

**DISEÑO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO PARA LOS BANCOS DE
PRUEBAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MOTORES EN
GUATIGUARÁ**

**CESAR AUGUSTO MONCADA ROJAS
MARLO JAHIR CALDERÓN GÓMEZ**



**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
FÍSICOMECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA
2014**

**DISEÑO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO PARA LOS
BANCOS DE PRUEBAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE
MOTORES EN GUATIGUARÁ**

**CESAR AUGUSTO MONCADA ROJAS
MARLO JAHIR CALDERÓN GÓMEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

Director

**DOCTOR INGENIERO MECANICO
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
FÍSICOMECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

Cesar Moncada

DEDICATORIA

A mis madre y mi padre, que son el motor de mi vida y la razón de todos mis esfuerzos, siempre contare con su apoyo y amor.

A mi familia que siempre creyeron en mí y me ayudaron en los momentos que los necesite.

A mis amigos por los momentos alegres y espero que nos volvamos a encontrar

MARLO CALDERÓN

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participamos varias personas leyendo, opinando, corrigiéndonos ,dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradecemos a nuestro director de proyecto Jorge Luis Chacón Velasco por haber confiado en nosotros, por la paciencia en la dirección de este trabajo, por sus comentarios en todo el proceso de elaboración de la Tesis y sus atinadas correcciones.

A los profesores Omar gelvez y Jens Jensen por los consejos y sus asesorías brindadas.

Gracias también a nuestros queridos compañeros, que nos apoyaron y nos permitieron entrar en su vida durante estos cinco años de convivir dentro y fuera del salón de clase.

Contenido

INTRODUCCIÓN	19
1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.1 JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	26
1.2.1 Objetivo general	26
1.2.2 Objetivos específicos	27
2 CONCEPTOS BÁSICOS ACÚSTICOS Y TÉRMICOS	28
2.1 GENERACIÓN DE LA ONDA SONORA.....	28
2.2 ¿QUE ES EL RUIDO?	28
2.2.1 Ruido aéreo	30
2.2.2 Ruido de impacto	30
2.2.3 Caracterización del ruido	32
2.3 INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA	34
2.4 EL SONIDO.....	34
2.4.1 Propagación del sonido:.....	36
2.4.2 Ley de ponderación A	40
2.4.3 Factor de directividad:.....	42
2.4.4 Emisión sonora de los focos sonoros	43
2.5 ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA.....	44
2.5.1 Aislamiento acústico	44
2.5.2 Acondicionamiento acústico.....	45
2.5.3 Tiempo de reverberación	46
2.6 PROBLEMÁTICA DEL AISLAMIENTO.....	47
2.6.1 Vías de transmisión:	47
2.7 CONCEPTOS TÉRMICOS	50
2.8 CONFORT TÉRMICO.....	50
2.9 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES	52
2.10 MATERIALES AISLANTES.....	53
2.11 VENTAJAS DEL AHORRO ENERGÉTICO	53
3 NORMATIVA APLICADA	55
4 MATERIALES	57
4.1 PLACA TÉRMICA LANA DE ROCA	57
4.2 CAÑUELAS AISLANTES	58

4.3 ACUSTIPISO	60
4.4 LAMINA VISCOELASTICA	62
5 DESARROLLO DEL PROYECTO.	63
5.1 PLAN DE DESARROLLO	63
5.2 REALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO	64
5.3 FASE 1.....	64
5.3.1 Identificación de las actividades a realizar en el laboratorio	64
5.3.2 Horarios y duración de las pruebas que se realizarán en el laboratorio	64
5.3.3 Descripción del laboratorio y salas circundantes	64
5.3.4 Dimensiones y distribución.	66
5.3.5 Descripción de las fuentes de ruido	70
5.3.6 Descripción del sistema de escape.....	71
5.4 FASE 2.....	73
5.5 FASE 3.....	74
5.6 FASE 4.....	75
5.6.1 Selección de alternativas	75
5.6.2 Aplicación de aislamiento acústico	98
5.6.3 Cálculo del aislamiento térmico del sistema de escape	113
5.6.4 Calculo del aislamiento térmico en las paredes	124
6 PROTECCIÓN PASIVA CONTRA EL FUEGO	130
6.1 PUERTA CONTRA INCENDIO.....	134
6.1.1 Selección de la puerta contra incendios	134
6.1.2 Especificaciones técnicas de la puerta	136
7 SELECCIÓN DE MATERIALES Y COSTOS	137
7.1 PAREDES.....	137
7.2 PISO	138
7.3 TECHO	138
7.4 TUBERÍA DE ESCAPE	139
7.5 COSTOS Y COTIZACIONES.....	140
8 RECOMENDACIONES EN LA INSTALACIÓN.....	142
8.1 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL PISO.....	142
8.2 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LAS PAREDES.....	146
8.3 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL TECHO.....	148

8.4	RECOMENDACIONES EN LA INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO.....	150
8.4.1	Aislamiento de tuberías	150
8.4.2	Aislamiento de válvulas y bridas	152
8.4.3	Aislamiento de codos.....	155
8.4.4	Soporte colgante de la tubería	157
8.4.5	Aislamiento de tuberías flexibles y elementos irregulares	158
9	CONCLUSIONES	160
	BIBLIOGRAFÍA.....	161
	ANEXOS.....	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Banco de pruebas de motores de la UDEA.....	20
Figura 2. Propagación del ruido.....	24
Figura 3. Soluciones para el aislamiento	25
Figura 4. Transferencia de calor.....	26
Figura 5. Rango de audición	29
Figura 6. Transmisión de ruido	30
Figura 7. Ruido de Impacto	31
Figura 8. Niveles sonoros de un ruido estacionario	33
Figura 9. Rango de audición en [Hz].....	35
Figura 10. Espectro en bandas de octava y tercio de octava.....	36
Figura 11. Propagación del sonido.....	37
Figura 12. Suma de niveles Sonoros.....	39
Figura 13. Ponderación en A.....	40
Figura 14. Curvas de Ponderación.....	41
Figura 15. Niveles Comparativos db y dbA.....	42
Figura 16. Tiempo de Reverberación	46
Figura 17. Vías de transmisión de Ruido	48
Figura 18. Variables Confort Térmico	51
Figura 19. Transferencia de Calor.....	52
Figura 20. Placa térmica de lana de roca.....	58
Figura 21. Cañuelas aislantes.....	60
Figura 22. Placa acustipiso.....	61
Figura 23. Lamina Viscoelastica.....	62
Figura 24. Laboratorio Guatiguará	65
Figura 25. Vista en planta laboratorio.....	67
Figura 26. Vista en planta en 3D	68
Figura 27. Laboratorio	68
Figura 28. Motosierra 115H.....	70
Figura 29. Escape conjunto.....	71
Figura 30. Vistas del escape conjunto.....	72
Figura 31. Recorrido del escape.	73
Figura 32. Pared de hormigón	81
Figura 33. Pared compuesta	82
Figura 34. Placa de acustipiso	82
Figura 35. Láminas de estoperol	83
Figura 36. Caucho reciclado.....	83
Figura 37. Cartones de huevos.....	84
Figura 38. Lana mineral de roca.....	85
Figura 39. Fibra de celulosa	86
Figura 40. Pared con placa de lana de roca.....	86
Figura 41. Pared con cámara de aire	87
Figura 42. Cañuelas de lana de roca.....	88

Figura 43. Tubería con cámara de aire	88
Figura 44. Tubería enterrada	89
Figura 45. Escape único	90
Figura 46. Escape con extractor.....	90
Figura 47. Escape conjunto.....	91
Figura 48. Absorción por espesores	99
Figura 49. Absorción por separación.....	100
Figura 50. Absorción por porosidad.....	101
Figura 51. Absorción por densidad	102
Figura 52. Vista en sección de la pared Acústica.....	105
Figura 53. Ficha del motor.....	106
Figura 54. Curva de evaluación	107
Figura 55. Placa Lana de roca (acustipiso)	108
Figura 56. Techo acústico.....	109
Figura 57. Curva de referencia techo	111
Figura 58. Vidrio acústico	113
Figura 59. Calculo de propiedades en EES.....	115
Figura 60. Propiedades de aire 30°C.....	118
Figura 61. Cañuela aislante.....	119
Figura 62 Tubería 5 pulgadas	120
Figura 63 Resistencias térmicas.....	121
Figura 64. Descripción pared acústica	125
Figura 65 Temperatura de colapso	130
Figura 66 Protección contra el fuego	131
Figura 67. Comportamiento contra el fuego de la lana de roca	132
Figura 68. Incendios	133
Figura 69 Puerta contra incendios.....	134
Figura 70 Aperturas	135
Figura 71 Configuración acústica de la pared.....	137
Figura 72 Configuración acústica del piso	138
Figura 73 Configuración acústica del techo.....	138
Figura 74 Aislamiento térmico de la tubería	139
Figura 75 Configuración inicial.....	140
Figura 76 Configuración apropiada del piso.....	143
Figura 77 Montaje del piso acústico.....	144
Figura 78 Montaje de la pared acústica	146
Figura 79 Montaje del techo acústico	148
Figura 80 Montaje aislamiento del escape.....	151
Figura 81 Aislamiento térmico de bridas	152
Figura 82 Aislamiento de válvulas.....	154
Figura 83 Aislamiento de codos.....	156
Figura 84 Montaje del soporte colgante	158
Figura 85 Lanas térmicas	159
Figura 86 Ductoflex.....	159

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de ruido.....	32
Tabla 2. Octavas en Hz.....	35
Tabla 3. Factor de directividad.....	43
Tabla 4. Dimensiones Laboratorio.....	66
Tabla 5. Matriz de calidad del diseño acústico.....	76
Tabla 6. Ponderación de resultados diseño acústico.....	77
Tabla 7. Matriz de calidad aislamiento térmico.....	78
Tabla 8. Ponderación de resultados aislamiento térmico.....	78
Tabla 9. Matriz de calidad del escape.....	79
Tabla 10. Ponderación de resultados del escape.....	79
Tabla 11. Materiales de la pared.....	80
Tabla 12. Matriz de ponderación para la evaluación de paredes.....	92
Tabla 13. Matriz de ponderación para la evaluación de pisos.....	93
Tabla 14. Matriz de ponderación para la evaluación de techos.....	94
Tabla 15. Matriz de ponderación para la evaluación térmica de paredes.....	95
Tabla 16. Matriz de ponderación del aislamiento de la tubería de escape.....	96
Tabla 17. Matriz de ponderación de la configuración del escape.....	97
Tabla 18. Materiales y aislamientos.....	103
Tabla 19. Materiales y aislamientos del techo.....	110
Tabla 20 Resistencia vs ancho.....	135
Tabla 21 Costos.....	141

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Formatos de planeación (Tipo A y ficha EBI).....	162
ANEXO B: Planos de montaje.....	204

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO PARA LOS BANCOS DE PRUEBAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MOTORES EN GUATIGUARÁ*

AUTORES:

Marlo Jahir Calderón Gómez. **

Cesar Augusto Moncada Rojas. **

PALABRAS CLAVES:

Transferencia de calor, aislante, sonido, ruido, frecuencia, motor.

