra concedida.
Botones	3 x funciones programables, 1 x recall, 1 x seleccionar/ des-seleccionar todas las zonas, 8 x selección de zonas, 1 x llamar.
ACSI Bus	2 x Audio Balanceado (In+Loop)1Vp, 0,707Vrms. 10 KΩ, 2 x RJ-45 Female, Total 600m. / 2624,7ft
Aux Mic Entrada	1 x de entrada no Balanceada, 15mV, 47 KΩ, 1 x Minijack Mono 2,5mm
Dimensiones sin gooseneck (W x H x D)	95 x 65 x 190 mm / 3,75"x 2,56"x 7,48"
Longitud Gooseneck	350mm / 13,78"
Condiciones de Operación	-5 °C to +45 °C / 23 °F to 113 °F 5% to 95% Humedad relativa (sin condensación)
Acabado	Fe, Gris RAL 7016
Peso	0,93 Kg

Tomado de: LDA, 2018.

### 3.4 Selección de altavoces

El diseño del sistema de megafonía implica un alto grado de inteligibilidad de palabra, la selección de los altavoces son clave para cumplir con este objetivo, por lo que se busca un dispositivo que cumpla con las siguientes características:

- Respuesta en frecuencia estable en el rango de 200 [Hz] a 4 [kHz], debido a que en estas frecuencias se encuentra la articulación de vocales y consonantes, permitiendo conseguir una mayor inteligibilidad.
- Un mínimo nivel de ruido, esto se debe a que al reproducir los mensajes emitidos deben ser lo más limpios posibles.
- Existen otros parámetros no acústicos de los cuales dependerá la selección de nuestro altavoz, debido a que nuestro diseño es para un sistema emergencia, debe cumplir con ciertos estándares como aguantar altas temperaturas, ser resistentes a golpes y tener alta

durabilidad, esto nos permitirá un óptimo trabajo en momentos de emergencia.

- Finalmente y sin quitarle importancia se considerará el diseño estético de los altavoces, los cuales no deterioren la armonía del entorno, por lo que se busca altavoces de techo color blanco.

#### 3.4.1 LC1- WCO6E8 Modular ceiling loudspeaker range de BOSCH



*Figura 19.* Altavoz de techo BOSCH LC1- WCO6E8

Tomado de: Bosch, 2018.

El altavoz modular de techo LC1 se puede utilizar para una amplia variedad de entornos de techo. Proporcionan una excelente reproducción de voz y música en aplicaciones de megafonía interior. Se distinguen por la potencia de entrada, el ángulo de apertura y la reproducción de sonido.

El altavoz LC1 se encuentra certificado por varias normativas tanto de seguridad como de emergencia y resistencia los cuales podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 12.

*Certificaciones y cumplimientos de normativa altavoz LC1- WCO6E8*

Seguridad	Conforme a EN 60065
* Emergencia	Conforme a BS 5839-8
	Conforme a EN 54-24
	Conforme a EN 60849
Listado UL	1480/2043
A prueba de golpes	Conforme a DIN VDE 0710, parte 13
** Resistencia al agua y al polvo	Conforme a EN 60529 IP 21
*** Resistencia al agua y al polvo	Conforme a EN 60529 IP33
*** Niebla salina	Conforme a IEC-68-2-11 Ka

Tomado de: Bosch, 2018.

Las especificaciones del altavoz cumplen totalmente con lo buscado para el diseño del proyecto, a continuación se presenta las especificaciones del altavoz:

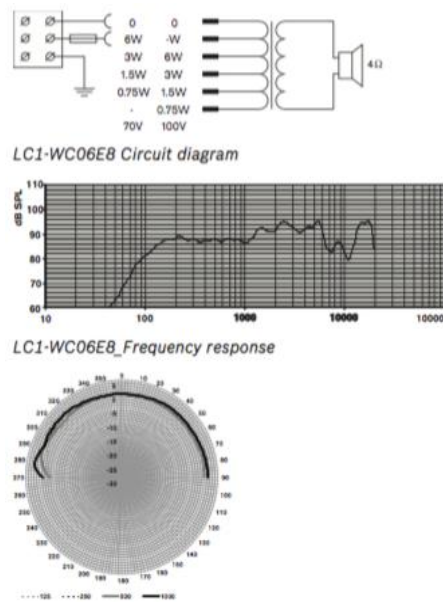


Figura 20. Diagrama de circuitos, respuesta en frecuencia y direccionalidad Bosch LC1

Tomado de: Bosch, 2018.

Octave band sensitivity LC1-WC06E8			
	Octave SPL 1W/1m	Total octave SPL 1W/1m	Total octave SPL Pmax/1m
125 Hz	85.3	-	-
250 Hz	88.3	-	-
500 Hz	87.5	-	-
1000 Hz	88.4	-	-
2000 Hz	93.4	-	-
4000 Hz	93.8	-	-
8000 Hz	88.0	-	-
A-weighted	-	89.0	106.2
Lin-weighted	-	89.7	107.1

Figura 21 Especificaciones altavoz Bosch LC1- WC06E8

Tomado de: Bosch, 2018.

### 3.4.2 Potencia necesaria

Para que exista una inteligibilidad aceptable para el recinto destinado a palabra, se debe considerar una relación señal/ruido de 25 [dB], de esta forma evitar niveles de presión excesivos los cuales causen retroalimentación en los micrófonos o malestar en el recinto. Para esto se ha considerado la curva Noise Criteria designada para centros dedicados a la salud (NC30).

En la siguiente tabla se indica el nivel de presión sonora que deben recibir los oyentes a determinada distancia de cada altavoz, teniendo en cuenta el decaimiento existente por la distancia recorrida desde la altura de instalación de cada altavoz hacia el oyente, de esta forma se busca cumplir con la relación SNR de 25 [dB].

Tabla 13.

Valores para la curva Noise Criteria (NC30).

NC 30	125	250	500	1000	2000	4000	Total
	48	41	35	31	29	28	49,11

Tomado de: Arcustics, 2016.

Tabla 14.

Niveles de presión sonora esperados - Bloque 1 y 2 – Megafonía – Novaclínica

Bloque	Piso	Distancia [m]	Ruido de fondo [dB]	NPS deseado [dB]	NPS en la fuente (dB)
1	Planta baja	1,8	49,11	74,11	79,36
	Piso 1	1,9	49,11	74,11	79,59
	Piso 2	2,0	49,11	74,11	79,92
	Piso 3	1,8	49,11	74,11	79,36
	Piso 4	3,7	60	85	96,27
2	Subsuelo	4,1	64	89	101,36
	Planta baja	1,7	49,11	74,11	78,94
	Piso 1	1,8	49,11	74,11	79,36
	Piso 2	1,8	49,11	74,11	79,36
	Piso 3	1,7	49,11	74,11	78,76

Tabla 15.

*Niveles de presión sonora esperados – Bloque1 y 2 – Musicalización - Novaclínica*

Bloque	Piso	Distancia [m]	Ruido de fondo [dB]	NPS deseado [dB]	NPS en la fuente (dB)
1	Planta baja	1,8	49,11	59,11	64,36
	Piso 1	1,9	49,11	59,11	64,59
	Piso 2	2,0	49,11	59,11	64,92
	Piso 3	1,8	49,11	59,11	64,36
	Piso 4	3,7	60	70	81,27
2	Subsuelo	4,1	64	74	86,36
	Planta baja	1,7	49,11	59,11	63,94
	Piso 1	1,8	49,11	59,11	64,36
	Piso 2	1,8	49,11	59,11	64,36
	Piso 3	1,7	49,11	59,11	63,76

Las Tablas 14 y 15, se encuentran considerando la posición de los altavoces semejantes a un campo libre, por lo que está validada por la siguiente fórmula.

$$L_{ref} = L_p + 20 \log \left( \frac{d}{d_{ref}} \right)$$

(Ecuación 6)

Dónde:

$L_p$ : Nivel de presión sonora en el receptor [dB]

$d$ : Distancia altavoz-receptor [m]

$L_{ref}$ : Nivel de presión sonora a la distancia de referencia [dB]

$d_{ref}$ : Distancia de referencia

La distancia de referencia tomada será de 1 [m], esto se debe a que en las especificaciones de los altavoces se realizan las medidas a esta posición con 1 [W] de referencia.

### 3.5 Distribución de los altavoces

Tanto el bloque 1 como el bloque 2 constan de espacios de triple altura, esto se deben considerar al momento de la distribución debido que al ser un área abierta, los parámetros acústicos variaran en los resultados y la posición de los altavoces debe ser tal que no comprometa la comprensión de los mensajes existentes. Igualmente, se debe considerar con la misma importancia el flujo de personas existentes en los diferentes espacios y los usos destinados, de esta forma evitar obtener un exceso de altavoces en el diseño .

Para realizar la distribución de la altavoces se aplicaron los siguientes criterios:

- Inteligibilidad en el recinto.
- Área que se desea cubrir.
- Nivel de presión sonora que se desea generar.

Considerando estos tres parámetros y mediante el programa de simulación EASE Address, se obtuvo la siguiente distribución y cantidad de altavoces:

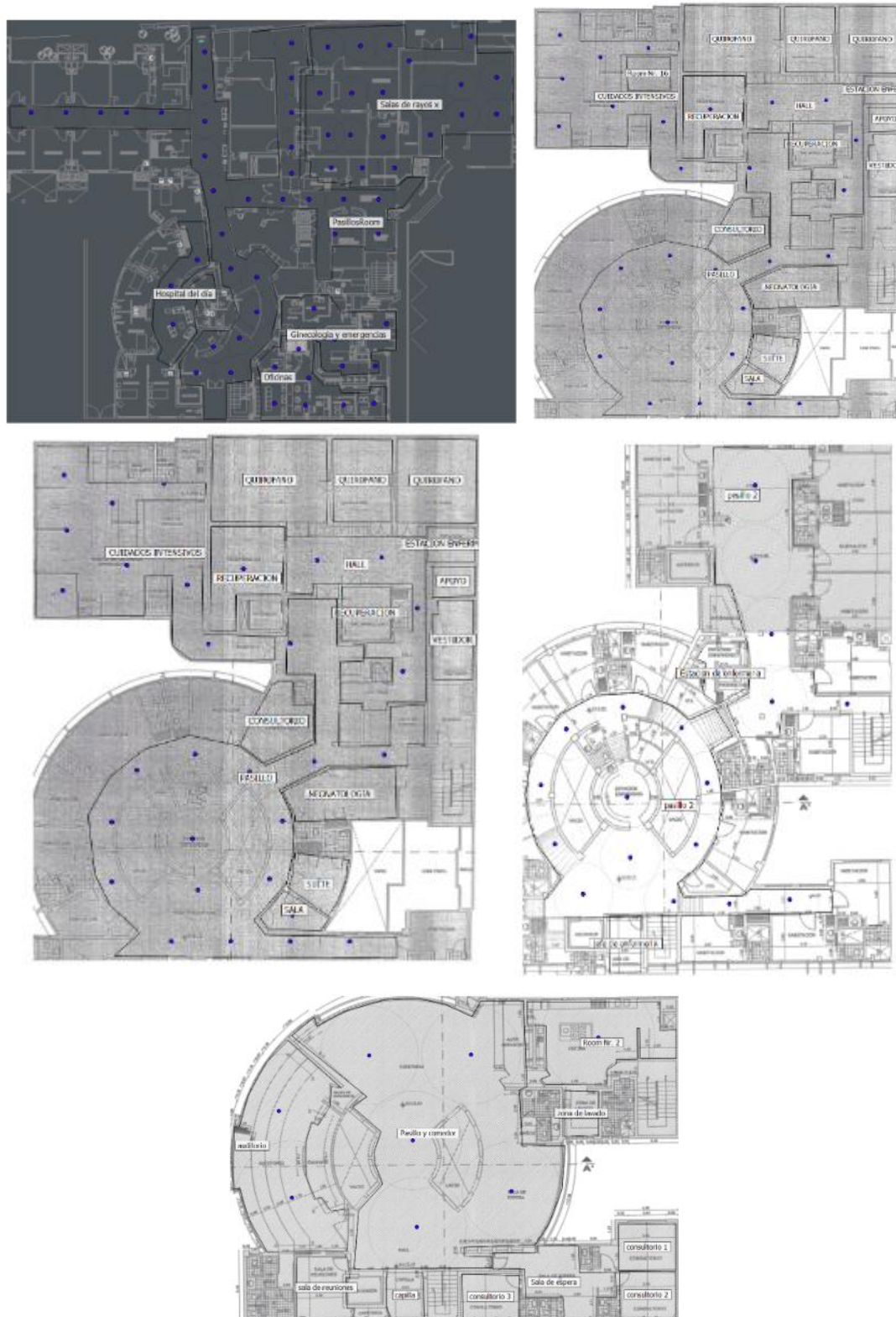


Figura 22 Distribución altavoces - Bloque 1 – Novaclínica





Figura 23 Distribución altavoces - Bloque 2 - Novaclínica

Para los cálculos, se ha optado por usar una media geométrica entre la distancia máxima y mínima de la cobertura del altavoz, de esta manera representar un promedio general de la distancia altavoz-receptor. En la siguiente tabla se presenta cálculos realizados.

Tabla 16.

*Distancia altavoz-receptor*

Bloque	Piso	Distancia mínima [m]	Distancia máxima [m]	Distancia media [m]
1	Planta baja	1,5	5,8	2,9
	Piso 1	1,54	6,0	3,0
	Piso 2	1,6	6,2	3,1
	Piso 3	1,5	5,8	2,9
	Piso 4	3	11,6	5,9
2	Subsuelo	3,4	13,1	6,7
	Planta baja	1,43	5,5	2,8
	Piso 1	1,5	5,8	2,9
	Piso 2	1,5	5,8	2,9
	Piso 3	1,4	5,4	2,8

### 3.5 Selección del amplificador

La selección del amplificador dependerá de la potencia que deberá entregar el amplificador para el diseño. La potencia del amplificador depende directamente de la cantidad de altavoces del diseño, su potencia consumida, la pérdida existente por la distancia del cable y un factor de corrección debido a posibles pérdidas existentes y por seguridad.

#### 3.5.1 Potencia consumida por los altavoces

Inicialmente se determinará la potencia que deberá consumir individualmente cada altavoz, para conseguir el nivel de presión sonora esperado en cada espacio del recinto. Para esto se debe conocer el NPS necesario y la

sensibilidad del altavoz, estos datos nos permiten asignar el tap (switch de cambio de impedancia) con el que se deberá unir cada altavoz a la línea y de esta forma determinar la máxima potencia a consumir.

Para el cálculo, se usa la siguiente ecuación:

$$L_{sens} - L_p = 10 \log(P)$$

(Ecuación 7)

Dónde:

P: Potencia del altavoz [W]

$L_p$  : Nivel de presión sonora generado por el altavoz

$L_{sens}$ : Sensibilidad del altavoz [1W/m]

Tras realizar los cálculos se presenta la siguiente tabla, en la cual se calcula la potencia consumida en cada piso debido a la cantidad de altavoces existentes:

Tabla 17.  
Potencia consumida - Bloque 1

Piso	División	Altavoces	NPS [dB]	Potencia requerida por altavoz [W]	Tap	Potencia total requerida [W]
<b>Planta baja</b>	Zona 1 (pasillos)	34	64,36	0,39	3	102
	Zona 2 (médica)	15				45
	Zona 3 (administrativa)	15				45
<b>Piso 1</b>	Zona 4 (pasillos)	20	64,36	0,39	3	60
	Zona 5 (médica)	9				27
	Zona 6 (Consultorios)	24				72
<b>Piso 2</b>	Zona 7 (pasillos)	20	64,36	0,39	3	60
	Zona 8 (médica)	18				54
	Zona 9 (consultorios)	4				12
<b>Piso 3</b>	Zona 10 (enfermería)	2	64,36	0,392	3	6
	Zona 11 (pasillos)	17				51

<b>Piso 4</b>	zona 12 (sala de reuniones)	4	81,27	0,949	3	12
	Zona 13 (consultorios)	5				15
	Zona 14 (pasillos)	4				12
	Zona 15 (cocina)	2				6
<b>Total</b>		193				

Tabla 18.

Potencia consumida - Bloque 2

Piso	División	Altavoces	NPS [dB]	Potencia requerida [W]	Tap	Potencia total requerida [W]
<b>Planta baja</b>	Zona 16 (pasillos)	14	64,36	0,392	3	42
	Zona 17 (administrativa)	16				48
<b>Piso 1</b>	Zona 18 (pasillos)	6	64,36	0,392	3	18
	Zona 19 (consultorios)	12				36
<b>Piso 2</b>	Zona 20 (pasillos)	7	64,36	0,392	3	21
	Zona 21 (consultorios)	14				42
<b>Piso 3</b>	Zona 22 (UDLA )	35	64,36	0,392	3	105
<b>Subsuelo</b>	Zona 23 (pasillos)	12	86,36	0,545	3	36
	Zona 24 (bodega)	8				24
	Zona 25 (lavado)	5				15
<b>Total</b>		129				

### 3.5.2 Pérdida ocasionada por el cable

La potencia que debe poseer el amplificador depende directamente de la pérdida que se produzca en la línea, la cual se ve afectada por el valor de la impedancia de carga generada por el cable.

Debido a las longitudes necesarias, se procedió a seleccionar un cable de calibre AWG 14 para el diseño, cada piso y sector conlleva un distancia diferente de cable. La longitud del cable se calculó mediante las dimensiones obtenidas por los planos en AutoCAD.

Se procedió a calcular la resistencia generada por el cable mediante la siguiente fórmula:

$$R = p * \frac{L}{S}$$

(Ecuación 8)

Dónde:

$R$ : Resistencia del cable [ $\Omega$ ]

$p$ : Resistividad del material (cobre:  $1,72 * 10^{-8}$  [ $\Omega$ ])

$L$ : Longitud del cable [m]

$S$ : Sección transversal del cable (AWG 14: 2.08 [mm])

Tabla 19.

*Resistencia existente en el cable - Bloque 1.*

Piso	División	Distancia [m]	Resistencia total del cable [ $\Omega$ ]
Planta baja	Zona 1 (pasillos)	164	1,356
	Zona 2 (médica)	225	1,861
	Zona 3 (administrativa)	100	0,827
Piso 1	Zona 4 (pasillos)	150	1,240
	Zona 5 (médica)	100	0,827
	Zona 6 (Consultorios)	160	1,323
Piso 2	Zona 7 (pasillos)	150	1,240
	Zona 8 (médica)	250	2,067
	Zona 9 (consultorios)	60	0,496

<b>Piso 3</b>	Zona 10 (enfermería)	55	0,455
	Zona 11 (pasillos)	146	1,207
<b>Piso 4</b>	zona 12 (sala de reuniones)	25	0,207
	Zona 13 (consultorios)	36	0,298
	Zona 14 (pasillos)	65	0,538
	Zona 15 (cocina)	60	0,496
<b>Total</b>		1746	14,438

Tabla 20.

*Resistencia existente en el cable - Bloque 2.*

<b>Piso</b>	<b>División</b>	<b>Distancia [m]</b>	<b>Resistencia total del cable [<math>\Omega</math>]</b>
<b>Planta baja</b>	Zona 16 (pasillos)	48	0,397
	Zona 17 (administrativa)	170	1,406
<b>Piso 1</b>	Zona 18 (pasillos)	48	0,397
	Zona 19 (consultorios)	175	1,447
<b>Piso 2</b>	Zona 20 (pasillos)	48	0,397
	Zona 21 (consultorios)	160	1,323
<b>Piso 3</b>	Zona 22 (UDLA )	250	2,067
<b>Subsuelo</b>	Zona 23 (pasillos)	50	0,413
	Zona 24 (bodega)	100	0,827
	Zona 25 (lavado)	60	0,496
<b>Total</b>		1109	9,171

Se procede a calcular la potencia total que debe entregar el amplificador, esto se realiza considerando la pérdida existente en el cable y la potencia total que consumen los altavoces.

Partiendo de un circuito simple como se muestra en la Ilustración 26 en el cual consideraremos un amplificador entregando cierta potencia a un altavoz y existe una resistencia en el cable debido a su distancia considerable:

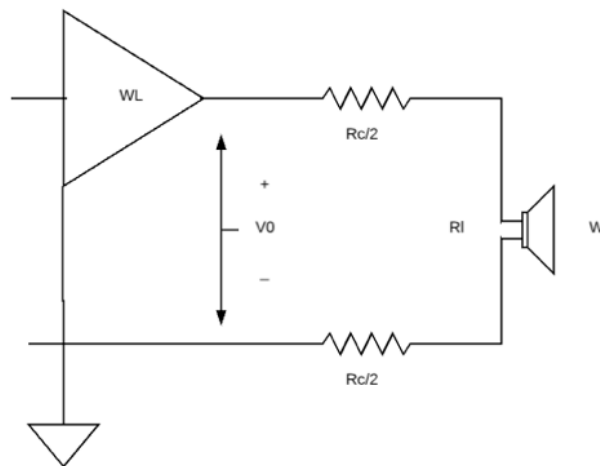


Figura 24. Circuito amplificador – altavoz

Sabemos que:

$$Wl = \frac{V0^2}{Rc + Rl}$$

(Ecuación 9)

y

$$W = \frac{V0^2}{Rl}$$

$$V0^2 = W * Rl$$

(Ecuación 10)

Remplazando (10) en (9)

$$Wl = W \left( \frac{1}{1 + \frac{Rc}{Rl}} \right)$$

(Ecuación 11)

Donde:

$Wl$ : Potencia entregada en la carga considerando la resistencia del cable.

$W$ : Potencia entregada por el amplificador.

$Rc$ : Resistencia del cable.

$Rl$ : Impedancia nominal del altavoz.

Despejando:

$$W = Wl * \left(1 + \frac{Rc}{Rl}\right)$$

(Ecuación 11)

Se procedió a colocar un 25% extra de potencia como rango de seguridad para el amplificador, de esta manera evitamos saturar el amplificador y posibles daños al mismo, de la misma forma se pretende tener en cuenta posibles aumentos en el diseño a futuro y que el sistema permita soportar este aumento sin ningún problema. En la siguiente tabla se presenta el cálculo total de la potencia necesaria emitida por el amplificador en las diferentes zonas del diseño:

Tabla 21.

*Potencia necesaria del amplificador - Bloque 2*

Piso	División	Potencia total requerida [W]	Resistencia total del cable [ $\Omega$ ]	Potencia mínima [W]	Potencia (25% seguridad)
<b>Planta baja</b>	Zona 16 (pasillos)	42	0,397	42,01	56,01
	Zona 17 (administrativa)	48	1,406	48,04	64,05
<b>Piso 1</b>	Zona 18 (pasillos)	18	0,397	18,00	24,01
	Zona 19 (consultorios)	36	1,447	36,03	48,04
<b>Piso 2</b>	Zona 20 (pasillos)	21	0,397	21,01	28,01
	Zona 21 (consultorios)	42	1,323	42,03	56,04
<b>Piso 3</b>	Zona 22 (UDLA)	105	2,067	105,13	140,17
<b>Subsuelo</b>	Zona 23 (pasillos)	36	0,413	36,01	48,01
	Zona 24 (bodega)	24	0,827	24,01	32,02
	Zona 25 (lavado)	15	0,496	15,00	20,01
<b>Total</b>		387	9,171	389,13	518,84



Tabla 22.

*Potencia necesaria del amplificador - Bloque 1*

<b>Piso</b>	<b>División</b>	<b>Potencia total requerida [W]</b>	<b>Resistencia total del cable</b>	<b>Potencia mínima [W]</b>	<b>Potencia (25% seguridad)</b>
<b>Planta baja</b>	Zona 1 (pasillos)	102	1,356	102,08	136,11
	Zona 2 (médica)	45	1,861	45,05	60,07
	Zona 3 (administrativa)	45	0,827	45,02	60,03
<b>Piso 1</b>	Zona 4 (pasillos)	60	1,240	60,04	80,06
	Zona 5 (médica)	27	0,827	27,01	36,02
	Zona 6 (consultorios)	72	1,323	72,06	96,08
<b>Piso 2</b>	Zona 7 (pasillos)	60	1,240	60,04	80,06
	Zona 8 (médica)	54	2,067	54,07	72,09
	Zona 9 (consultorios)	12	0,496	12,00	16,00
<b>Piso 3</b>	Zona 10 (enfermería)	6	0,455	6,00	8,00
	Zona 11 (pasillos)	51	1,207	51,04	68,05
<b>Piso 4</b>	zona 12 (sala de reuniones)	12	0,207	12,00	16,00
	Zona 13 (consultorios)	15	0,298	15,00	20,00
	Zona 14 (pasillos)	12	0,538	12,00	16,01
	Zona 15 (cocina)	6	0,496	6,00	8,00
<b>Total</b>		<b>579</b>	<b>14,438</b>	<b>584,01</b>	<b>778,69</b>

**3.5.3 Otros parámetros a considerar**

Además de los parámetros considerados anteriormente, se debe considerar que el amplificador pueda entregar la potencia necesaria para cubrir la cantidad de altavoces colocados en el diseño, debido a que se realizará una zonificación será necesario el uso de más de un amplificador en el diseño.

Conociendo que no buscamos únicamente un sistema de megafonía en el recinto sino un sistema de evacuación por alarma por voz, debemos enlazar estos amplificadores y programarlos de tal forma que los mismos entreguen diferentes formatos de evacuación dependiendo la necesidad de la

emergencia, esto quiere decir, que si existe un incendio en el piso 3 del bloque 1, la alarma deberá generarse primeramente en el piso afectado, continuamente los pisos superiores a este y finalmente los inferiores, esto con el fin de evitar mayores catástrofes y controlar de mejor forma las situaciones en una emergencia, todo esto será controlado por mensajes de voz pre programados.

El amplificador debe estar conectado a una fuente de energía la cual cumpla con la norma EN54-4, de esta forma aseguramos el cumplimiento de la norma evitando: fallos por cortes de luz, daños de los equipos por cortocircuitos y falla del sistema en emergencia por posibles catastros.

Tras el análisis de la necesidad del recinto y esperando cumplir con el diseño se presenta el amplificador a usar.

#### **3.5.4 NEO SYSTEM:**

El sistema LDA NEO 8060 tiene las siguientes características:

- Está certificado según normativa EN 54-16 y cumple con la normativa EN 60849.
- Incluye 5 entradas de audio analógicas y dos configuraciones de amplificación en líneas de 100 [V] / 70 [V]: 8 amplificadores clase D de 120 [W] por canal o 4 amplificadores clase D de 250 [W] por canal.
- Salidas duales de amplificación para conexión A+B. 8 salidas de pre amplificación para conexión de amplificadores de megafonía externos. 22 puertos GPIO.
- Triple puerto Ethernet para transmisión de audio digital Cobranet, control y supervisión remota así como conexión redundante en cascada de NEO.
- Matriz de audio 7x8. Permite hasta 8 dispositivos remotos en bus ACSII, ya sean micrófonos MPS-8Z o paneles de emergencia VAP1.