DESCRIPCIÓN:

El centro de investigación de motores nace con el objetivo de realizar pruebas y diseños de motores, y contribuir con máquinas más eficientes y limpias, para realizar dicha investigación es necesario contar con un lugar adecuado donde llevar a cabo las pruebas, por lo que se decidió con la construcción de un laboratorio, el cual debe estar totalmente equipado con los medios necesarios, además de que debe cumplir con las normas internacionales, otro punto importante es la comodidad y seguridad del personal que e encuentre en este laboratorio, y siendo los motores una maquina ruidosa, que genera calor y muy propensas a incendiarse, es por esto que se requiere un buen aislamiento acústico y térmico, además de protección en caso de incendio.

Este trabajo de grado tiene como objetivo el diseño de los sistemas de aislamiento acústico y térmico de las celdas, y teniendo en cuenta el ruido que generara los motores, sus respectivas frecuencias y niveles, a fin de dar seguridad al personal y cumplir con las normas, además de seleccionar la puerta contraincendios a fin de evitar accidentes.

Como resultado de la investigación se seleccionó materiales con buenas propiedades térmicas y acústicas, logrando reducir el ruido en el exterior de la celda a niveles conversacionales y reduciendo el calor transferido de la sala, estos materiales también tienen propiedades ignifugas que en combinación con la puerta contraincendios nos dan una completa protección.

*Proyecto de grado

**Facultad de ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director PhD
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN FOR THERMAL AND SOUND INSULATION STAND UP FOR ENGINE RESEARCH CENTER IN GUATIGUARÁ *

AUTHOR:

Marlo Jahir Calderón Gómez. **

Cesar Augusto Moncada Rojas. **

KEYWORDS:

Heat transfer, insulation, sound, noise, frequency, engine.

DESCRIPTION:

The engine research center created with the aim of testing and engine designs, and thus contribute to more efficient and cleaner machines, to conduct such research is necessary to have a suitable place to carry out tests and trials, so it was decided to build a laboratory test engine, which must be fully equipped with the means to perform the tests, and they must comply with the international standard governing that process, another important point is comfort and safety of personnel and are in the laboratory, and the engines being a noisy machine that generates large amounts of heat and very prone to fire, which is why a good acoustic and thermal insulation is required in addition to protection fire.

This work aims to the design of the respective systems of acoustic and thermal insulation cells attacking the main means of transmission of sound and heat, and considering the engines generate noise, and their respective frequencies levels in order to provide security personnel and comply with international standards, in addition to selecting the door to prevent fire accidents

As a result of the investigation came to the selection of materials with good thermal and acoustic properties, managing to reduce the noise on the outside of the cell to conversational levels and reducing the heat transferred from the room, these materials also have fireproof properties in combination with fire door we give complete protection in case of accidents

* Graduation Project

** Faculty of Physics-Mechanic Engineerings, School of Mechanic Engineering, PhD JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

INTRODUCCIÓN

El motor de combustión interna es quizás el mejor dispositivo mecánico disponible para la introducción del estudiante de ingeniería a los aspectos prácticos de la ingeniería. Un motor es una máquina relativamente complicada, a veces ruidosa y alarmante en su comportamiento y capaz de presentar muchos problemas y fallas desconcertantes. Unas pocas horas pasadas en el laboratorio de pruebas de motores son, quizás, la mejor introducción en el mundo real de la ingeniería, que está alejado del mundo de la sala de conferencias y la simulación por ordenador en el que, inevitablemente, el estudiante pasa mucho de su tiempo.

La enorme gama de máquinas cubiertas por el término general “motor de combustión interna” amplía la gama de habilidades necesarias. En un extremo podemos preocuparnos con un motor de una motosierra, un solo cilindro de tal vez 50 cc capacidad de correr a 15 000 rev / min con gasolina, con una vida de unas cuantas horas. Luego tenemos la gran cantidad de motores de vehículos de pasajeros, cuatro, seis u ocho cilindros, capacidades que van desde un litro a seis, que se espera, desarrolle torque total sobre velocidades que van desde quizás 1500 RPM hasta 7000 RPM, y con una vida útil de quizás 6.000 horas. La industria del motor deportivo continúa empujando los límites de los motores con diseños de prueba con revoluciones cercanas a 20 000 rpm, en los coches de rally. En el otro extremo se encuentra el motor marino tipo catedral de 10 metros de altura y un peso de 1.000 toneladas, que se utiliza el peor tipo de combustible, y se espera 70 RPM para más de 50.000 horas.

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Los laboratorios de ensayos de motores abarcan amplios campos de aplicación correlacionados con las necesidades específicas de los distintos sectores industriales, interesados en la investigación de nuevas tecnologías en el campo de la mecánica, donde se evalúa el comportamiento de motores y componentes automotrices, sometidos a variaciones en los lubricantes, combustibles, meteorológicas, y nuevos diseños que produzcan soluciones eficientes para necesidades específicas.

Figura 1. Banco de pruebas de motores de la UDEA



En Colombia, existen muy pocas celdas de ensayos para motores de combustión interna, muchas de las cuales se encuentran en vía a quedar obsoletas, o no cumplen las normas internacionales existentes, que regulan y permiten realizar ensayos y mediciones válidas.

Una sala de ensayos para motores, puede contar hasta con más de 10 subsistemas necesarios para un funcionamiento ideal del laboratorio, entre éstos subsistemas se pueden encontrar:

- 1) Sistema de amortiguación de las vibraciones.
- 2) Sistema de aislamiento acústico.
- 3) Sistema de aislamiento térmico de las celdas de ensayos.
- 4) Sistema de control de la celda desde una sala de control principal.
- 5) Sistema de ventilación y aire acondicionado tanto de la celda de ensayos como de la sala de control.
- 6) Sistema de agua de enfriamiento de la celda de ensayos.
- 7) Sistema de extracción y tratamiento de los gases de escape.
- 8) Sistema de suministro y tratamiento de combustible y aceite.
- 9) Sistema eléctrico de la celda y la sala de control.
- 10) Sistema de suministro y climatización del aire de combustión.

Se hace, entonces necesario el diseño de los subsistemas ya mencionados para poder construir un laboratorio de ensayos de motores, que cumpla los estándares internacionales para la emisión de resultados válidos certificados.

Las Características de un laboratorio de Motores deben estar diseñadas en base a normas internacionales creadas por organismos como:

- ◆ SAE International (*SAE - Society of Automotive Engineers*).
- ◆ ISO - International Organization for Standardization.
- ◆ DIN *Deutsches Institut für Normung (CE)*.

Las cuales normalizan las especificaciones que debe tener las instalaciones del laboratorio, y permiten diseñar los ensayos para la obtención de los resultados, entre las que se incluyen: curvas de rendimiento de los motores (Engine

Performance Curves), par, potencia y consumo específico de combustible.

Teniendo en cuenta lo anterior, en un laboratorio de motores y en especial en la celda de ensayo, uno de los mayores problemas son las temperaturas que puede alcanzar la sala y el ruido producido por estas máquinas térmicas alternativas, que pueden superar los 120 decibeles, además teniendo en cuenta que el laboratorio comparte edificio con otros laboratorios en los cuales los niveles de ruido y de vibraciones pueden ser altamente perjudiciales para sus labores investigativas, se llevará a cabo un sistema de aislamiento acústico que logre insonorizar el ambiente del laboratorio, logrando en áreas comunes un valor de 60 decibeles, siendo este un valor de conversación común, además tenemos la alta generación de calor producto de la combustión, lo que produce altas temperaturas en la superficie del motor, produciendo así una transferencia de calor hacia los alrededores (aire en la celda de ensayos), elevando la temperatura de la celda muy posiblemente hasta valores mucho más elevados que los permitidos por la Norma ISO 1585.

La celda poseerá un sistema de ventilación y aire acondicionado el cual se encargará de mantener las condiciones estándares, es por esto que se hace necesario un correcto aislamiento térmico de las paredes de la celda que nos permitirá que el ambiente dentro de la sala de pruebas sea más fácil de controlar, además, de que el sistema de escape será un punto importante, debido a que puede alcanzar altas temperaturas y es necesario aislarlo correctamente.

Para realizar un correcto aislamiento acústico y térmico, teniendo siempre en mente la alta competitividad en estándares y el nivel internacional que se espera del laboratorio de motores, se realizarán todos los cálculos y elecciones basados en las siguientes normas internacionales acústicas como lo son:

ISO 140: Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medida "in situ" del aislamiento acústico al ruido aéreo entre locales.

Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Medida "in situ" del aislamiento acústico.

Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medida "in situ" del aislamiento acústico al ruido de impacto.

ISO 717 Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation.

Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 2: Impact sound insulation.

ISO 12241 Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales.

UNE-EN 12354 acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos.