- Pantalla táctil de 4,3". Indicadores luminosos LED según normativa. Micrófono empotrado para emergencia o megafonía. Entradas y salidas balanceadas.
- Memoria interna de 4 [GB] para mensajes pregrabados. DSP. Permite conectar hasta 32 atenuadores modelo LDA serie AT.
- *Software* NEO Configurator para configuración y programación de eventos incluido.
- Medidas: 483 mm x 88mm x 455mm.
- Peso: 13,5Kg.



Figura 25. Sistema LDA – NEO

Tomado de: LDA, 2018.

- Es un equipo certificado por la normativa EN 54-16, la cual especifica un sistema de control para sistemas de megafonía y alarma por voz, el sistema Neo dispone de componentes de calidad y durabilidad.
- Es un sistema completo *plug and play*, incluye dentro del equipo: 8 amplificadores, una matriz de audio digital, supervisión en línea, amplificadora de reserva, reproductora de mensajes pregrabados y entradas analógicas.
- Permite escalar dispositivos neo extention, de esta forma diseñar un sistema más completo y complejo el cual puede cubrir mayores extensiones.
- Neo permite comunicarse abiertamente de diversas formas con diferentes sistemas, como el sistema de alarma integrado en el recinto el cual podrá enviar señales, mejorando su funcionalidad.

Debido a la dimensión y necesidad del diseño se opta por usar una extensión de Neo (NEO EXTENTION 4250), el cual permite ampliar cuatro canales con una potencia de 250 [W] cada uno con un total de 1000 [W] extra



*Figura 26* Sistema NEO extention – LDA

Tomado de: LDA, 2018.

### 3.6 Clasificación de zonas

Se realiza la zonificación del recinto teniendo como consideración el uso de la zona y la necesidad de las mismas, para esto se realizó una división entre las tres diferentes aplicaciones que tendrá el sistema que son:

- Musicalización: generación de música ambiental de fondo la cual se reproducirá durante periodos extensos de 18 horas consecutivas.
- Alarmado: sistema accionado únicamente en momentos de emergencia, generando mensajes de evacuación e instrucciones para catástrofes.
- Mensajes: usado para dar mensajes específicos y circunstanciales a los empleados de la clínica, estos mensajes serán generados desde los puntos de recepción de la clínica.

En la siguiente tabla se presenta la zonificación realizada y la necesidad de cada zona:

Tabla 23.  
Aplicaciones necesarias - Bloque 1

Piso	División	Musicalización	Alarmado	Mensajes
<b>Planta baja</b>	Zona 1 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 2 (medica)	No	Sí	No
	Zona 3 (administrativa)	Sí	Sí	Sí
<b>Piso 1</b>	Zona 4 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 5 (médica)	No	Sí	Sí
	Zona 6 (consultorios)	No	Sí	No
<b>Piso 2</b>	Zona 7 (pasillos)	Sí	Si	Sí
	Zona 8 (médica)	No	Sí	Sí
	Zona 9 (consultorios)	Sí	Sí	No
<b>Piso 3</b>	Zona 10 (enfermería)	Sí	Sí	Sí
	Zona 11 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
<b>Piso 4</b>	zona 12 (sala de reuniones)	No	Sí	No
	Zona 13 (consultorios)	No	Sí	No
	Zona 14 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 15 (cocina)	Sí	Sí	Sí

Tabla 24.

Aplicaciones necesarias - Bloque 2

Piso	División	Musicalización	Alarmado	Mensajes
<b>Planta baja</b>	Zona 16 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 17 (administrativa)	Sí	Sí	Sí
<b>Piso 1</b>	Zona 18 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 19 (consultorios)	No	Sí	No
<b>Piso 2</b>	Zona 20 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 21 (consultorios)	No	Sí	No
<b>Piso 3</b>	Zona 22 (UDLA )	Sí	Sí	Sí
<b>Subsuelo</b>	Zona 23 (pasillos)	Sí	Sí	Sí
	Zona 24 (bodega)	Sí	Sí	Sí
	Zona 25 (lavado)	Sí	Sí	Sí

Conociendo las aplicaciones que tendrá cada zona en específico, se procede a analizar la división que se realizará en los amplificadores y considerando la potencia necesaria en cada punto, su agrupación para poder realizar la

programación de diferentes posibles catástrofes y poder dar a cada diferente zona la aplicación necesaria. En la siguiente tabla se puede observar la repartición realizada:

Tabla 25.

*Division de conexiones en los diferentes amplificadores – Bloque 1*

<b>Piso</b>	<b>División</b>	<b>Potencia amplificador [W] (25% seguridad)</b>	<b>Amplificador</b>	<b>Canal</b>	
<b>Planta baja</b>	Zona 1 (pasillos)	136,11	Neo	1	
	Zona 2 (medica)	60,07		2	
	Zona 3 (administrativa)	60,03		3	
<b>Piso 1</b>	Zona 4 (pasillos)	80,06		4	
	Zona 5 (médica)	36,02		5	
	Zona 6 (consultorios)	96,08		5	
<b>Piso 2</b>	Zona 7 (pasillos)	80,06		6	
	Zona 8 (médica)	72,09		7	
	Zona 9 (consultorios)	16,00		7	
<b>Piso 3</b>	Zona 10 (enfermería)	8,00		8	
	Zona 11 (pasillos)	68,05		8	
<b>Piso 4</b>	zona 12 (sala de reuniones)	16,00		Neo extention 4250 (1)	1
	Zona 13 (consultorios)	20,00			1
	Zona 14 (pasillos)	16,01			2
	Zona 15 (cocina)	8,00			2

Tabla 26.

*División de conexiones en los diferentes amplificadores – Bloque 2*

<b>Piso</b>	<b>División</b>	<b>Potencia amplificador [W] (25% seguridad)</b>	<b>Amplificador</b>	<b>Canal</b>	
<b>Planta baja</b>	Zona 16 (pasillos)	56,01	Neo extention 4250 (1)	3	
	Zona 17 (administrativa)	64,05		3	
<b>Piso 1</b>	Zona 18 (pasillos)	24,01		3	
	Zona 19 (consultorios)	48,04		4	
<b>Piso 2</b>	Zona 20 (pasillos)	28,01		1	
	Zona 21 (consultorios)	56,04		2	
<b>Piso 3</b>	Zona 22 (UDLA )	140,17		3	
<b>Subsuelo</b>	Zona 23 (pasillos)	48,01		Neo extention	4
	Zona 24 (bodega)	32,02		4250 (2)	4
	Zona 25 (lavado)	20,01			4

### 3.7 Diagrama unifilar

En el siguiente gráfico se detallan las conexiones a realizar en el diseño:

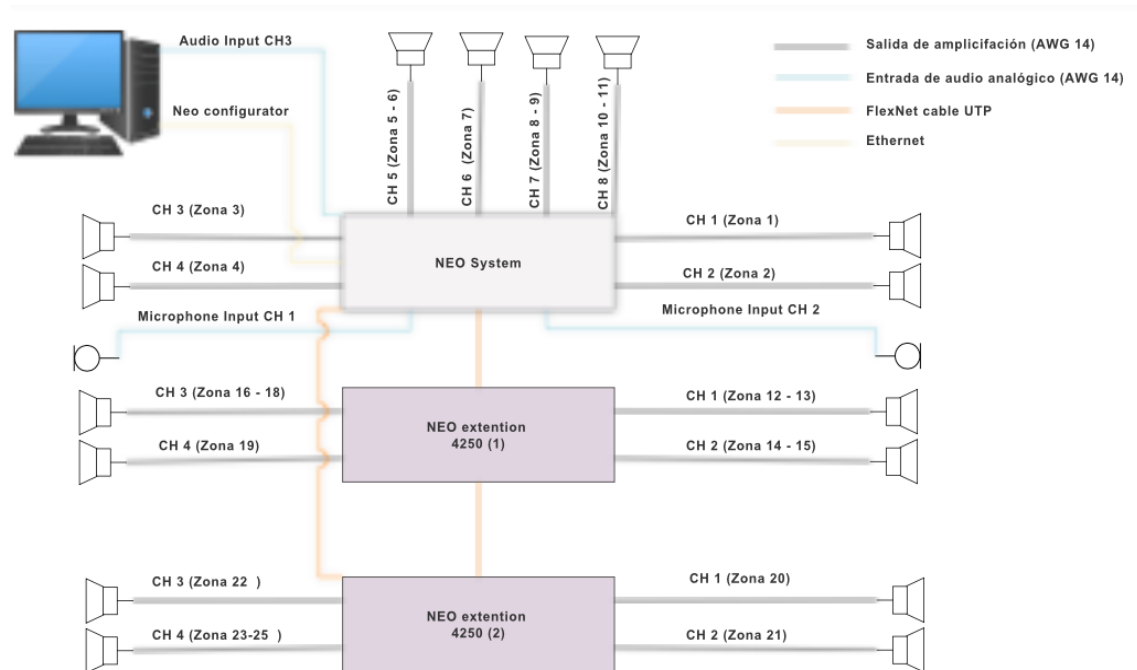


Figura 27 Diagrama unifilar - Diseño sistema de megafonía y alarma por voz.

### 3.8 Área de cobertura

Se presentan las simulaciones realizadas en el programa EASE Address, en las cuales se muestra el área cubierta por los altavoces y el nivel existente en diferentes puntos del recinto.