Presentando esta información se pretende realizar un aislamiento de la celda para proteger a la sala de pruebas y demás laboratorios contra el ruido de impacto, el ruido aéreo y la transferencia de calor. Por lo cual se debe realizar un aislamiento tanto en paredes verticales, como en techo, pisos y tuberías que resuelva el

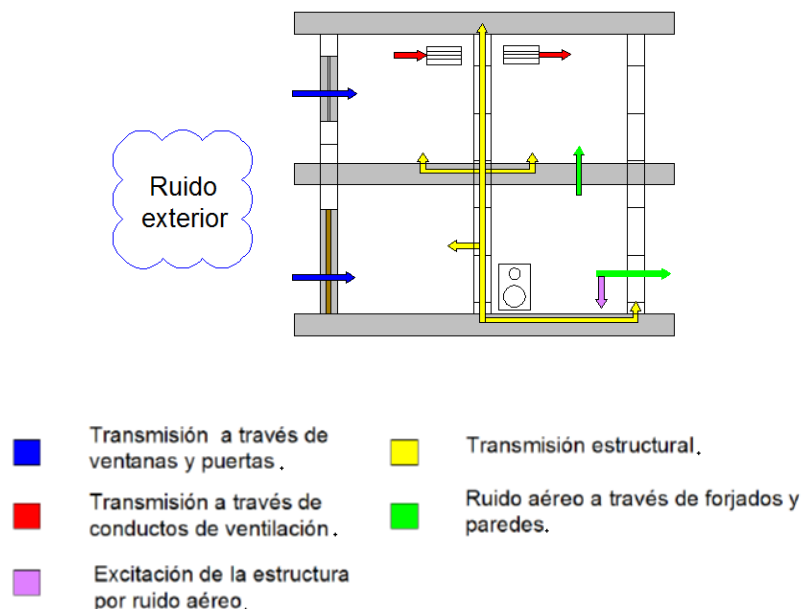
problema acústico y térmico conjuntamente. También, teniendo en cuenta las frecuencias y la dirección de las ondas acústicas, se planteará el montaje correcto de los paneles aislantes para evitar la propagación de la onda por el efecto de reverberación.

1.1 JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

A través del diseño de un sistema de aislamiento acústico basado en las diferentes propiedades de los materiales existentes en la industria Colombiana y en las normas internacionales se buscará el mejor montaje evaluando el costo beneficio y la eficiencia de éste, pensando en mantener un ambiente de 60 decibeles en las instalaciones del laboratorio.

A continuación, podemos ver los diferentes problemas a solucionar en la transmisión de ruido en una edificación.

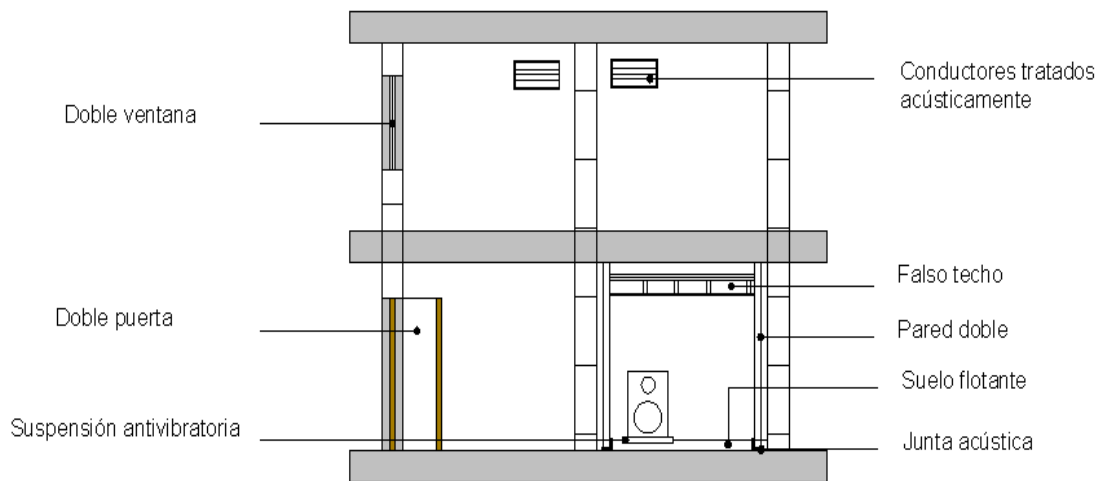
Figura 2. Propagación del ruido



FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

La Figura 3 muestra las soluciones para el aislamiento acústico:

Figura 3. Soluciones para el aislamiento



FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

El aislamiento térmico, se hace necesario para que al sistema de aire acondicionado le sea más fácil mantener las condiciones requeridas por la norma, y se puedan llevar a cabo los ensayos, debido a que la temperatura es un factor crítico que se debe controlar y se ve afectado por las diferentes formas de transferencia de calor que se presentan en la sala de pruebas, por lo tanto, es necesario aislar térmicamente las paredes para evitar el flujo de calor desde y hacia sala, además, de que el sistema de escape debe poseer un fuerte aislamiento, porque puede llegar a muy altas temperaturas y así elevar la temperatura misma de la sala, también se hace con el fin de evitar los condensados dentro de la tubería de escape causando, corrosión y obstrucción.

En la Figura 4 podemos ver las diferentes formas de transferencia de calor en un recinto.

Figura 4. Transferencia de calor



Fuente:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:M%C3%A9todos_de_transferencia_de_calor.svg

Conociendo las diferentes formas de transmisión de ruido y calor se realizará el estudio de las diferentes soluciones propuestas, para realizar el correcto aislamiento de las celdas de prueba del laboratorio de motores.

El sitio designado para el laboratorio es un sótano ubicado el parque tecnológico Guatiguará ubicado en el municipio de Piedecuesta Santander, teniendo en cuenta que estará ubicado en un sótano, se realizarán todos los cálculos pertinentes y se seleccionará los materiales basados en estas condiciones.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivo general.

Contribuir al compromiso misional de la Universidad Industrial de Santander en la generación y adecuación de conocimientos, y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso, al apoyar al Centro de Investigación de Motores en el proceso de diseño del sistema de acondicionamiento acústico y térmico para las actividades desarrolladas por el centro.

1.2.2 Objetivos específicos.

- ◆ Diseñar el sistema de aislamiento acústico que cumpla con las norma EN 12354 (ISO 15712) para el Centro de investigación en motores con la especificación de lograr un ambiente en áreas comunes de 60 decibeles, considerándose un nivel conversacional. En el cual se diseñará y seleccionará lo siguiente:
 - ✓ Diseño de aislamiento acústico para las paredes, pisos y techos, basados en Norma UNE EN 12354.
 - ✓ Selección de materiales acústico para paredes, pisos y techos.
 - ✓ Selección del tipo de vidrio acústico 6+6 para la ventana de la sala de control.
 - ✓ Selección de las puertas acústicas y antincendios para seguridad del laboratorio.

- ◆ Diseñar un sistema de aislamiento térmico, que cumpla con las norma UNE-EN ISO 12241 para el Centro de investigación de motores. En el cual se diseñara y seleccionara lo siguiente:
 - ✓ Diseño de aislamiento térmico para las paredes, y tubería de escape basados en Norma UNE EN 12241.
 - ✓ Selección de materiales que aislen térmicamente las paredes y tubería de escape.

- ◆ Elaborar los planos de distribución en planta, planos de montaje, memorias y toda la documentación requerida para la implementación del aislamiento acústico y térmico.

- ◆ Llenar el formato para presentación de proyectos solicitado por la oficina de planeación de la universidad.

2 CONCEPTOS BÁSICOS ACÚSTICOS Y TÉRMICOS

2.1 GENERACIÓN DE LA ONDA SONORA

Las vibraciones y otros movimientos de un cuerpo interactúan con la capa de partículas que lo rodean, perturbando, comprimiendo y dilatando, su atmósfera circulante.

Estas partículas, que empiezan a oscilar alrededor de su posición de equilibrio, a su vez, interactúan con aquellas inmediatamente contiguas, que también sufren estas mismas contracciones y dilataciones sucesivas que se las transmiten a las capas de partículas colindantes y así de una forma continua.

Este proceso de propagación de una perturbación inicial en forma de variaciones de presión respecto a la presión atmosférica, tanto en el espacio como en el tiempo, da lugar a una onda mecánica que, en el caso de ser audible se conoce como onda sonora. Las zonas de tracción y compresión viajan a una velocidad determinada, conocida como velocidad del frente de onda, mientras que el punto de agitación inicial se denomina foco de ondas.

2.2 ¿QUE ES EL RUIDO?

Un ruido desde el punto de vista físico, es la sensación auditiva no deseada, correspondiente generalmente a una variación aleatoria de presión a lo largo del tiempo. Es un sonido complejo y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que le componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias.

El ruido es un caso particular del sonido, se define como aquel sonido no deseado, para que un sonido sea ruidoso, no tiene que ser necesariamente fuerte, ya que, muchos ruidos suaves nos molestan y nos distraen impidiendo concentrarnos, por ejemplo una gotera o un mosquito. Pero sin duda los ruidos más fuertes son más perjudiciales.

La siguiente Tabla muestra la percepción humana a diferentes niveles de ruido:

Figura 5. Rango de audición

dB	EJEMPLO	SENSACIÓN
0	UMBRAL DE AUDICIÓN	NIVEL BAJO
30	DORMITORIO EN SILENCIO	
50	TV BAJO NIVEL	NIVEL MODERADO
60	CONVERSACIÓN	
70	OFICINA	NIVEL ELEVADO
80	TRÁFICO DENSO	
90	BAR CON EQUIPO DE MÚSICA	
100	DISCOTECA	NIVEL MUY ELEVADO
120	DESPEGUE DE AVIÓN	

FUENTE: <http://chova.com/>

Al ser la escala del decibelio una escala comprimida, pequeñas variaciones de nivel equivalen a cambios de percepción muy amplios como se puede observar en la tabla.