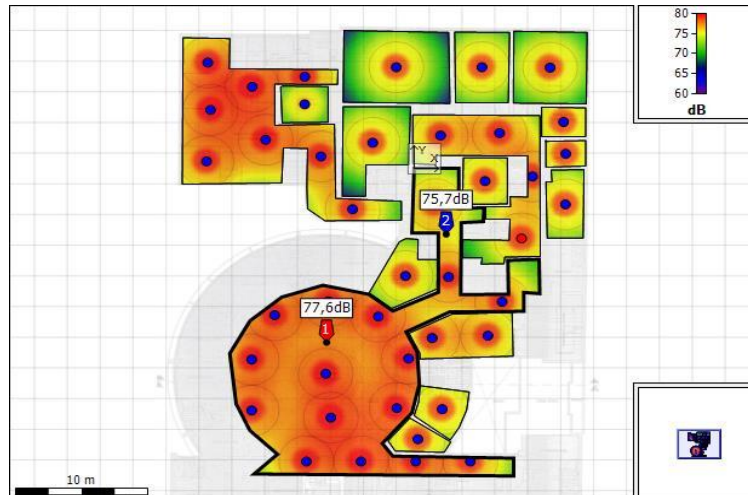


Figura 28. Auralización - Bloque 1 - Piso 1

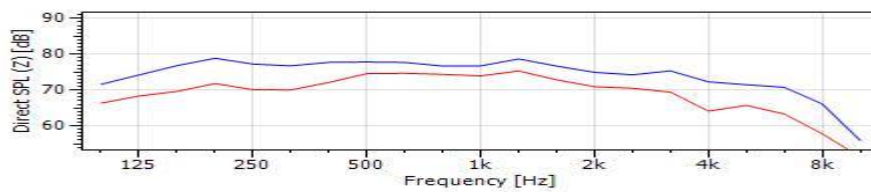


Figura 29. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso 1

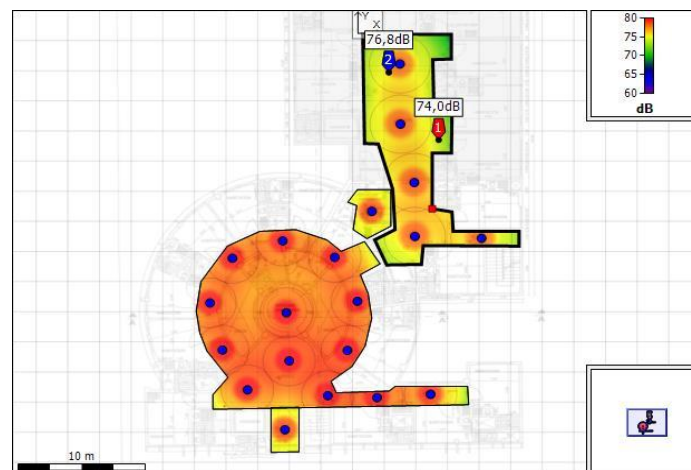


Figura 30. Auralización - Bloque 1 - Piso 2

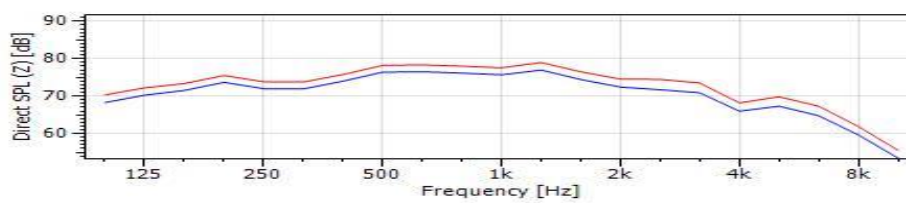


Figura 31. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso 2



Figura 32. Simulación - Bloque 1 - Piso 3

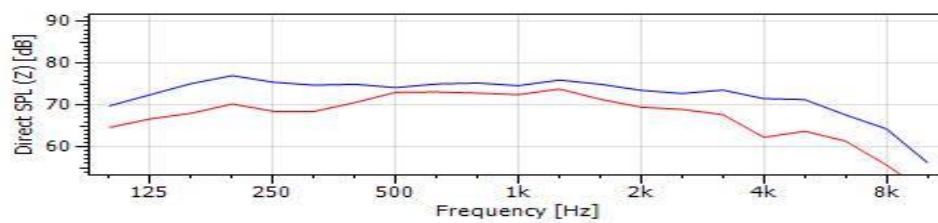


Figura 33. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso 3

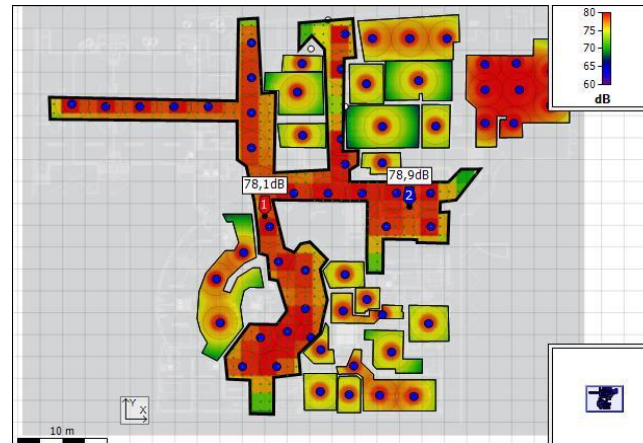


Figura 34. Simulación - Bloque 1 - Piso PB

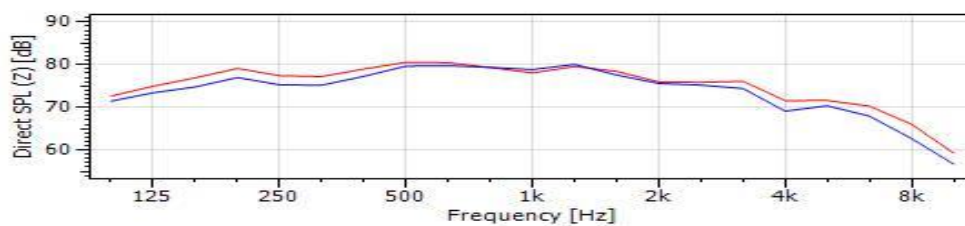


Figura 35. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso PB



Figura 36. Simulación - Bloque 2 - Piso 1

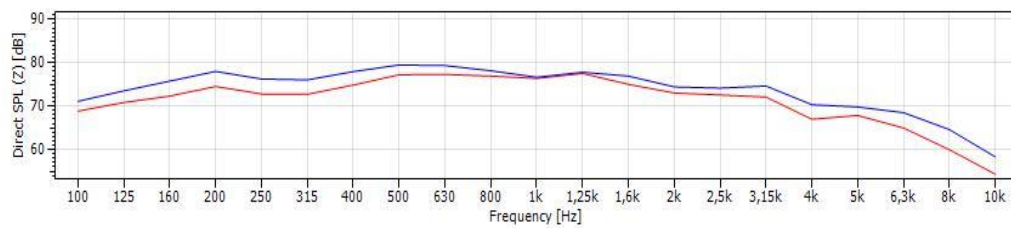


Figura 37. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 2 - Piso 1

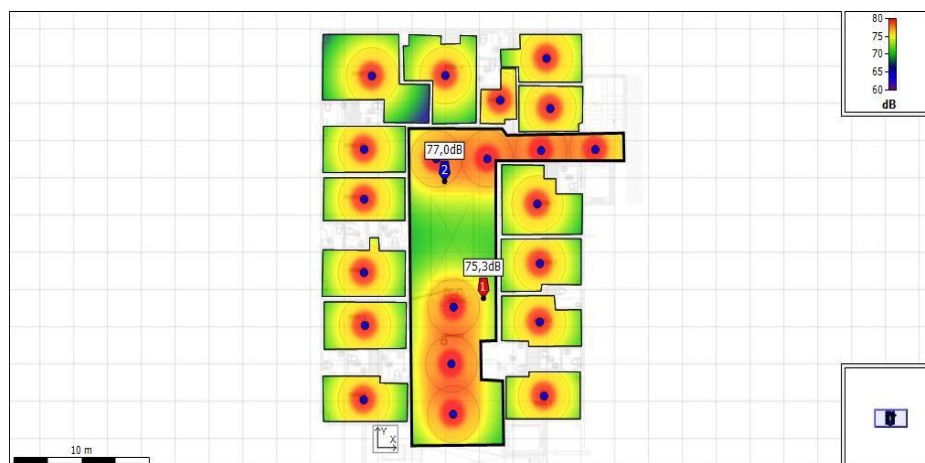


Figura 38. Simulación - Bloque 2 - Piso 2

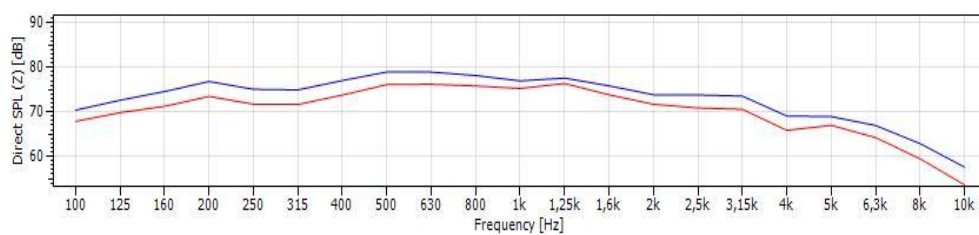


Figura 39. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 2 - Piso 2



Figura 40. Simulación - Bloque 2 - Piso PB

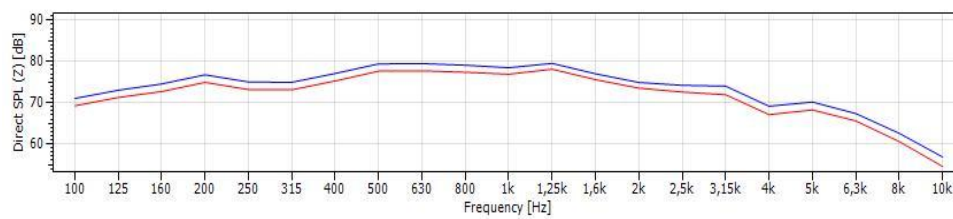


Figura 41. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 2 - Piso PB

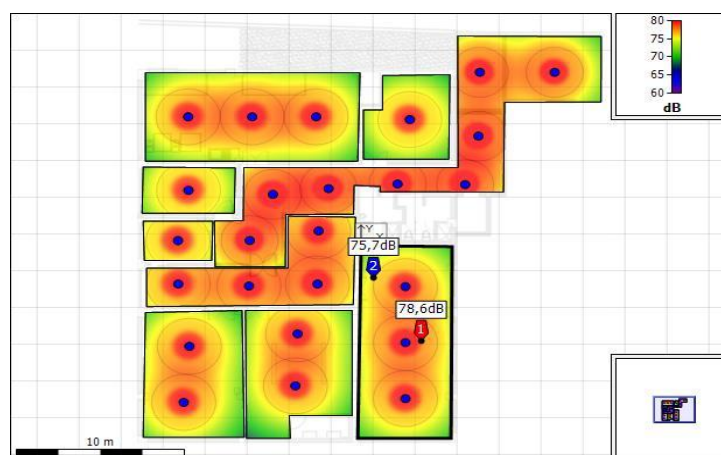


Figura 42. Simulación - Bloque 2 - Piso S1

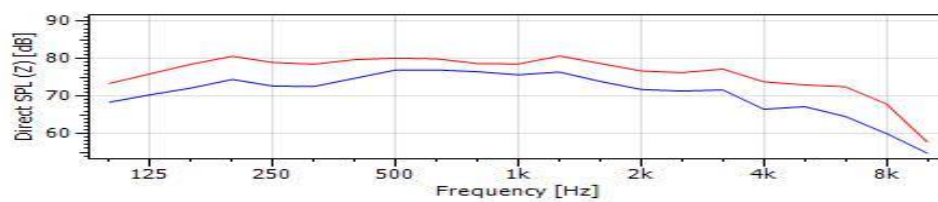


Figura 43. Frecuencia VS SPL recibido - Bloque 1 - Piso S1

### 3.8.1 Análisis de resultados

Para los gráficos de área de cobertura, se realizó una degradación de colores, siendo la frecuencia más baja 60 [dB] y la más alta 80 [dB]. Para analizar estos resultados debemos tener en cuenta la arquitectura del lugar, pues tenemos espacios cerrados y abiertos los cuales variarán nuestros resultados puesto que este tipo de parámetros no pueden ser simulados en el programa EASE Address, sin embargo el diseño lo contempla. Otro factor a considerar es el flujo de personas existentes en las diferentes habitaciones, dependiendo la cantidad de personas existirá mayor absorción en la sala y generan mayor ruido, al igual que se debe considerar el ruido realizado por maquinaria existente que puede llegar a variar nuestros resultados.

En las Ilustraciones 28, 30 y 34 se observa una gran diferencia en la coloración del NPS, entre los pasillos y las demás habitaciones, esto se debe a que los pasillos los cuales se encuentran con un rojo intenso, son áreas abiertas, las cuales comprenden un espacio de triple altura, también son áreas públicas en las cuales hay gran cantidad de tránsito de personas por lo que resulta necesario la aplicación de una mayor cantidad de altavoces y nivel de presión sonora, de esta forma equilibramos la pérdida generada por las razones previamente mencionadas. A pesar de que exista una diferencia visual muy fuerte, en las Ilustraciones 29, 31, 33, 35 se tomaron diferentes puntos en cada piso en donde las diferentes posiciones evaluadas no varían más de 3 [dB] lo que indica que existe un cubrimiento total excelente.

De igual forma que el bloque 1, el bloque 2 posee un espacio de triple altura en la planta baja, piso 1 y piso 2 lo cual hace necesario una mayor cantidad de altavoces y una distribución que contemple este vacío en el techo, por esta razón existe una gran diferencia de colores en estos espacios.

Existen áreas amplias en las cuales se colocó únicamente un altavoz, puesto que además de ser espacios que se encuentran cerrados, el flujo de personas

es tal que con una corta cantidad de altavoces se puede cumplir con el objetivo esperado.

### **3.9 Sistema de control**

Para el control y mejor optimización del diseño se opta por tener una plataforma en la cual se pueda monitorear de mejor manera todo el sistema. La plataforma a usar es NEO configurator:

Neo configurator es un *software* de control, configuración y gestión para sistemas de alarma por voz y megafonía, es una aplicación basada en servicios web, debido a esto el programa no requiere una instalación previa de licencia.

Permite un control centralizado del sistema, enruta diferentes fuentes de audio o mensajes pregrabados a la zonas que se deseen, controla el volumen del sistema, gestiona las funciones de emergencia y los perfiles del sistema.

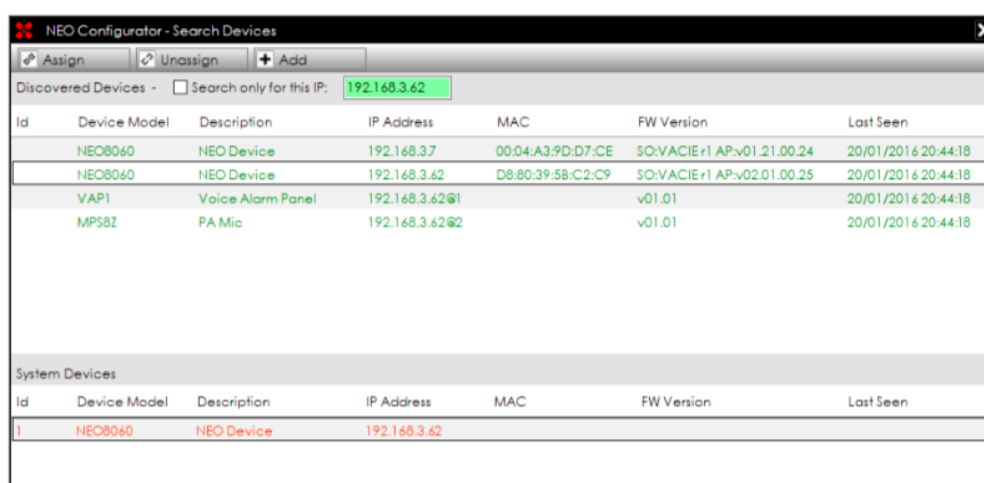
Neo configurator permite realizar las siguientes funciones:

- Control intuitivo y simple de todo el sistema.
- Distribución de contenidos de audio en la red.
- Acceso multiplataforma desde cualquier lugar.
- Control de acceso y seguridad.
- Integración con las tecnologías de terceros a través de protocolos estándar.

### 3.9.1 Configuración del sistema

Mediante el programa NEO configurator se procedió a realizar la programación predeterminada del diseño. Este programa permite monitorear, configurar y operar el sistema de megafonía y alarma por voz. NEO configurator acepta únicamente sistemas operativos Windows, lo que implica que se debe contar con una computadora que cumpla con este requisito.

Primeramente se enlazó el sistema de control NEO con el programa mediante la dirección IP perteneciente a cada equipo. Al iniciar el programa se presenta la siguiente ventana en la pantalla, donde se observan los equipos presentes en la cadena electroacústica del sistema.



Discovered Devices						
Id	Device Model	Description	IP Address	MAC	FW Version	Last Seen
NEO8060	NEO Device		192.168.3.7	00:04:A3:9D:D7:CE	SO:VACIEr1 AP-v01.21.00.24	20/01/2016 20:44:18
NEO8060	NEO Device		192.168.3.62	D8:80:39:5B:C2:C9	SO:VACIEr1 AP-v02.01.00.25	20/01/2016 20:44:18
VAP1	Voice Alarm Panel		192.168.3.62@1		v01.01	20/01/2016 20:44:18
MPS82	PA Mic		192.168.3.62@2		v01.01	20/01/2016 20:44:18

System Devices						
Id	Device Model	Description	IP Address	MAC	FW Version	Last Seen
1	NEO8060	NEO Device	192.168.3.62			

Figura 44. Conexión dispositivos de entrada y salida al programa NEO configurator

El diseño implica tres sistemas de control, el principal controlador NEO 8060, se encargará de guardar la configuración predeterminada del sistema y servirá como enlace para enviar y recibir información del sistema de emergencia, de los otros controladores existentes y del programa NEO configurator. Por otra parte los otros dos controladores (NEO extention 4250) servirán como amplificadores y una extensión del diseño realizado, controlando las zonas conectadas a los mismos.



Tras la selección de los equipos a usar, en el programa se presenta una pantalla en la cual podemos configurar cada elemento conectado al sistema, esta sección se encuentra dividida en micrófonos, controladores, extensiones y accesorios. El programa permite configurar independientemente cada uno de estos elementos, mostrando diferentes propiedades de operación y modos de configuración.

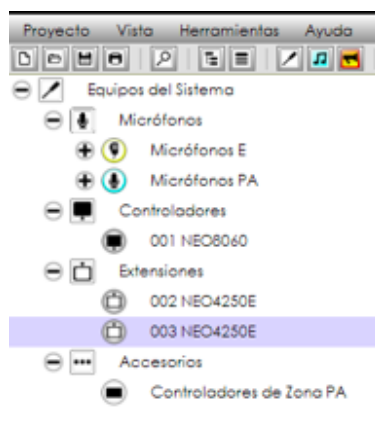


Figura 45. Menú principal NEO configurator

El Controlador NEO 8060 consta de 8 salidas amplificadas las cuales se visualizan en la pantalla al seleccionar este ítem, se presenta una ventana la cual permite configurar cada salida del controlador independientemente, de esta forma se puede modificar parámetros como volumen sonoro, activación y desactivación del sonido, ecualización, estado de la salida, vúmetro, entre otros. Se usó la siguiente configuración para el sistema colocando un volumen de -10 [dB] en las zonas destinadas para megafonía y de -20 [dB] en las zonas destinadas para musicalización, estas consideraciones se toman debido al NPS necesario para cada aplicación del sistema.



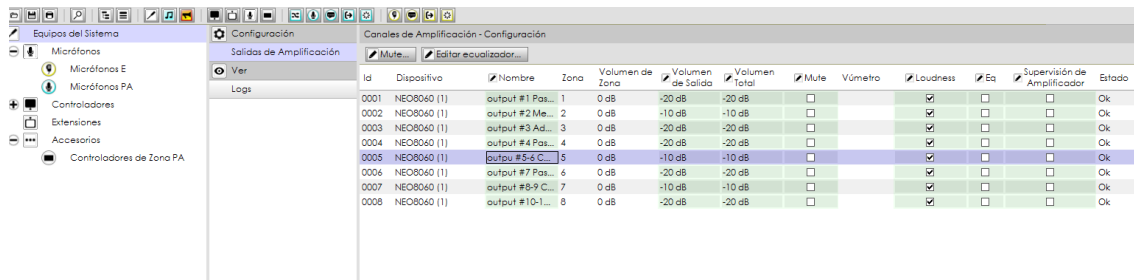


Figura 46. Configuración controlador principal NEO 8060

Debido a las diversas aplicaciones que cumple el sistema NEO de voceo, musicalización y emergencia se procedió a realizar una ecualización la cual permita resaltar principalmente la voz, por lo que se pretende realizar frecuencias desde los 250 [Hz] a los 5 [kHz] y opacar frecuencias bajas y muy altas las cuales no aportan mucho al objetivo del sistema.

Se presenta un ecualizador paramétrico de 7 bandas el cual permite modificar parámetros como ganancia, frecuencia y ancho de banda, a continuación se presenta la configuración de la ecualización implementada para todo el sistema en general.

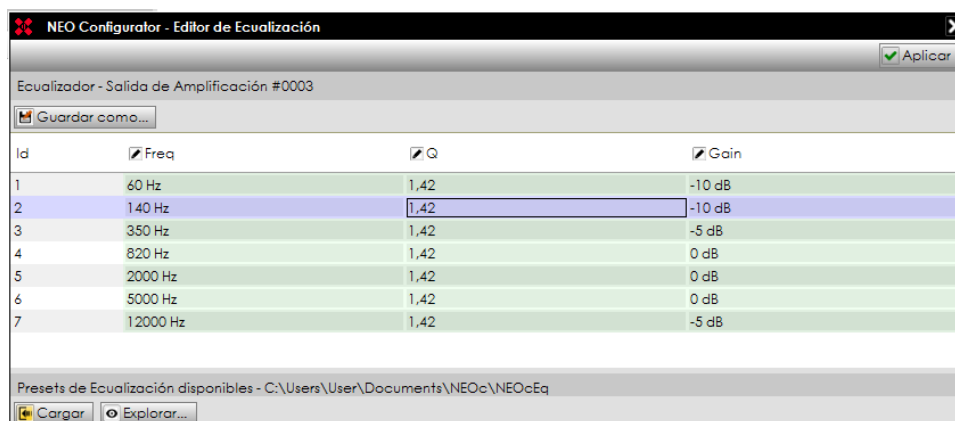


Figura 47. Ecualización predeterminada el sistema

Se ingresa a la configuración de las propiedades del controlador NEO8060 en donde se puede visualizar en la primera pestaña la información general del controlador donde se encuentra la dirección IP, puertos de salida, puertos de entrada y ubicación en el sistema.

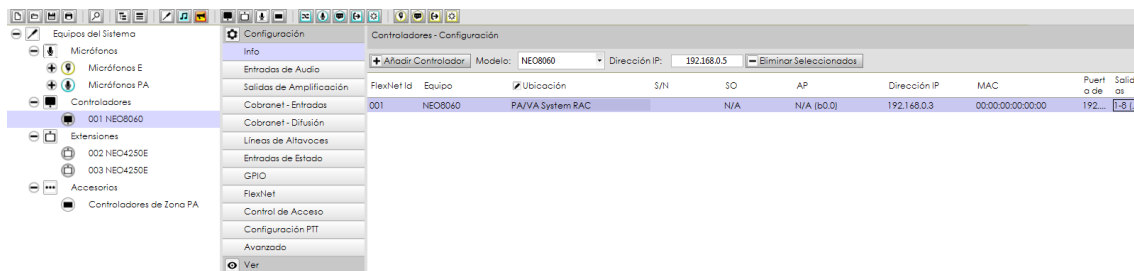


Figura 48. Información de operación del controlador NEO 8060

La segunda pestaña permite configurar las entradas de audio conectadas al controlador, en el diseño planteado existen dos micrófonos MPS-8Z, el primero se colocará en el Bloque 1, planta baja en la recepción y el segundo en el Bloque 2, planta baja en la recepción. También contamos con un micrófono PTT que viene incorporado en el controlador que se encontrará en el rack de instalación, su uso es netamente en caso de emergencia. Finalmente tenemos una entrada de computadora la cual se usará como dispositivo de reproducción del sistema de musicalización.

Se procedió a configurar el volumen de las entradas, dando prioridad a los micrófonos de voz debido al uso informativo en el sistema y con mayor prioridad el micrófono de uso exclusivo para emergencias.

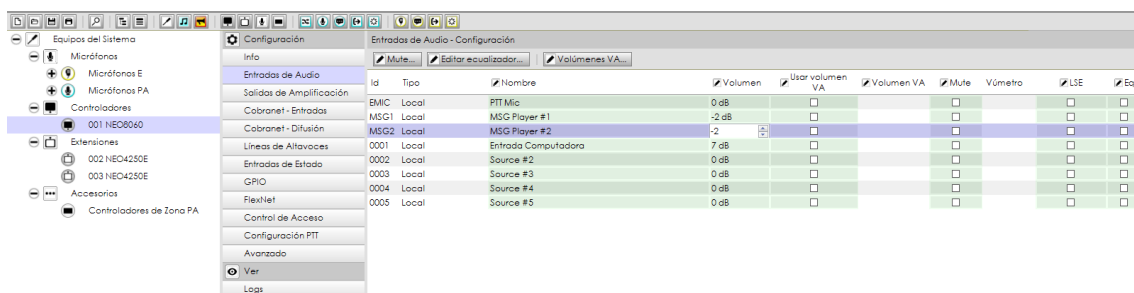


Figura 49. Configuración entrada de audio al controlador

En esta pestaña se configura los siguientes parámetros de las entradas:

- Tipo: pueden ser entradas locales o remotas.
- Nombre: nombre de la entrada y su descripción.

- Volumen: nivel de la entrada de audio.
- Mute: activar o desactivar una entrada.
- LSE ("LDA Sound Enhance"): actúa como un compresor de audio que mejora la relación entre los sonidos fuertes y suaves. De esta manera la salida de audio es más uniforme y con menos distorsión. El efecto final es similar a un normalizador de audio.
- EQ: permite activar o desactivar un ecualizador paramétrico.

En la tercera pestaña se modifican los parámetros de las salidas del amplificador, estas no son necesariamente las zonas designadas en el sistema, sino las salidas físicas del sistema, debido a que varias salidas pueden conformar una zona. En cuanto a los parámetros a modificar, son los mismo de las entradas de audio a excepción por el parámetro loudness el cual permite que la música grabada suene más natural cuando se reproduce a un nivel de presión sonora más bajo.

En la pestaña de Cobranet se pueden encontrar los siguientes puntos:

- Fuente 1 - fuente 4: son las 4 fuentes de audio analógicas conectadas directamente al controlador NEO.
- Fuente 5: se corresponde con el bus ACSI (son todos los micrófonos de megafonía o micrófonos de emergencia). Si no hay un dispositivo ACSI conectado, será la fuente de audio analógica # 5.
- Fuente 6: es el micrófono PTT en el panel frontal del controlador NEO.
- Fuente 7: El reproductor interno de mensajes pregrabados.
- Fuente 8: El segundo canal del reproductor de mensajes grabado (no disponible con el *firmware* actual).

Cobranet - Broadcast		
Id	Parameter	Value
01	Local sources broadcast	Enabled
02	Transmission bundle	55
03	Source 1	Enabled
04	Source 2	Enabled
05	Source 3	Enabled
06	Source 4	Enabled
07	Source 5	Enabled
08	Source 6	Enabled
09	Source 7	Enabled
10	Source 8	Enabled

Figura 50. Configuración fuentes de audio

Existen dos maneras de supervisar las líneas de altavoces y los amplificadores internos: EOL device y mediante la medición de impedancia, es recomendable usar solo un método de supervisión. La cuarta pestaña permite la configuración de los siguientes parámetros para la supervisión:

- Estado de la línea: si se usa la supervisión por el método de EOL, indica el estado en que se encuentra la línea, pueden ser los siguientes: desactivado, fallo A, fallo B o fallo AB.
- Fallo: Si se usa la supervisión por el método de medición de impedancia se puede observar los siguientes estados: en blanco (en caso que se encuentre desactivada la medición), ok, CA (circuito abierto, el valor medido está por encima del valor nominal, CC (cortocircuito, el valor medido está por debajo del valor nominal) o no válido.
- Med imp: permite activar o desactivar la supervisión por mediciones de impedancia.
- Impedancia nominal: muestra la impedancia nominal como referencia.
- Impedancia: muestra la impedancia actual existente en la línea, se realiza una medición nueva cada 45 segundos.
- EOL: selecciona qué líneas de salida se supervisarán con dispositivos EOL.
- Amplificador: activa o desactiva la supervisión del amplificador. Si la supervisión del amplificador está habilitada, NEO informará una falla en el amplificador y podrá cambiar al amplificador de respaldo.

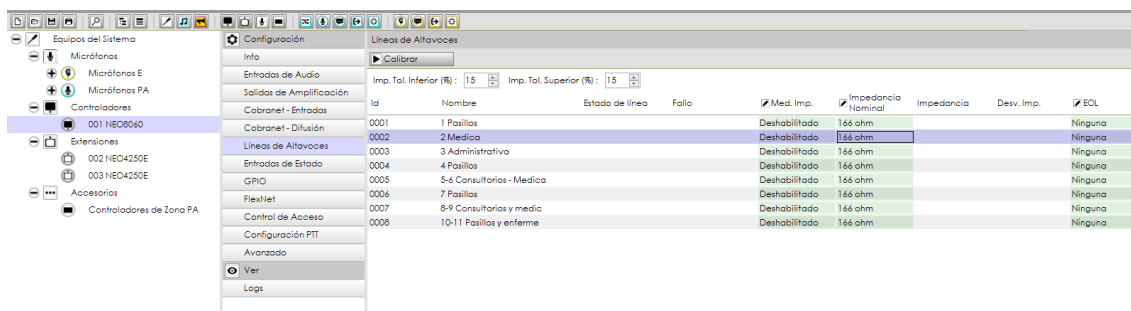


Figura 51. Supervisión líneas de altavoces

Para el diseño propuesto, la supervisión se realizara mediante el método de mediciones de impedancia debido a la efectividad del método y a la constante revisión de la impedancia existente en la línea, por lo que su configuración es de tal manera que todas las salidas posean el mismo tipo de supervisión.

En la séptima pestaña se administra la supervisión de los puertos de contacto seco ECI (entradas de estado de alarma de incendio) y los contactos secos del cargador de batería, según la norma EN54-16. Los atributos a configurar son:

- Línea: muestra el estado de supervisión: Ok o Fault.
- Falla: indica el tipo de falla: Abierta, Corta o Tierra.
- Habilitado: activa o desactiva la supervisión.

En esta pestaña se controlará la conexión del sistema de alarma por voz al sistema de emergencia del recinto, este actuará como accionante de la alarma mediante una señal eléctrica. En la siguiente imagen se presenta la activación del tipo de alarmas existentes en el diseño.