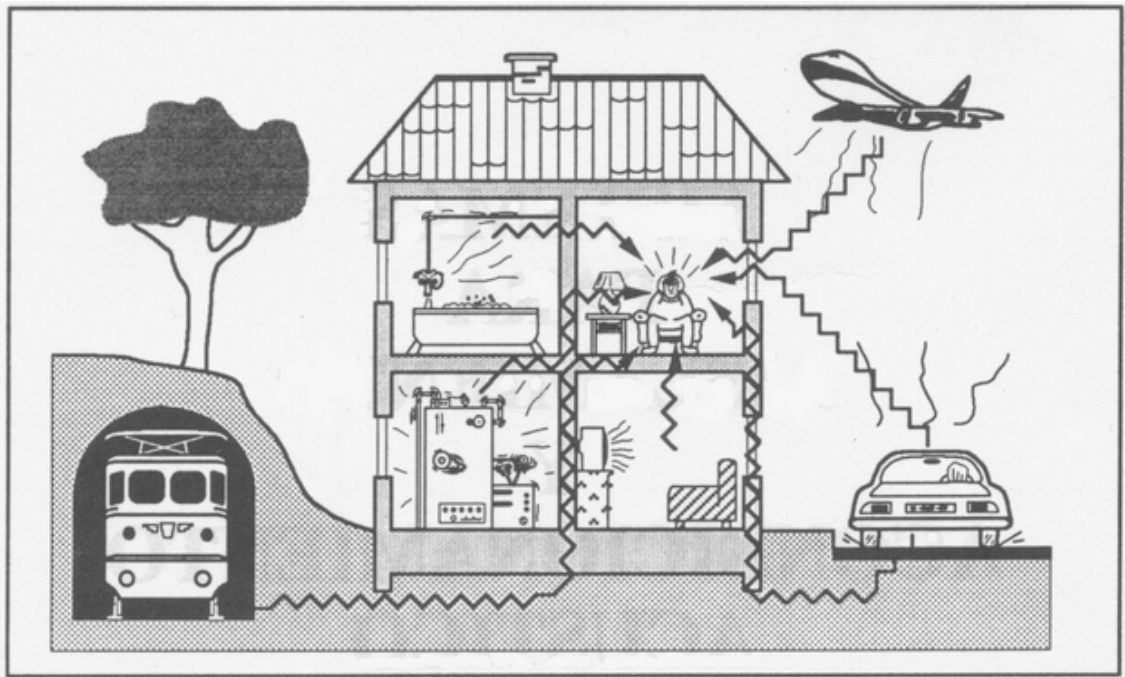
Se debe tener en cuenta que un aumento de 10 dB en el nivel de un sonido, equivale a percibir este sonido el doble de intenso.

Según su forma de transmisión el ruido se puede clasificar como ruido aéreo y ruido de impacto.

2.2.1 Ruido aéreo.

Ruidos aéreos son los que se propagan por el aire, llegando a los cerramientos del local receptor haciendo que entre en vibración, con independencia de la forma de producirse. La voz humana, la radio, los instrumentos de música que no se apoyan sobre el suelo, etc., constituyen fuentes de ruidos aéreos. Un piano es una fuente de ruido mixto: aéreo por la caja del mueble, de impacto por las vibraciones transmitidas al suelo por las patas.

Figura 6. Transmisión de ruido



Fuente: <http://chova.com/>

2.2.2 Ruido de impacto.

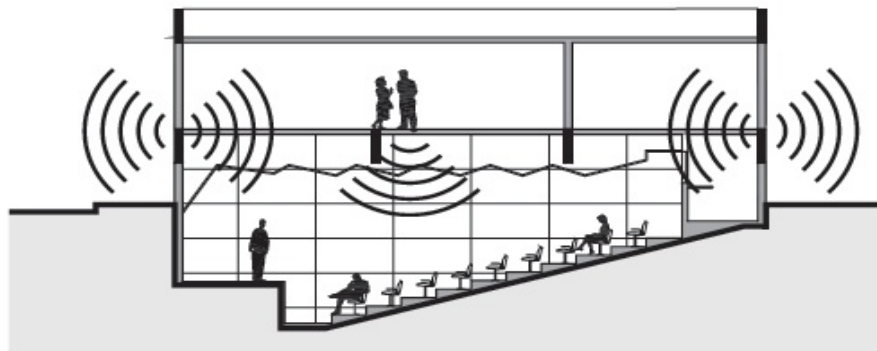
El ruido de impacto tiene un origen de carácter impulsivo generándose como consecuencia del golpe de corta duración sobre los cerramientos del local receptor. Los cerramientos (pilares, tabiques...) se convierten en elementos

transmisores de vibraciones y como consecuencia transmiten el ruido aéreo. Al resultar mucho mayor la propagación del sonido en los sólidos que en el aire, éste se puede transmitir a muy largas distancias con muy escaso amortiguamiento.

Los ruidos de impacto son originados en las percusiones o choques entre sólidos. Al chocar se comunica de un sólido a otro una energía que le hace entrar en vibración. Éste a su vez comunica esas vibraciones a los elementos constructivos que están en contacto con él, provocando ondas sonoras en el aire del local receptor.

Debido a que el golpe que produce el ruido de impacto es de corta duración, el ruido provocado también será de corta duración. Mientras que el ruido aéreo producido en un recinto, afecta a los recintos inmediatamente próximos, el ruido de impacto puede llegar a molestar a todo un inmueble, ya que la energía comunicada al cerramiento se transmite rápida y eficazmente a todo elemento en contacto con él, que a su vez lo transmiten a sus adyacentes, con poca atenuación, irradiando, a su vez, energía acústica en todo espacio en contacto con ellos.

Figura 7. Ruido de Impacto



FUENTE: <http://chova.com/>

En el cuadro siguiente se ofrece un resumen con diferentes ejemplos:

Tabla 1. Tipos de ruido

CRITERIO	TIPO		
ORIGEN	AÉREO (ej. TV)	IMPACTO (ej. PISADA)	VIBRACIONES (ej. MOTOR)
DURACIÓN	CONSTANTE (ej. VENTILADOR)	INTERMITENTE (ej. ALARMA)	IMPULSIVO (ej. IMPACTO)
CONTENIDO EN FRECUENCIAS	GRAVE (ej. TRÁFICO)	MEDIO (ej. VOCES)	AGUDO (ej. TELÉFONO)

FUENTE: <http://chova.com/>

2.2.3 Caracterización del ruido.

Existen multitud de variables que permiten diferenciar unos ruidos de otros: su composición en frecuencia, su intensidad, su variación temporal, su cadencia y ritmo, etc. Para los tipos de ruido hay dos divisiones, una en cuanto al tiempo y otra en cuanto a la frecuencia, a lo cual se han asociado colores.

En cuanto al tiempo, el ruido puede ser continuo, fluctuante o impulsivo.

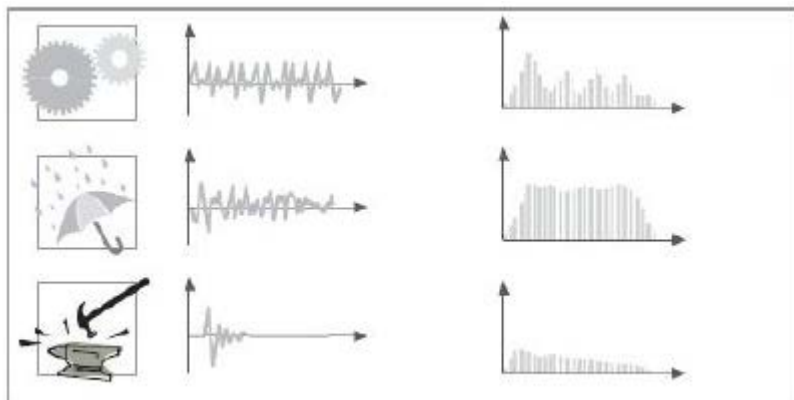
Ruido continuo o estacionario es aquel en el que los niveles de presión acústica y el espectro de frecuencias varían en función del tiempo lentamente sobre pequeños márgenes. Este tipo de ruidos suelen ser originados por máquinas con cargas estables, tales como motores eléctricos o bombas de agua.

Ruido fluctuante es aquel en el que los niveles de presión acústica varían (sube o baja) de forma aleatoria en función del tiempo sobre un margen más o menos grande como sucede con el ruido producido por el tráfico.

Ruido impulsivo es aquel en el que se produce un aumento brusco y de corta duración en el nivel de presión acústica, como el ruido producido por un golpe de un martillo.

En la siguiente figura se puede observar la representación gráfica de los niveles sonoros de un ruido estacionario, fluctuante e impulsivo respectivamente:

Figura 8. Niveles sonoros de un ruido estacionario



FUENTE: www.acusticafacil.com

En cuanto a la frecuencia, el ruido puede ser blanco o rosa.

Ruido Blanco es aquel que tiene la misma energía en todas las frecuencias.

Se utiliza en acústica como señal de referencia para medir determinadas características de sistemas acústicos. Los analizadores de espectro FFT (Transformada rápida de Fourier) no utilizan descomposición espectral mediante bancos de filtros de octava o tercio de octava, sino que calculan el espectro de la señal que se desea estudiar realizando la DFT (Transformada discreta de Fourier).

Ruido Rosa es aquel que tiene la misma energía en todas las octavas y el nivel de energía desciende a 3 dB/octava. Se utiliza como señal de referencia para la realización de todas las medidas acústicas en las que se debe realizar una descomposición de la señal en bandas de octava o fracción de octava: medidas de aislamiento acústico, potencia sonora, absorción acústica, realización de ecualización de salas, etc. Es un sonido parecido al que se oye cuando no se sintoniza ninguna emisora en la radio.

2.3 INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA

La Acústica es la ciencia que estudia la producción, transmisión y percepción del sonido tanto en el intervalo de la audición humana como en las frecuencias ultrasónicas e infrasónicas.

Dada la variedad de situaciones donde el sonido es de gran importancia, son muchas las áreas de interés para su estudio: voz, música, grabación y reproducción de sonido, telefonía, refuerzo acústico, audiología, acústica arquitectónica, control de ruido, acústica submarina.

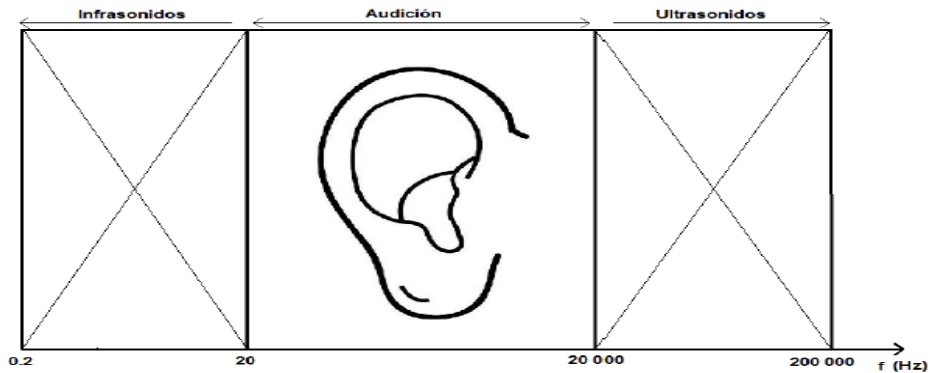
2.4 EL SONIDO

Es cualquier fenómeno que involucre la propagación en forma de ondas elásticas (sean audibles o no), generalmente a través de un fluido (u otro medio elástico) que esté generando el movimiento vibratorio de un cuerpo.

El sonido humanamente audible consiste en ondas sonoras que se producen cuando las oscilaciones de la presión del aire, son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro. La propagación del sonido es similar en los fluidos, donde el sonido toma la forma de fluctuaciones de presión. En los cuerpos sólidos la propagación del sonido involucra variaciones del estado tensional del medio.

En la siguiente Figura se muestra el rango audible en Hz:

Figura 9. Rango de audición en [Hz]



FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

Para el análisis del sonido se suele dividir el rango de frecuencias audibles en bandas de diferentes anchuras (octava, tercios de octava...). Una octava es un intervalo de frecuencia (de f_1 a f_2) en el que la máxima frecuencia del intervalo es dos veces la mínima ($f_2=2 f_1$). Cuando en octavas no se aporta suficiente información, se divide cada octava en tres partes y se obtienen los 1/3 de octava. En la siguiente gráfica se muestra un ejemplo de la diferencia entre bandas de octava y tercio de octava:

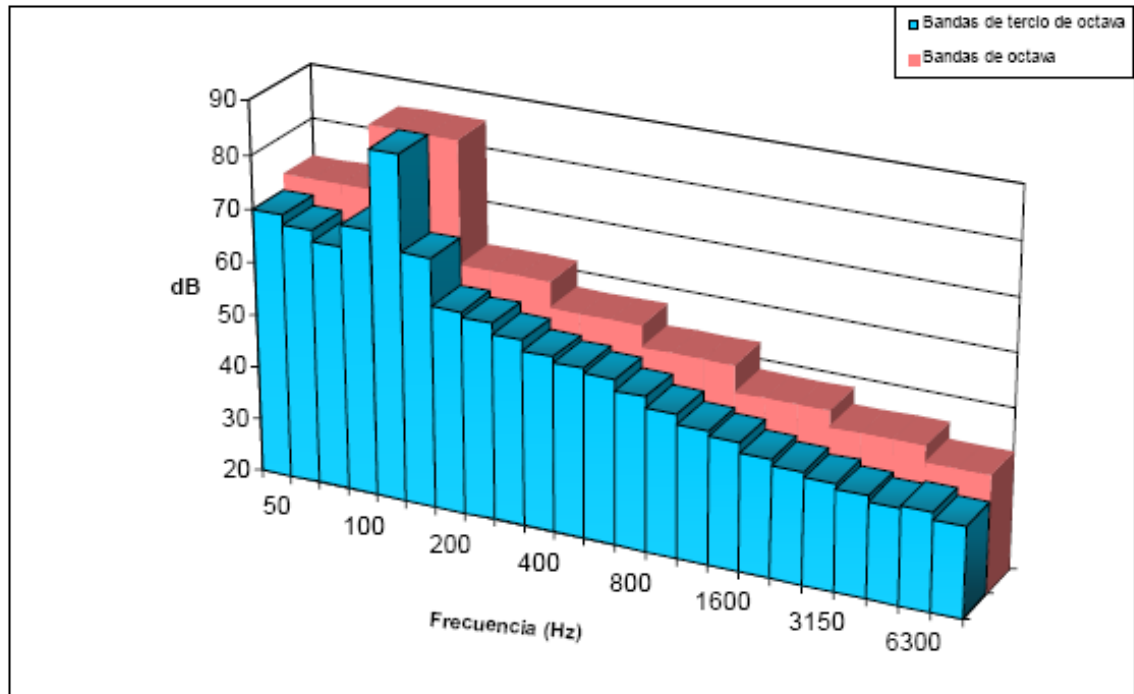
Tabla 2. Octavas en Hz

OCTAVAS en Hz	1/3 OCTAVAS en Hz	OCTAVAS en Hz	1/3 OCTAVAS en Hz
31,5	25	1000	800
	31,5		1000
	40		1250
63	50	2000	1600
	63		2000
	80		2500
	100		3150
125	125	4000	4000
	160		5000
	200		6300
	250		8000
250	315	8000	10000
	400		12500
	500		16000
	630		20000

FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

A continuación se puede ver el espectro de bandas:

Figura 10. Espectro en bandas de octava y tercio de octava.



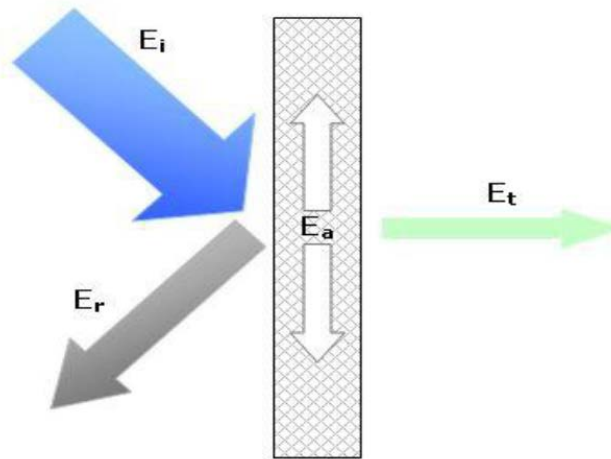
FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

2.4.1 Propagación del sonido:

Inicialmente el sonido emitido por una fuente se propaga hasta que choca con las paredes límite y otros objetos que obstaculizan su camino. Como consecuencia se producen los siguientes fenómenos: reflexión, absorción y transmisión.

En la Figura podemos observar como la energía inicial (E_i) choca con un obstáculo y se divide en tres energías, energía reflejada (E_r), energía absorbida (E_a) y energía transmitida (E_t).

Figura 11. Propagación del sonido



$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

Reflexión:

Se produce cuando la onda acústica choca con el material, parte de ella rebota y se refleja cambiando la dirección de propagación, esto se produce cuando la superficie es dura y lisa. Por ejemplo: ladrillos, vidrio, hormigón, etc.

Absorción:

Consiste en la disminución de la energía sonora, al ser absorbida por el medio que atraviesa. Dicha variación de energía dependerá de la intensidad de la onda sonora, de la distancia recorrida y de las características del medio. Así, tendremos la absorción debida al aire, a los materiales usados en las paredes y en los objetos presentes en el recinto, y a las personas que se encuentren dentro de la sala.

Transmisión:

Se produce cuando la energía incidente traspasa el obstáculo, y se propaga en otro medio.

Presión sonora:

Cuando se propaga una onda sonora en un medio elástico como el aire, se crea una variación de presión sobre la presión ambiental existente, (Se expresa en Pa). El nivel de presión sonora (L_p ó SPL, Sound Pressure Level) se utiliza para expresar la presión sonora en decibelios, se determina mediante la siguiente expresión:

$$LP = 20 \log (P/Pref) (dB)$$

Siendo, P la presión recibida y P_{ref} la presión de referencia asociada al umbral de audición ($2 \cdot 10^{-5} Pa$).

Intensidad sonora:

La intensidad acústica (I) se define como la cantidad de energía sonora transmitida en una dirección determinada por unidad de área. Permite determinar la cantidad de energía sonora que radia una fuente dentro de un ambiente ruidoso, (Se expresa en W/m^2).

El nivel de intensidad sonora es la intensidad acústica expresada en decibelios, se determina mediante la siguiente expresión:

$$LI = 10 \log (I/Iref) (dB)$$

Siendo, I la intensidad recibida y I_{ref} la Intensidad de referencia asociada al umbral de audición ($10^{-12} \text{ wat}/m^2$).

Potencia sonora:

La potencia acústica (W) es la cantidad de energía radiada por una fuente determinada, (Se expresa en vatios).

La potencia acústica de un foco sonoro es constante y no depende del lugar donde se halle, solo depende de las características de la fuente. En cambio, la intensidad y la presión varían de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

El nivel de potencia acústica es la potencia acústica expresada en decibelios, se determina mediante la expresión:

$$LW = 10 \log (W/W_{ref}) \text{ (dB)}$$

Siendo, W la potencia recibida W_{ref} la Potencia de referencia asociada al umbral de audición (10–12).

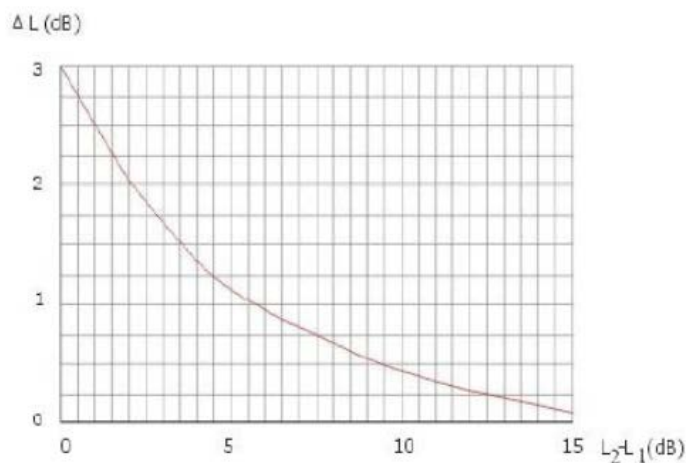
Suma de niveles sonoros:

Al sumar varios niveles de presión, no se puede realizar de forma aritmética, se usa la siguiente expresión:

$$L_{Total} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

También existe un método gráfico que permite sumar niveles sonoros de dos en dos, primero se halla la diferencia entre ambos, y este valor se introduce en el eje de las abscisas la Figura 12. El valor donde se cruza con la curva es el incremento de dB que hay que sumar al valor más alto.