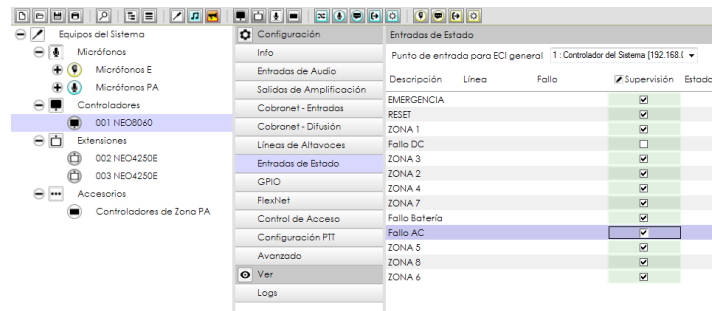


Figura 52. Tipos de alarmas y señales de entrada existentes

La octava pestaña gestiona el modo de funcionamiento de los contactos secos GPIO. Estos se pueden configurar como entrada o salida dependiendo la necesidad, de esta forma permite que el sistema de megafonía reciba o envíe señales a otros sistemas para activarlos o permitir acciones programadas.

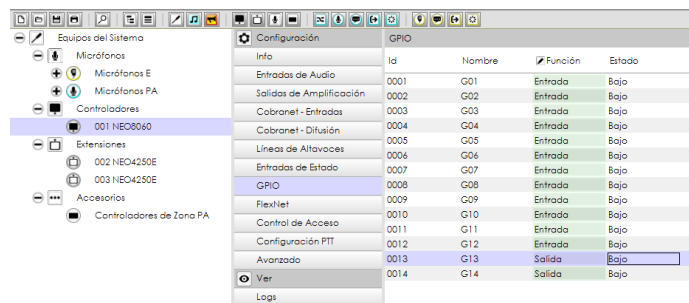


Figura 53. Puertos GPIO de entrada y salida

Por otro lado, NEO funciona con 2 VLAN para transmitir datos y audio (utilizando el protocolo Cobranet). Por defecto, la dirección de esta VLAN se establece como:

- Datos VLAN: 1
- Audio VLAN: 2

Las direcciones VLAN se pueden modificar para adaptarse a la configuración de red desde esta pestaña.

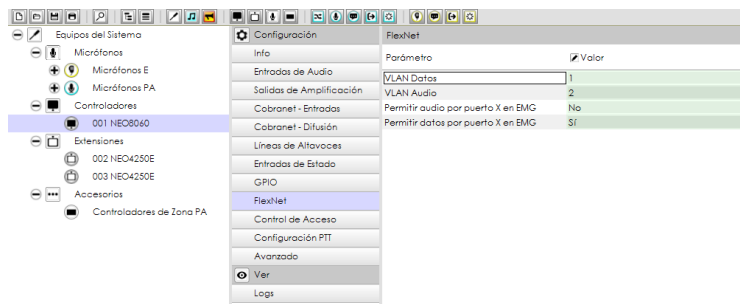


Figura 54. Configuración de direcciones VLAN

La última pestaña de configuración avanzada permite modificar parámetros de uso de funcionamiento como las que se pueden observar en la siguiente tabla, la cual es la configuración predeterminada para el diseño realizado.

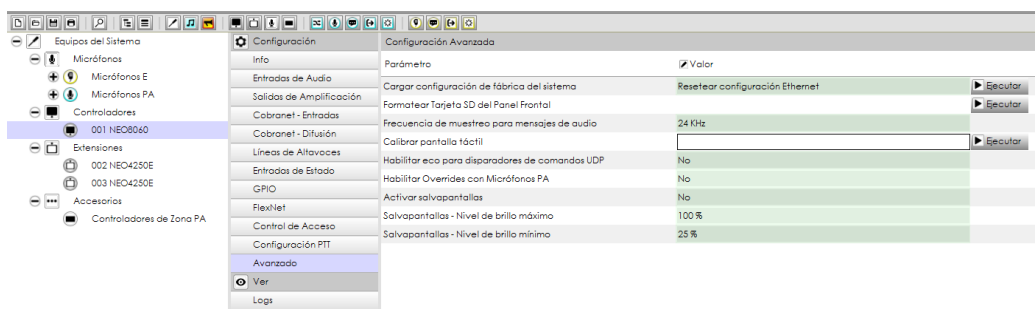


Figura 55. Configuración avanzada NEO 8060

### 3.9.1.1 Configuración de extensiones

Las extensiones NEO 4250 poseen pestañas de configuración iguales a las del controlador, solo que en menor cantidad y con la excepción de la pestaña de "Prio config" en donde se manipula la operación del nivel de ganancia de cada amplificador, en las siguientes pestañas se presenta la configuración realizada para las dos extensiones existentes:

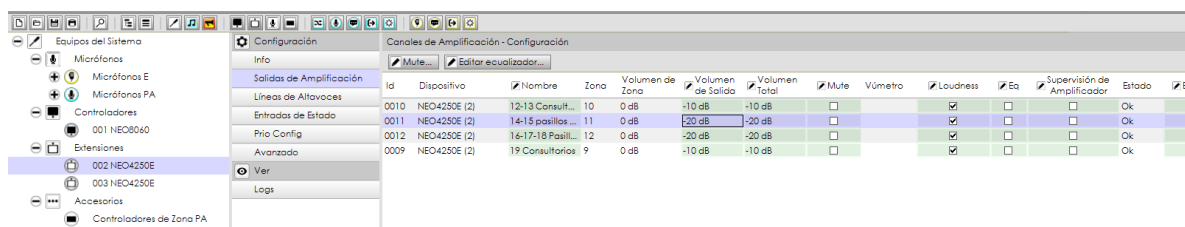


Figura 56. Configuración salidas de amplificación de las extensiones NEO 4250

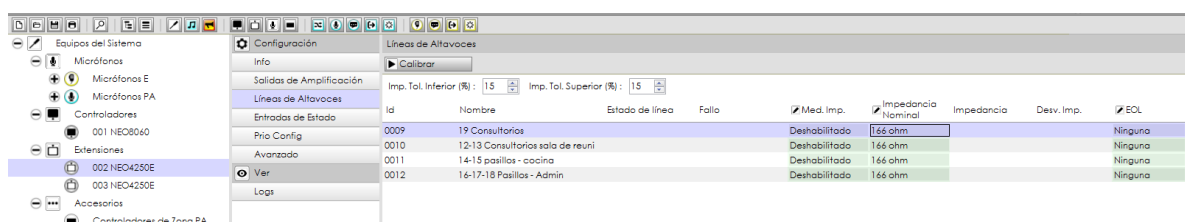


Figura 57. Seguridad líneas de altavoces NEO 4250

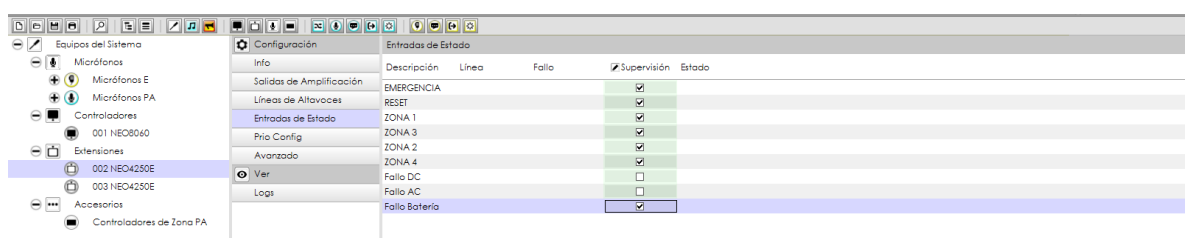


Figura 58. Configuración estados extensiones NEO 4250

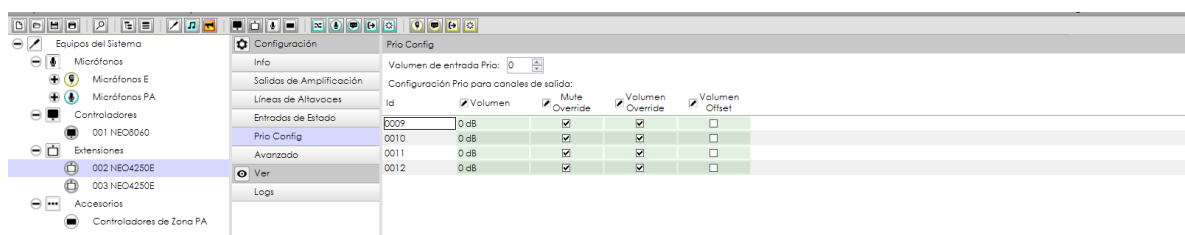


Figura 59 Configuración volumen de entrada prio

### 3.9.1.2 Configuración de micrófonos

Tras la selección de los micrófonos se pueden ver en su configuración general los siguientes parámetros:

- ID : nombre predeterminado del dispositivo.
- Descripción: detalle del dispositivo seleccionado.



- ACSI Dir / Prio: indica la dirección de ese micrófono dentro del bus ACSI. Esta dirección también se corresponde con la prioridad de este micrófono. Un sistema NEO puede contener un máximo de 8 dispositivos ACSI, cada uno de ellos con una dirección / prioridad ACSI única.
- *State, token, firmware* y *update*: muestran información adicional de los micrófonos de PA físicos cuando el sistema está vinculado en vivo.
- Agregar / quitar: se usan para agregar o quitar manualmente el micrófono PA del proyecto.

No es posible tener un micrófono PA y un micrófono de emergencia con la misma dirección, ya que ambos estarían usando el mismo bus ACSI.

Dir/Prio ACSI	Equipo	Descripción	Estado	Token	Firmware	Update
1	MPS82	Bloque 1 - PB - Resepacionista				
2	MPS82	Bloque 2 - PB - Resepacionista				
3	VAP1	Emergencia - Microfono en RAC				

Figura 60. Información micrófonos instalados

### 3.9.1.3 Modos de operación

Existen dos modalidades en que el programa puede trabajar, la primera denominada Public Address System (PA system) en donde se configura todo el sistema de megafonía y voiceo, el cual es representado por un color azul. Podemos modificar las siguientes propiedades:

- Fuentes: este apartado tiene tres subdivisiones, en la primera se gestiona la información de los micrófonos destinados para megafonía, por otro lado la segunda subdivisión permite ingresar mensajes pregrabados y el último apartado gestiona las fuentes de audio utilizadas en el sistema.
- Matriz: permite gestionar las fuentes existentes en cada zona.
- Zonas: permite agrupar canales generando zonas las cuales tengan configuraciones en común debido a la necesidad.

- Eventos: permite realizar eventos programados para que el sistema realice una acción en específico.

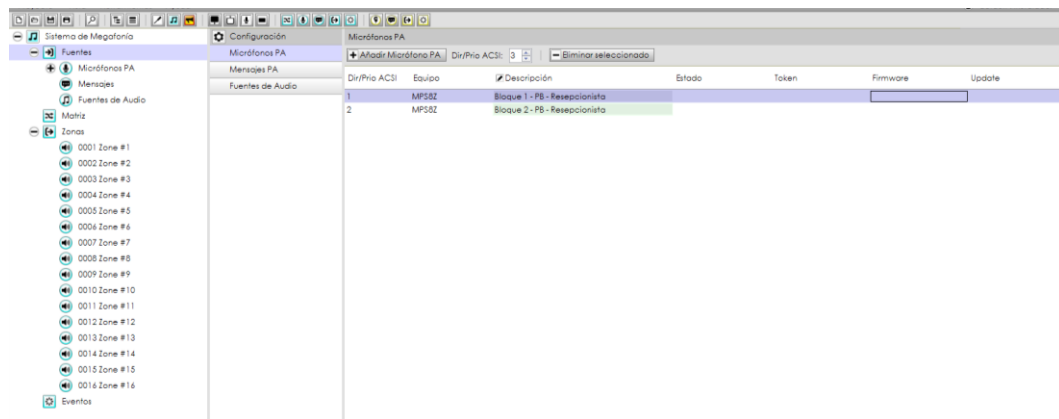


Figura 61. Modalidad Public Adress system

Por otro lado, de color amarillo se gestiona la aplicación de alarma por voz, esta posee las mismas prioridades que el sistema de PA. En esta configuración es importante el uso de mensajes pregrabados y la programación en caso de un catástrofe o emergencia en el recinto, de la misma forma los eventos existentes vendrán acompañados del sistema de alarma del diseño.

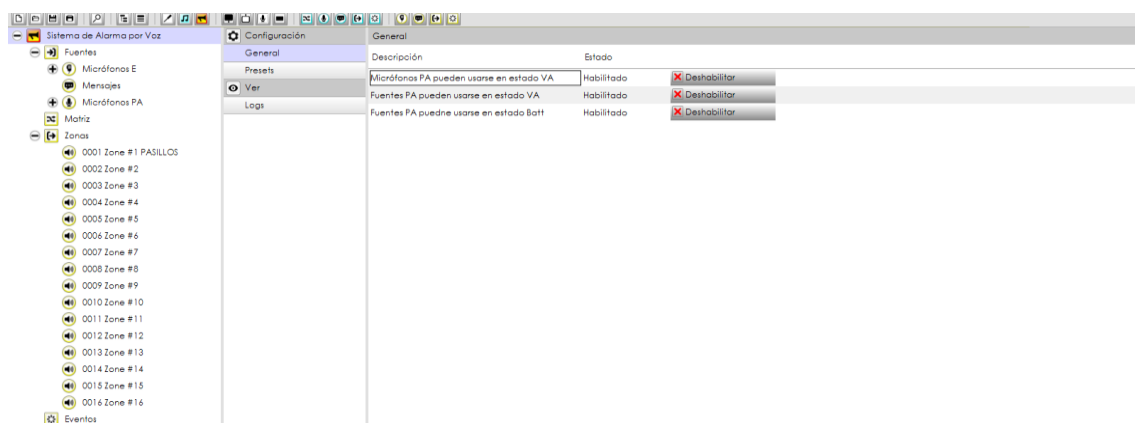


Figura 62. Modalidad sistema de emergencia

### **3.10 Análisis económico**

El presente análisis económico es una lista de los elementos y equipos que se requieren para la implementación del diseño presentado, con su respectivo precio. Los diferentes precios son los existentes en el mercado ecuatoriano y es consultado directamente de los distribuidores de las diferentes marcas. De igual forma se presentan los costos correspondientes a la instalación de los equipos y el valor del estudio de ingeniería.