Figura 12. Suma de niveles Sonoros



FUENTE: www.acusticafacil.com

2.4.2 Ley de ponderación A.

Una medida ponderada A representa cómo oirá el oído humano una señal sin ponderar de niveles cercanos al umbral de audición. En general es el método más usado que ajusta las mediciones para que coincidan con el umbral de sensibilidad del oído humano, ya que la sensibilidad no es la misma para todas las frecuencias. La siguiente Tabla muestra los valores que hay que añadir a una medida en dB para obtener el correspondiente valor en decibelios A dBa.

Figura 13. Ponderación en A

F (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Ley A	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,0

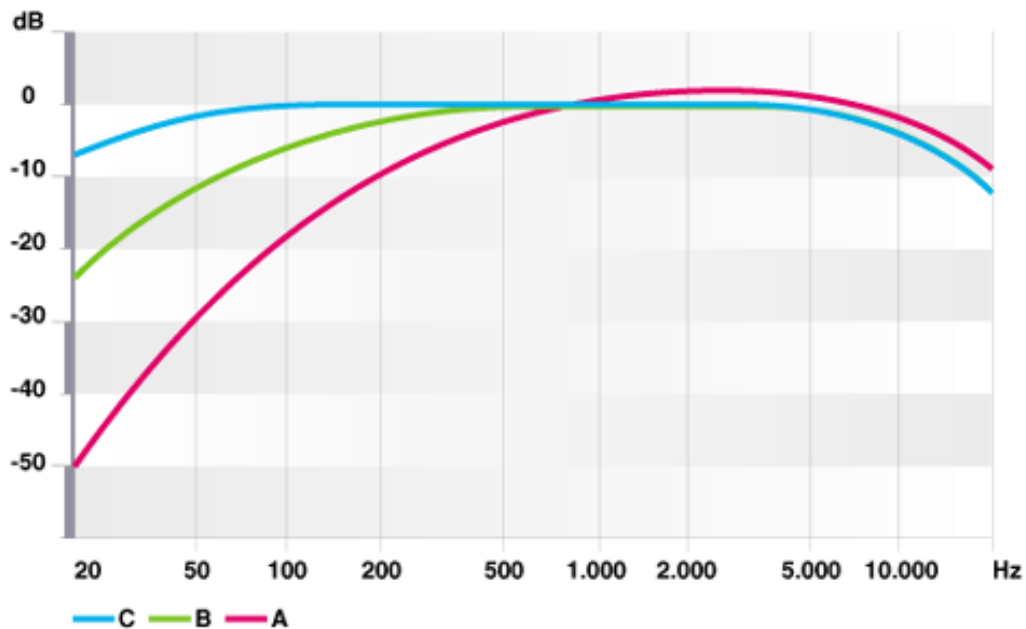
F (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ley A	-0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5

FUENTE: www.acusticafacil.com

También existen ponderación en „B” y en „C”, la „B” es la menos utilizada, se usa para sonidos moderados, es similar a la curva A excepto en bajas frecuencias, mientras la ponderación C se planteó para la evaluación de ruidos de alto nivel, es similar a la B en agudos y apenas aporta atenuación de las frecuencias graves.

A continuación se pueden ver las curvas de ponderación que establece la corrección:

Figura 14. Curvas de Ponderación



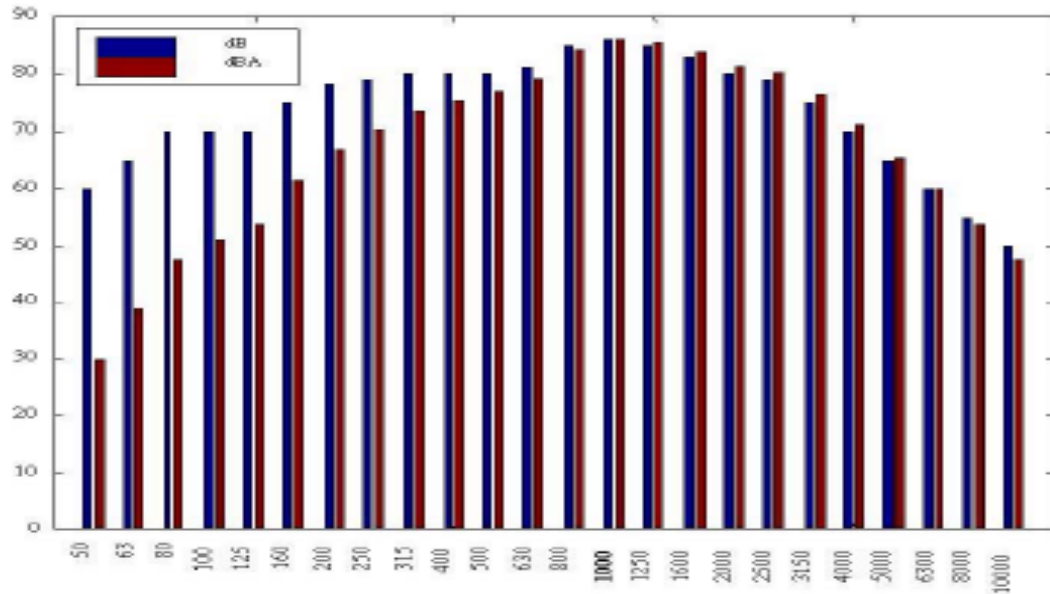
FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

Por ejemplo si en una frecuencia de 100 Hz hemos medido 80 dB, al ponderarlo pasarán a ser 60,9 dBA, esto quiere decir que un nivel de presión sonora de 80 dB en una frecuencia de 100 Hz es oído por nuestro sistema de audición como si realmente tuviese 60,6 dBA y no 80 dB.

La resolución 067 de abril 7 del 2006, especifica que los niveles de ruido deberán medirse en dBA. Es decir, en el sonómetro se debe seleccionar esta ponderación y como resultado la medida vendrá expresada en dBA.

Para describir el efecto de la ponderación con la Ley A, se incluye a continuación la Figura 15 que permite comparar una medida realizada en dB y en dBA:

Figura 15. Niveles Comparativos db y dbA



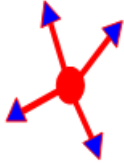
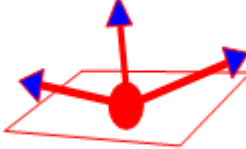
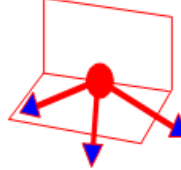
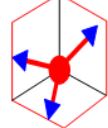
FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

Se puede observar claramente que en bajas frecuencias los valores ponderados en A (rojos) son sensiblemente inferiores a los valores sin ponderar (azules).

2.4.3 Factor de directividad:

Es la medida del grado en el que la energía sonora se concentra en una determinada dirección del espacio y se expresa por Q, como podemos ver a continuación en la tabla.

Tabla 3. Factor de directividad

<p>Si la fuente sonora está suspendida en el espacio abierto, radia su energía en todas las direcciones Q=1.</p>	
<p>Si está sobre un plano, todo el ruido se radia a través de una semiesfera Q=2.</p>	
<p>Si está en dos planos, por ejemplo en el suelo y apoyada a una pared, radia un cuarto Q=4.</p>	
<p>Si está en tres planos, radia un octavo Q=8.</p>	

FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de <http://www.uva.es/>

2.4.4 Emisión sonora de los focos sonoros.

Los focos sonoros de la actividad (maquinaria por ejemplo) emiten ruido, pero no tienen que pasar el límite permitido, para ello se calcula el nivel de presión acústica a una distancia, usando la siguiente expresión:

$$L_p = L_w - 10 (4\pi r^2/Q)$$

Donde:

r es la distancia de la máquina al micrófono

Q es el factor de directividad,

2.5 ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

Estudio del control del sonido, tanto del aislamiento entre recintos habitables (casas, cuartos o habitaciones), como del acondicionamiento acústico de locales (salas de conciertos, teatros, etc.), amortiguándolo mediante materiales blandos, o reflejándolo con materiales duros para que la construcción o la estructura del lugar permita el máximo aprovechamiento del sonido o bien hacer que el sonido disminuya y no traspase los muros o paredes.

2.5.1 Aislamiento acústico.

El aislamiento acústico se define como la protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Se trata de reducir el ruido, tanto aéreo (conductos de ventilación, aberturas y grietas en paredes...) como estructural (Vibraciones de maquinaria, Transmisión de impactos sonoros...), que llega al receptor a través del obstáculo.

Un buen aislamiento acústico pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la acústica del local emisor. Los materiales adecuados para el aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de la energía de la onda incidente.

El aislamiento acústico a ruido aéreo está definido como la diferencia de niveles estandarizada ponderada A, D_n , que es un índice que evalúa el aislamiento a ruido aéreo entre recintos, el índice sin ponderar viene dado por la siguiente expresión:

$$D_{nT} = D + 10 (T/T_0) = L_1 - L_2 + 10 (T/T_0) \text{ (dB)}$$

Siendo

D es la diferencia de niveles en dB.

L1 es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

L2 es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

T es el tiempo de reverberación.

T0 es el tiempo de reverberación de referencia, T0=0,5 seg.

El aislamiento exigido en la norma básica NBE CA 88 correspondía con el valor obtenido en laboratorio de los elementos constructivos; para ruido aéreo se trataba del índice de reducción acústica ponderado A, .

El índice de reducción sin ponderar viene dado por:

$$R = L1 - L2 + 10 (S/A) \text{ dB}$$

Siendo:

S es el área del elemento en ensayo.

A es el área de absorción sonora equivalente de local de recepción.

2.5.2 Acondicionamiento acústico.

El acondicionamiento acústico de un local consiste en controlar la energía sonora reflejada en las paredes del mismo para reducir la reverberación, mejorar las cualidades de escucha, y en general, disminuir el nivel sonoro medio global del local.