El análisis económico incluye tres parámetros básicos, los cuales se detallan a continuación.

#### **3.10.1 Equipos y elementos**

Se consideran a aquellos elementos y equipos los cuales son necesarios para la instalación del diseño propuesto como: micrófonos, amplificadores, altavoces, cables entre otros.

#### **3.10.2 Mano de obra**

Se refiere a la instalación del sistema en donde se incluye:

- Instalación de los altavoces de techo.
- Instalación de cableado de audio en el edificio.
- Instalación e interconexión de los sistemas de control y amplificación.
- Instalación del sistema de comunicación y control.
- Configuración del sistema.
- Pruebas y puesta en marcha del sistema.
- Mano de obra civil (costo que representa la contratación de personal de albañilería para lo referente a la instalación).

Para este apartado, se consideró un precio de instalación individual por altavoz equivalente a 25\$.

### 3.10.3 Estudio de ingeniería

Se refiere al pago otorgado al diseñador por el aporte intelectual entregado al proyecto, el mismo será valorado por el 25% del subtotal.

Cada punto mencionado tendrá su respectivo valor unitario y el valor total por la cantidad de elementos. De igual manera se incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente al 12% del total de la cuenta.

El siguiente cuadro presentamos los parámetros antes mencionados , así como su valor unitario y su total.

Tabla 27.

*Presupuesto estimado*

<b>Cotización</b>				
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario \$</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>Mediabridge</b>	Cable AWG(14)	33 X(30,50 [m])	900	973,77
<b>LDA</b>	Neo extention 4250	2500	2	5000
<b>LDA</b>	NEO 8060	6032,20	1	6032,20
<b>LDA</b>	Micrófono MPS-8Z	685,74	2	1371,48
<b>BOSCH</b>	Altavoz LC1- WCO6E8	62	322	19964
<b>LDA</b>	NEO Configurator	2092	1	2092
<b>Mano de obra</b>	Instalaciones y material de instalación	25	322	8050
<b>Estudio de ingeniería</b>	Diseño	25%	1	10870,86
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 54354,31</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>\$ 6522,52</b>
<b>Total</b>				<b>\$60875,83</b>

El presupuesto presentado considera todos los rubros e ítems que se deben incluir en el desarrollo e implementación del proyecto. Los precios colocados

son actualizados al 29 de diciembre del 2018. El tiempo estimado del proyecto son 2 meses.

#### 4. LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Tras la realización del presente proyecto se ha podido observar el amplio campo de la detección, evacuación y funcionamiento de los sistemas de emergencia, estos sistemas son una parte fundamental en cuanto a las medidas de seguridad para los establecimientos, siendo estas tan necesarias para evitar y prevenir riesgos humanos y materiales. A pesar de la realización de un diseño completo de megafonía y alarma por voz, existen vías de trabajo que permitirán continuar con el desarrollo del diseño propuesto, que son las siguientes:

- El diseño realizado trabaja a un 60% de su capacidad, esto quiere decir que se tiene un margen de seguridad el cual permite la extensión del proyecto para futuras necesidades. Con los equipos existentes en el diseño se puede realizar una expansión de la cantidad de altavoces en las diferentes líneas existentes, por otro lado se puede realizar un aumento de amplificadores conectándolos en cascada, de esta manera permite una mayor cantidad de zonas y altavoces. De igual forma el diseño se puede expandir en varios bloques anexados mediante el aumento de amplificadores Neo extention en cascada, permitiendo cubrir mayores zonas. Vale recalcar que para este tipo de extensión es necesario una nueva configuración de todo el sistema para que el mismo funcione en conjunto.
- NEO posee un sistema de detección de fallas por bloque, esto lo realiza mediante una constante revisión de la variación de la impedancia existente en la línea. Si un altavoz deja de funcionar, el valor de la impedancia generada por los altavoces cambiará y se conocerá que algún altavoz de todos los existentes en la línea tiene

un fallo. Para mejorar esto, se ha propuesto el uso de un sistema de detección de fallos más exacto, el cual permita conocer exactamente el altavoz defectuoso, esto se logra mediante la generación de un tono constante de alta frecuencia, no audible para el ser humano y un sistema de reconocimiento del tono generado en cada altavoz, mediante el uso de micrófonos. Si un altavoz deja de funcionar, el tono no será receptado por el micrófono y se enviará una notificación de la ubicación del fallo en la línea, de esta manera hacer sistemas más óptimos a futuro.

- Con el fin de que el sistema de emergencia sea más inclusivo, es posible extender el proyecto con un sistema visual, el cual informe a las personas con problemas auditivos de la existencia de una señal de emergencia y puedan tener conocimiento de cómo actuar en estos casos. Por otro lado mediante bucles de inducción electromagnética o inducción de audiofrecuencia, se puede alertar de una emergencia a personas que usen dispositivos auditivos con estos sistemas.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Durante la realización del proyecto se conoció a profundidad el mundo de los sistemas de megafonía y voceo para emergencia, estos son de vital importancia para el diseño desarrollado, finalizado esto se llega a concluir lo siguiente:

Los sistemas de VA y PA constan de tres partes principales: altavoces, amplificadores y micrófonos, sin embargo el uso de sistemas de control, conexiones con alarmas de emergencia, dispositivos de reproducción y programas de configuración de eventos, permiten optimizar el uso de sistemas de este estilo consiguiendo aplicaciones como: gestión de simulacros de emergencia, uso de mensajes pregrabados, activación directa de la alarma de emergencia, planificación de eventos y reconocimiento de fallos existentes en la línea.

Resulta necesario e ideal conocer la Normativa UNE-EN54 la cual fue guía y base durante el desarrollo del proyecto, se buscó destacar los puntos principales y necesarios en un sistema de este tipo para realizar el proyecto a cabalidad. Trabajar con esta norma permite entregar un producto con estándares de seguridad ideales, asegurando su funcionamiento y durabilidad, a pesar de no existir una legislación específica en el país, se encontró las ventajas en cuanto a funcionamiento y seguridad que llega a ofrecer el uso de esta normativa.

En cuanto al análisis estructural, por motivos de las dimensiones del recinto y la poca disponibilidad para realizar el correcto procedimiento en las mediciones debido al ruido generado, se optó por simular las condiciones acústicas

obteniendo resultados cercanos a la realidad. A pesar de que el recinto no se encuentra tratado acústicamente y en ciertas salas el tiempo de reverberación es muy alto debido a su extensión, los indicadores de inteligibilidad (%Alcons, C50), se les otorga una valoración subjetiva de muy bueno y excelente por lo que el recinto resulta ser un espacio ideal para la instalación para del diseño propuesto.

Se convirtió de vital importancia el análisis de los diferentes equipos a usar, cada uno de estos equipos usados en el diseño cumplen con la normativa UNE-EN54, llegar a usar otro tipos de equipos que no cumplan con estas características, resultaría en un funcionamiento no óptimo del diseño, pudiendo existir problemas como cortocircuitos, fallas a nivel de interconexión de equipos y problemas en el formato de comunicación.

El análisis acústico del recinto, permitió diseñar el sistema adaptándolo a las condiciones simuladas, los cálculos consideran el tiempo de reverberación y nivel de ruido de fondo de las diferentes zonas. Sin embargo existen variables como: espacios de triple altura, áreas abiertas y el flujo de personas, los cuales son factores que pueden llegar a modificar los datos simulados y el resultado puede llegar a disminuir su calidad.

La elaboración del presente proyecto se vio enfocada en encontrar un diseño el cual no contempla límites económicos, se busca la calidad profesional y un trabajo netamente de ingeniería, esto se ve reflejado en una amplia cobertura del recinto garantizando las condiciones ideales para lograr una buena inteligibilidad de voz y música.

Durante el desarrollo del proyecto se vio la necesidad de generar variaciones del nivel de presión sonora dependiendo la aplicación que se le esté dando al sistema. En cuanto a la aplicación de musicalización debido a que su reproducción es constante, su nivel debe ser bajo para que no existan molestias, por lo tanto se optó por un NPS de 60–65 [dB], por otro lado para las



aplicaciones de voceo y mensajes de emergencia pregrabados, los cuales son considerados de mayor importancia debido a su carácter informativo, se les entrega un NPS de 70-80 [dB], de esta forma se da grados de importancia a los diferentes usos del sistema. De la misma manera, se buscó conseguir una cobertura total en todas las zonas a sonorizar, consiguiendo una diferencia máxima de 3 dB en diferentes puntos del recinto, esto permite una escucha agradable y una mínima variación del sonido

El presente diseño es aplicable únicamente para la Novaclínica Santa Cecilia o a un establecimiento que conste con las mismas características de tamaño, pisos, extensión, cantidad de habitaciones y necesidades en su uso. En caso de realizar un diseño de PA y Va, se puede tomar como ejemplo el proyecto realizado, siguiendo la metodología usada.

Resulta importante que los amplificadores no trabajen al 100% de su capacidad, optar por un 75% resulta ideal para evitar sobrecargas del sistema, se evita posibles daños a los altavoces por frecuencias amplificadas fuera de la respuesta en frecuencia del mismo y evitar saturaciones del equipo.

La selección de los altavoces se volvió crucial, el radio de cobertura influye inversamente proporcional a la cantidad de altavoces necesarios. La potencia consumida por los altavoces en la línea, nos permite conocer la potencia del amplificador, una línea con mayor cantidad de altavoces, indica que el amplificador a adquirir debe ser más potente, influyendo directamente a su precio.

Dependiendo la longitud y el grosor del cable se genera una resistencia al paso de corriente eléctrica que puede llegar a ser considerable. Para reducir un porcentaje de la resistencia existente la selección del calibre del cable es crucial, un calibre AWG menor influye en una sección de cable mayor por lo que se generará menor resistencia, sin embargo el precio a pagar es mayor, por lo que se debe tener un equilibrio teniendo en cuenta costo – beneficio.

## 5.2 Recomendaciones

Se recomienda el uso de música con tempos suaves y métricas simples, de esta forma mantener un ambiente tranquilo y evitar malas reacciones por partes de los pacientes. Música instrumental o clásica son ideales para este tipo de aplicaciones.

Para el uso del micrófono, es recomendable mantener una distancia de 15 [cm], con el fin de evitar el efecto de proximidad, lo que podría terminar en saturación provocando una mala inteligibilidad del mensaje emitido

La modificación de la configuración predeterminada para el diseño, en el programa NEO configurator, debe ser realizada por el diseñador o una persona con conocimientos de acústica. Se recomienda el uso de usuarios con prioridad que ofrece el programa, de esta forma se puede evitar el mal uso del sistema bloqueando accesos a ciertas partes del programa dependiendo el nivel de usuario.

Es óptimo que las instalaciones de este tipo de sistemas deben realizarse durante la construcción del recinto, de esta manera abaratar costos de instalación y tiempo.

Se recomienda que al momento de instalación del sistema en el recinto, se realice por secciones, siguiendo la zonificación asignada y en coordinación con la administración de la clínica debido al posible cierre de ciertas áreas.

La alteración de los NPS colocados en la configuración puede incurrir en molestias auditivas, saturación o falla en la inteligibilidad del sistema. Su manipulación debe ser únicamente por razones debidamente justificadas como: falta de inteligibilidad, presencia de saturaciones o alteraciones significativas de materiales o dimensiones del recinto.

El nivel de ruido de fondo fue tomado de la curvas Noise Criteria, exactamente de la número 30, esta describe una curva de ruidos para lugares destinados para asistencia sanitaria, la clínica puede cumplir o no cumplir con esta curva, por lo que se recomienda la comprobación de estos datos a razón que la clínica no tiene tratamiento acústico. Si llegara a variar la curva elegida, las simulaciones deben ser realizadas nuevamente.

## REFERENCIAS

- Borwick, John. (1994). *Sound Recording Practice*. Inglaterra, Reino Unido: Oxford University Press.
- Campo Góngora, D. (2015). Diseño de un sistema de audio distribuido de voltaje constante automatizado para la sede Queri de la Universidad de Las Américas. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.
- Clarke, S. (2011). *Acoustic design approach for hospitals*. Presentation, Brisbane, Australia: Gold Coast.
- Estrada, R. (2007). Sonorización del centro social y deportivo Zumpango. Culhuacan, México: Instituto politécnico nacional.
- Everest, A. y Pholman, K. (2009). *Master Handbook of acoustics* (5th ed., pp. 329-341). New York: Mc Graw Hill
- García, P. y Padilla, J. (2011). Diseño de un sistema de audio distribuido, basado en un sistema de voltaje constante para los laboratorio de la esime Zacatenco. Zacatenco, México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- Hamlet, R. (2001). *Distributed speaker system* . *Sound & video contractor*, 1, 4.
- Juang, D.F., Lee, C.H., Yang, T. et al. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* (2010). *Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals*. 7: 705.
- Llinares, J., A., & Sancho, J. (2008). *Acústica arquitectónica y urbanística*. Valencia, España: Grupo Noriega editores.

- Luzzi, S., Bellomini, R., & Romero, C. (2008). *Acoustical design of hospital: Standards and priority indexes*. In International Congress on Noise as a Public Health Problem (p. 8). Florencia, Italia: Foxwoods. Recuperado el 20 de octubre del 2018 de [http://www.icben.org/2008/pdfs/luzzi\\_et\\_al.pdf](http://www.icben.org/2008/pdfs/luzzi_et_al.pdf).
- Quilter, P. (2015). *How to Compare Amplifier Power Ratings*. Recuperado el 14 de noviembre del 2018 de [http://soundandsong.com/Issue004/004\\_PowerAmpRatings.html](http://soundandsong.com/Issue004/004_PowerAmpRatings.html)
- Rivera, S. y Vega, C. (2010). Anteproyecto de diseño de un sistema de megafonía para el laboratorio de acústica. Zacatenco, México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- Saposhkov, M. (1983). *Electroacoustic*, Barcelona, España: Reverte.
- Sobotova, L., Jurkovicova, J., Stefanikova, Z., Sevcikova, L., Aghova, L. (2007). *Noise levels in the hospital environment and health risks*. *Epidemiology*, 18(5), S73.
- Toledo, F. (2005). *Sistemas de audio distribuido de voltaje constante*. Santiago, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Vinodh K., Srinivasan M., Ananthalakshmi I., Kumar D., Jeba Rajasekhar R., Daniel T. y Thirumalaikolundusubramanian P. (2008). *Noise levels in a tertiary care hospital*. *Noise Health*; 10:11-3

## **ANEXOS**



# ANEXO 1

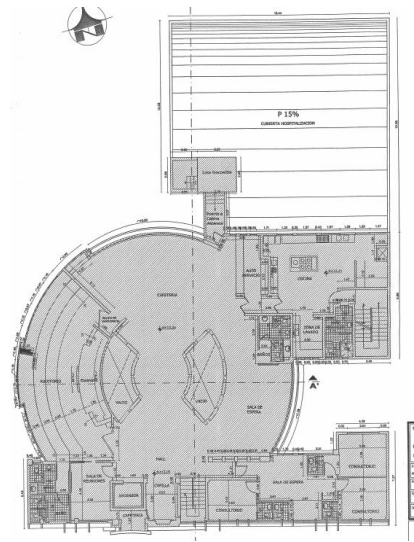
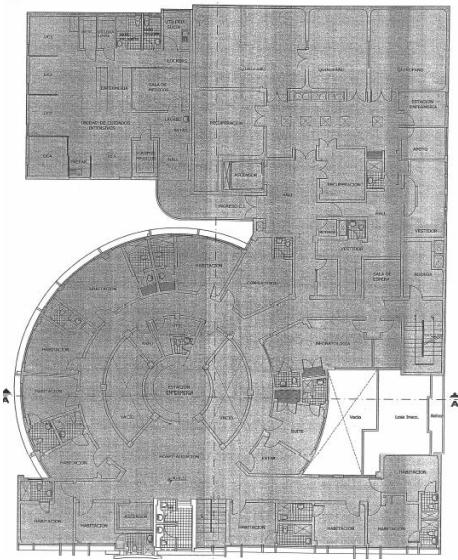
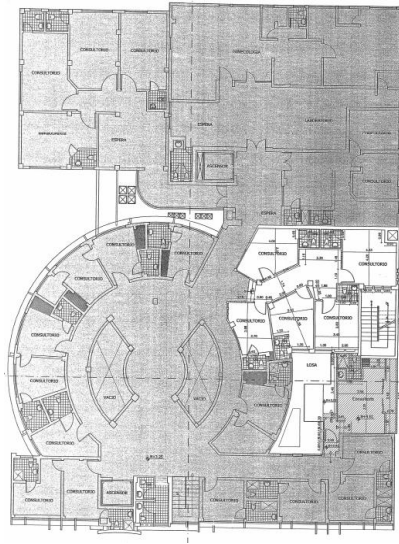
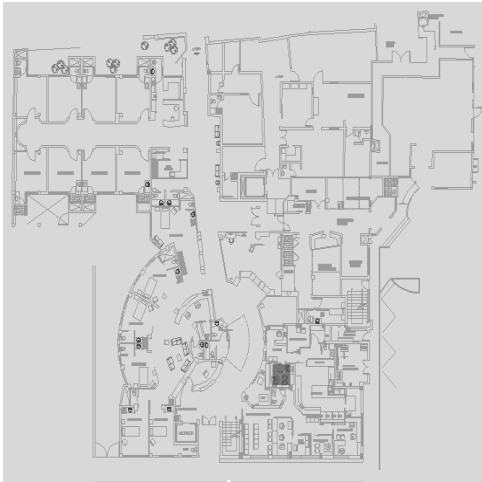


Figura 63. Planos arquitectónicos bloque 1 Novaclínica





Ilustración 69 Planos arquitectónicas bloque 1 Novaclínica

## ANEXO 2

### **Código usado para la simulación de los parámetros acústicos en el desarrollo del proyecto**

```
function [ TR ]= tr( lx,ly,lz,mt,ms,mp1,mp2,mp3,mp4)
```

```
%creo una variable de frecuencias para graficar
```

```
freq=ones(1,6);
```

```
freq(1,1)=125;
```

```
freq(1,2)=250;
```

```
freq(1,3)=500;
```

```
freq(1,4)=1000;
```

```
freq(1,5)=2000;
```

```
freq(1,6)=4000;
```

```
frecuencia=linspace(125,4000,4000-125);
```

```
%leo la base de datos de materiales
```

```
a=xlsread('BD.xlsx',2);
```

```
%asigno los valores de absorcion a variables
```

```
piso=a(ms,:);
```

```
techo=a(mt,:);
```

```
pared1=a(mp1,:);
```

```
pared2=a(mp2,:);
```

```
pared3=a(mp3,:);
```

```
pared4=a(mp4,:);
```

```
%Calculo superficies y volumen de la sala
```

```
v=lx*ly*lz;
```

```
stecho=ly*lx;
```

```

sparedx=lx*lz;
sparedy=ly*lz;
stotal=stecho*2+sparedx*2+sparedy*2;
%calculo La constante A..... A=s*alpha
piso=stecho*piso;
techo=stecho*techo;
pared1=sparedx*pared1;
pared2=sparedx*pared2;
pared3=sparedy*pared3;
pared4=sparedy*pared4;

%c·lculo absorcion total y alpha promedio
absorcion=piso+techo+pared1+pared2+pared3+pared4;
alpha=(1/stotal)*(absorcion);

%c·lculo tiempo de reververacion Tr=0,161v/A
TR=ones(1,6);
i=1;
while (i<7)
TR(1,i)=(0.161*v)/absorcion(1,i);
i=i+1 ;
end

%constante de sala  superficie total*alpha promedio/1-alpha promedio
constante=ones(1,6);
i=1;
while (i<7)
constante(1,i)=stotal*alpha(1,i)/(1-alpha(1,i));
i=i+1 ;
end

%distancia critica 0.14* raiz(constante de sala)

```

```

dis=ones(1,6);
i=1;
while (i<7)
dis(1,i)=0.14*sqrt(constante(1,i));
i=i+1 ;
end

% calculo %alcons
alcons=ones(1,6);
i=1;
while (i<7)
if (ly/2<3.16*dis(1,i))
    alcons(1,i)=200*ly^2*TR(1,i)^2/v;
    i=i+1 ;
else
    alcons(1,i)=9*TR(1,i);
    i=i+1 ;
end
end

% calculo c50
c50=ones(1,6);
i=1;
while (i<7)
c50(1,i)=exp(13.8*50*10^(-3)/TR(1,i))-1;
i=i+1 ;
end
alcons
c50

%Interpolaciones lineales
trinterp=interp1(freq,TR,frecuencia,'pchip');

```

```
c50interp=interp1(freq,c50,frecuencia,'pchip');  
alconsinterp=interp1(freq,alcons,frecuencia,'pchip');
```

```
%% graficas
```

```
figure (1)
```

```
hold on
```

```
plot(frecuencia,trinterp)
```

```
xlabel('Frequency (Hz)')
```

```
ylabel('Reverb Time (s)')
```

```
title ('Tiempo de reverberación')
```

```
grid on
```

```
hold off
```

```
figure (2)
```

```
hold on
```

```
plot(frecuencia,c50interp)
```

```
xlabel('Frequency (Hz)')
```

```
ylabel('Claridad (c50)')
```

```
title ('Claridad C50')
```

```
grid on
```

```
hold off
```

```
figure (3)
```

```
hold on
```

```
plot(frecuencia,alconsinterp)
```

```
xlabel('Frequency (Hz)')
```

```
ylabel('%alcons')
```

```
title ('% alcons')
```

```
grid on
```

```
hold off
```

```
end
```

### ANEXO 3



Figura 64 Menú principal NEO 8060



Figura 65 Tipo de alarmas existentes

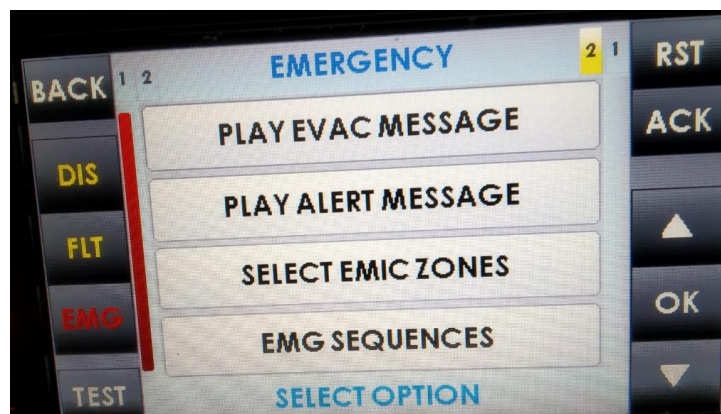


Figura 66 Activación de mensajes y alarmas

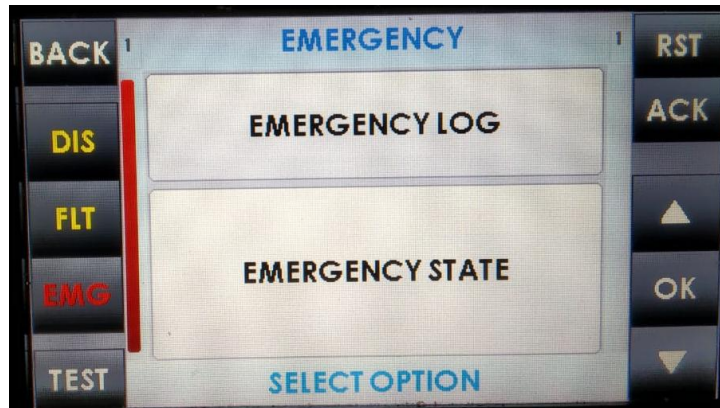


Figura 67 Estado de emergencia

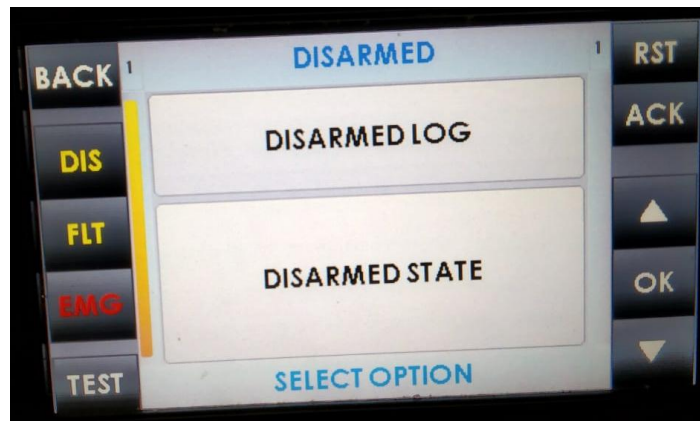


Figura 68 Opción de desarmado

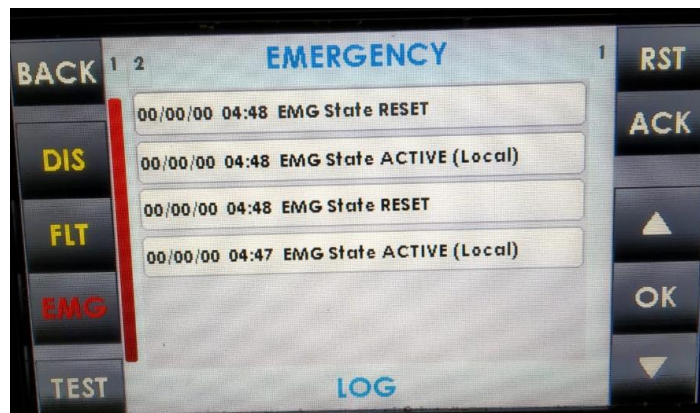


Figura 69 Estados de alarmas de emergencia

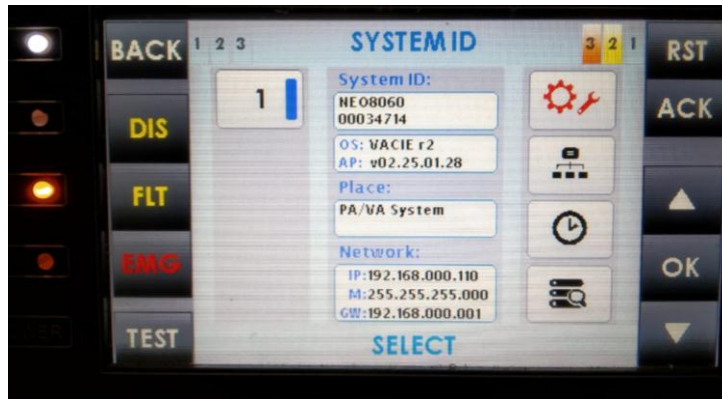


Figura 70 Identificación del sistema



Figura 71 Control de entradas y salidas



Figura 72 Configuración de enrutamiento





Figura 73 Configuración volumen del sistema



Figura 74 Sistema NEO conectado



Figura 75 Conexiones realizadas sistema NEO