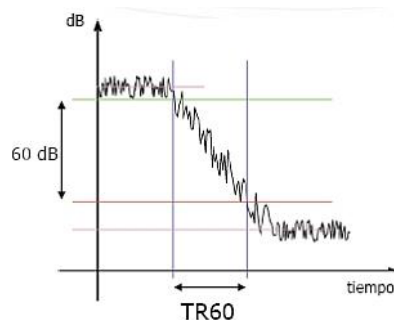
Esto se consigue tratando las superficies interiores del recinto con materiales que permitan una difusión adecuada de la energía acústica en el interior del mismo.

Cada local tiene unas características acústicas diferentes y particulares. Una de estas características es el tiempo de reverberación. En el momento que cortamos la fuente sonora, no desaparecerá de inmediato la intensidad sonora, sino que continuarán llegando ondas reflejadas, durante un cierto tiempo, este tiempo es lo que se define por tiempo de reverberación (T ó TR), y es el tiempo que tarda en caer 60 dB a partir del cese de la emisión de la fuente sonora, por eso también se puede expresar con T60 ó TR60.

2.5.3 Tiempo de reverberación.

Cada local tiene unas características acústicas diferentes y particulares, una de estas características es el tiempo de reverberación. En el momento que se corta la fuente sonora, no desaparecerá de inmediato la intensidad sonora sino que continuarán llegando ondas reflejadas, durante un cierto tiempo, este tiempo, es lo que se define por tiempo de reverberación (T ó TR), y es el tiempo que tarda en caer el nivel de presión 60 dB a partir del cese de la emisión de la fuente sonora, por eso también se puede expresar con T60 ó TR60. Para reducir el tiempo de reverberación de un recinto se usan materiales absorbentes, por ejemplo un techo absorbente, en la Figura 16 se presenta el tiempo de reverberación de forma gráfica:

Figura 16. Tiempo de Reverberación



FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

El TR depende del tamaño del recinto y de la absorción de éste. Se calcula mediante la ecuación de Sabine:

$$TR = 0,161. (V/A) = 0,161.V/ (\alpha. S)$$

Donde:

V es el volumen (m³).

A es la absorción acústica (m²).

α es el coeficiente de absorción.

S es el área total del recinto (m²).

2.6 PROBLEMÁTICA DEL AISLAMIENTO

En este apartado vamos a ver los problemas y soluciones del aislamiento.

2.6.1 Vías de transmisión:

El sonido que penetra en un recinto puede hacerlo por medio de diferentes caminos, los cuales se pueden dividir en dos grupos dependiendo de la naturaleza de la transmisión:

Vía aérea: En este tipo de transmisión, el sonido se propaga transversalmente a la partición (pared, fachada o forjado), sin que exista propagación longitudinal a través de la estructura. El medio aéreo en el que se origina el ruido pone en vibración al elemento separador y éste a su vez radia la energía acústica adquirida al medio aéreo receptor. Incluye las transmisiones por grieta o poros en las paredes, conductos de ventilación o por medio de vibraciones elásticas de la pared de separación entre los recintos emisor y receptor.

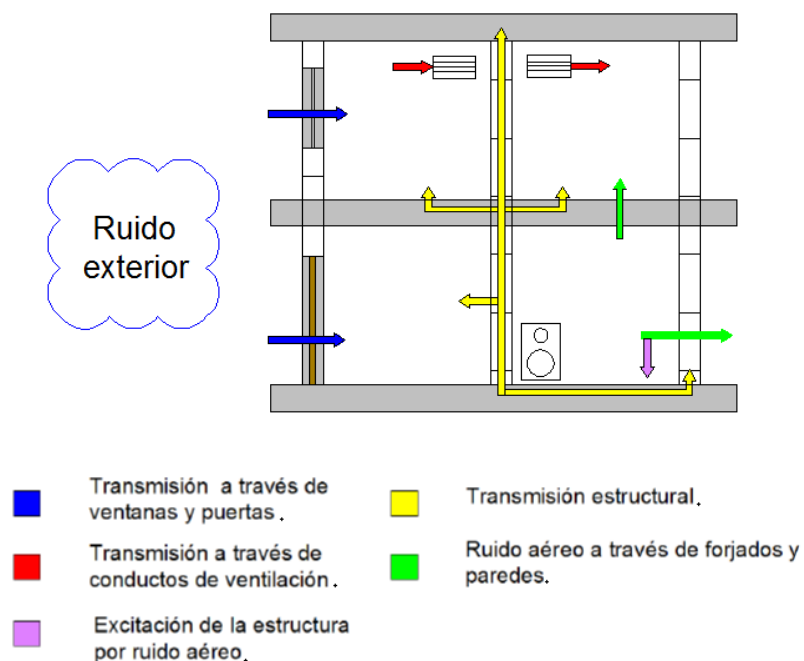
Vía estructural: En este grupo podemos distinguir:

La transmisión por ruido de impacto, que ocurre cuando se produce una percusión directa de la estructura, por golpe o roce, convirtiéndose ésta en transmisor de sonido.

La transmisión por flancos, consiste en vibraciones longitudinales elásticas de paredes no adyacentes y radiadas al recinto receptor por las paredes laterales al propagarse por el espesor de éstas. Cualquier sonido originado por el medio aéreo puede provocar vibraciones en la estructura que pueden ser transmitidas a otros recintos no adyacentes al emisor, siendo éste uno de los problemas más difíciles de controlar.

La Figura 17 muestra las distintas vías por las que se puede propagar el sonido en un edificio:

Figura 17. Vías de transmisión de Ruido



FUENTE: Manual de acústica Universidad de Valladolid obtenido de: <http://www.uva.es/>

La vía aérea (flechas verdes), supone el paso directo a través de la partición, como se ha comentado anteriormente.

Las vías representadas en color amarillo indican la transmisión estructural producida por la excitación directa del forjado o una pared divisoria (altavoces directamente apoyados en el suelo o en contacto rígido con una pared).

La Transmisión por flancos se ha presentado por una flecha de color morado, indica que el campo acústico puede poner en vibración a la estructura, realizando la propagación hacia todo el edificio de forma estructural.

El resto de las vías indicadas reflejan problemas que suelen presentarse por falta de previsión:

Transmisión a través de puertas y ventanas (color azul), por desajuste en el cierre o por haber colocado un elemento poco aislante acústicamente. Esta transmisión se realiza vía aérea. Aunque se haya elegido una fachada muy aislante acústicamente, en una partición mixta (muro o fachada con puertas o ventanas) el aislamiento resultante va a venir determinado por el elemento más débil, y no suele superar en 10 dB el valor de este elemento, por ejemplo: si sobre un muro que podría aislar 45 dB se coloca una ventana cuyo aislamiento sea del orden de 25 dB, el aislamiento resultante será a lo sumo de 35 dB.

Transmisión a través de conductos de ventilación (color rojo), muchas veces se interconectan recintos directamente a través de los conductos de ventilación. El sonido a través de estos conductos se propaga con muy poca atenuación. Es muy habitual que en edificios se degrade el aislamiento entre viviendas debido al diseño de los conductos de ventilación de los cuartos de baño.

Transmisión por puentes acústicos. Ocurre cuando se conecta rígidamente las dos hojas de una pared doble. Puede ocurrir por descuido o por un paso de cables o tuberías incorrecto. Un paso de cables perforando el muro, sin cuidado supone una degradación apreciable del aislamiento en alta frecuencia.

Es muy importante en cada caso realizar una evaluación global de todas las posibles vías de transmisión. En apartados posteriores se comentará como detectar alguno de los problemas a partir de las curvas de aislamiento obtenidas de las medidas.

2.7 CONCEPTOS TÉRMICOS

El aislamiento térmico influye directamente sobre el control del ambiente de la sala de pruebas del motor, protegiéndolo contra condiciones exteriores adversas, permitiendo que en interior de la sala se produzcan condiciones más favorables y controlables, así mismo el aislamiento térmico permite controlar fácilmente la temperatura dentro de la sala de control, y de esta manera llegar al confort térmico.

2.8 CONFORT TÉRMICO

Se entiende por confort térmico la condición en la que las personas se sienten cómodas, es decir, en equilibrio con el ambiente térmico que les rodea. Esta condición depende de la temperatura del aire, de la temperatura de los muros del recinto habitado, de la velocidad del aire y de su humedad. Asimismo influye la vestimenta, la actividad física que se desarrolle, la alimentación, la edad, y hasta factores subjetivos como el color y tipo de decoración, entre otros.

El organismo humano tiene un sistema termorregulador que mantiene su temperatura en 37°C. Para ello su metabolismo (producto de los alimentos que se ingieren) genera energía en cantidad tal que hace frente a las pérdidas térmicas del cuerpo más la energía gastada en actividad física. Si esas pérdidas se salen

de cierto rango hacen que el organismo se sienta cada vez más incómodo, cuanto más distante esté del equilibrio térmico. Si la temperatura ambiente sube demasiado (climas tropicales) el organismo transpira. La evaporación del sudor “roba calor” a la piel, equilibrando la situación. Por el contrario, si la sensación de temperatura es baja (climas fríos), el organismo tiene que gastar más energía interna. Pero este mecanismo es relativamente más lento que la transpiración y más costoso para la biología del organismo.

Figura 18. Variables Confort Térmico



FUENTE: <http://www.jmcpri.net/cursob02-2/>

El calor que recibe el cuerpo desde el exterior tiene dos orígenes: temperatura del aire circundante y temperatura radiante de los muros y objetos que nos rodean. Finalmente la sensación térmica se ve afectada por la humedad del aire (mejor dicho por su sequedad) y por el movimiento del aire alrededor del cuerpo. Este último factor es influenciado por la vestimenta que dificulta las pérdidas por convección y radiación. Por eso en verano se prefieren ropas livianas y en invierno gruesas. En resumen, la sensación térmica, llamada comúnmente temperatura de confort, depende de 4 factores bien definidos: temperatura del aire, temperatura

de radiación de los elementos circundantes, humedad del aire y velocidad del mismo. De estos factores el único que no depende del aire es la temperatura de radiación, en la Figura 18 podemos ver las variables de confort térmico.

Variaciones de la velocidad del aire y de la humedad relativa hacen cambiar la temperatura de confort, de modo que se produce una “sensación térmica” distinta. El movimiento del aire influye porque activa la evaporación del sudor de la piel con lo cual esta se enfría, dando la impresión que la temperatura ambiente es menor. En cambio, la humedad del aire influye inversamente, porque a mayor humedad hay más dificultad para evaporar ese sudor, con lo cual la sensación térmica sube.

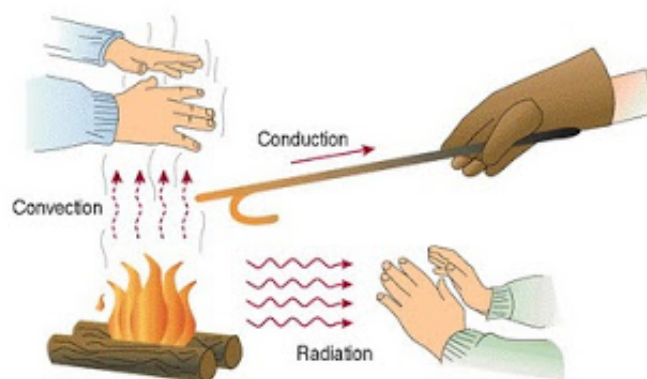
2.9 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES

En la naturaleza tenemos tres diferentes mecanismos de transferencia de calor:

- Por conducción.
- Por convección.
- Por radiación.

En la Figura 19 podemos ver los diferentes mecanismos de transferencia.

Figura 19. Transferencia de Calor



FUENTE: Transferencia de calor y masa, Yunus A. Cengel, Tercera edición, Mc Graw Hill

Al realizar el aislamiento térmico es necesario tener en cuenta el más crítico, si nuestra solución es ubicar aislamiento en las paredes, el principal método de transferencia que se ataca es la conducción, para el cálculo de la pérdida de calor por conducción es necesario tener la conductividad térmica del material. La conductividad térmica de un material es la resistencia de dicho material al paso del calor. Se define como la cantidad de calor que un material transmite en condiciones unitarias de espesor, superficie, tiempo y diferencia de temperatura entre las superficies que intercambian calor.

2.10 MATERIALES AISLANTES

Como hemos dicho una característica importante de los materiales es la conductividad térmica, la cual representa la resistencia que posee dicho material al paso del calor, ahora se puede considerar como aislante térmico cualquier material que posea un bajo coeficiente de conductividad térmica, es decir, aquellos materiales que se oponen en mayor medida al flujo de calor. Un ejemplo importante es el aire en reposo, posee una conductividad térmica muy baja ($K = 0,02 \frac{W}{m \cdot K}$), de esta manera tenemos un buen material aislante que se encuentra prácticamente en todas partes, de esta manera podemos decir que los mejores aislantes son aquellos capaces de retener aire, es decir, materiales que en su proceso de fabricación mantienen aire en su interior.

2.11 VENTAJAS DEL AHORRO ENERGÉTICO

Los gastos de calefacción y refrigeración pueden disminuirse apreciablemente si se atacan las fugas de calor a través de muros y techos, siempre que se aisle adecuadamente su envolvente, lo que se consigue por medio de materiales aislantes térmicos. Estos aislantes, si son adecuadamente diseñados, cumplen varias funciones, como son:

- ◆ Frenan las fugas de calor ayudando a ahorrar energía y mantener la temperatura.
- ◆ Evitan, por la misma razón anterior, que se produzca condensación en los muros previniendo sus efectos nocivos para el edificio y para la higiene ambiental.
- ◆ Eliminan los puentes térmicos, formados por estructuras más o menos conductoras (caso de perfiles metálicos, vigas, pilares u otros) en muros envolventes y en techos.
- ◆ Ayudan a mantener un mejor equilibrio hidrotérmico con el ambiente, mejorando los niveles de salud, al disminuir la ocurrencia de enfermedades.
- ◆ Disminuyen el gasto de energéticos en viviendas.

3 NORMATIVA APLICADA

A continuación se describe la normativa que fue aplicada y se tuvo en consideración durante el desarrollo del proyecto.

UNE-EN 12354 acústica de la edificación.

Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos.

ISO 140: Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.

Parte 4: Medida "in situ" del aislamiento acústico al ruido aéreo entre locales.

Parte 5: Medida "in situ" del aislamiento acústico.

Parte 7: Medida "in situ" del aislamiento acústico al ruido de impacto.

ISO 717 Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements

Part 1: Airborne sound insulation.

Part 2: Impact sound insulation.

ISO 1585: Vehículos de carretera - código de prueba de motores - Potencia Neta

Esta norma internacional especifica un método para probar los motores diseñados para los vehículos automotores. Se aplica para la evaluación de su rendimiento con el fin particular de obtener las curvas de potencia y consumo de combustible a plena carga como una función de la velocidad del motor.

ISO 12241 Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales.

Esta norma internacional especifica un método para probar los motores diseñados para los vehículos automotores. Se aplica para la evaluación de su rendimiento con el fin de, en particular, a la presentación de las curvas de potencia y combustible específica el consumo a plena carga como una función de la velocidad del motor.

ISO 1182:2010 Reaction to fire tests for products - Non-combustibility test

Especifica un método de ensayo para determinar el rendimiento de incombustibilidad, bajo condiciones específicas, de productos homogéneos y componentes esenciales de productos no homogéneos

ISO 834-12:2012 Fire resistance tests -- Elements of building construction -- Part 12: Specific requirements for separating elements evaluated on less than full scale furnaces

Especifica los procedimientos que deben seguirse para la determinación de la resistencia al fuego que soporta los elementos cuando se exponen fuego en una cara con un tamaño de la muestra menor. Esta afectación se encuentra particularmente en las pruebas de elementos de aplicaciones de transporte puesto que las dimensiones de uso final de los productos de barrera son a menudo más pequeñas que las indicadas en otras partes de la norma ISO 834.

4 MATERIALES

A continuación se describen los materiales utilizados en el aislamiento térmico y acústico del laboratorio, estos datos son obtenidos de los catálogos proporcionados por el fabricante.

4.1 PLACA TÉRMICA LANA DE ROCA

Bloques aislantes preformados, planos y rígidos de lana mineral de roca aglutinados con resina sintética. Tiene gran resistencia mecánica y no se desmorona cuando está sometido a vibraciones es de fácil aplicación y uso; puede ser cortado, sin perder sus propiedades térmicas y acústicas. La placa térmica es incombustible, no corrosiva, no desprende ni retiene olores, no es hábitat apto para bacterias ni hongos, es 100% libre de asbesto, no suelta fibras ni polvos en presencia de corrientes de aire, es de alta densidad e indicada para trabajar en superficies hasta 650°C, como se puede apreciar en la Figura 20.

Aplicaciones

- Para el aislamiento térmico de hornos, calderas, secadores, tanques, torres, calentadores de agua. Estufas, precipitadores, ductos calientes, entre otros.
- La placa térmica con barrera de vapor es utilizada para el aislamiento térmico de refrigeradores, enfriadores entre otros.
- Para el aislamiento acústico de salas, auditorios, pabellones, restaurantes, salas de máquinas y la industria en general.
- Una pulgada puede absorber 15% de incidencia del sonido a 125 ciclos por segundo y absorber un 75% a 2000 ciclos por segundo.

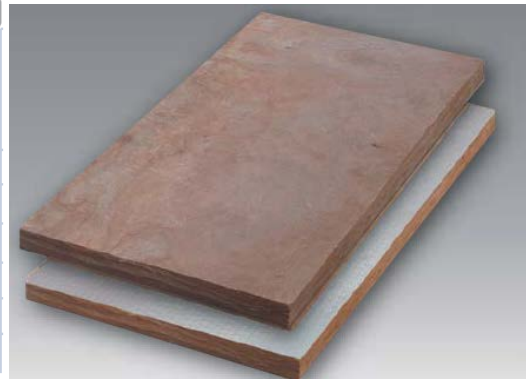
Ventajas

- Por su densidad posee un bajo factor K ($0,036 \frac{W}{m \cdot K}$) reduciendo drásticamente las pérdidas de calor.
- No pierden sus propiedades físicas cuando están sometidas a intenso calor,

- se adaptan perfectamente a las tuberías sin dejar ningún escape de calor.
- No se descompone, no se encoge, no se estira, tampoco se rompe cuando están sometidas a trabajo intenso y continuo.
- No se desintegran, ni pierden su forma en líneas expuestas a vibraciones.
- Son fáciles de instalar, se pueden cortar sin perder sus propiedades.
- Son totalmente incombustibles, no emanan gases ni humos tóxicos.
- Son inerte, no son habitad de hongos, bacterias y bichos.

Figura 20. Placa térmica de lana de roca

Especificaciones Técnicas	
Densidad	40 kg/m ³ 60 kg/m ³ 80 kg/m ³ 100 kg/m ³ 144 kg/m ³
Dimensiones	0,61 m x 1,22 m
Espesor	1" a 4" con incrementos de 1/2"
Temperatura de operación	hasta 650°C
Conductividad térmica	0,23 BTU. Plg/pie ² .hr.°F a >100 °F
Norma	ASTM C-612-00 type IVB
Acabado	Con o sin revestimiento en aluminio



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

4.2 CAÑUELAS AISLANTES

Las cañuelas de lana mineral de roca consisten en aislamientos térmicos normalizados para tubería estándar de diversos diámetros nominales, en dos canaletas o conchas que se ajustan a lo largo del tubo y que se moldean en forma cilíndrica. Son fabricadas con lana de roca aglutinada con resina.

Tienen gran resistencia mecánica. Se ajustan perfectamente al tubo sin dejar la más mínima ranura o escape de calor. Por su alta densidad (12 lb / pie³) evita el paso de calor con mucha eficiencia y proporciona una excelente durabilidad, ya que no pierde peso al estar sometida continuamente a temperaturas hasta de 800 °F.

Las cañuelas de lana mineral de roca son totalmente incombustibles y 100% libres de asbesto. Por su composición química, las cañuelas de lana mineral de roca son químicamente neutras, no causan ni promueven la corrosión, la ficha técnica la podemos ver en la Figura 21.

Aplicaciones

- Material diseñado para el aislamiento térmico de tuberías en líneas de servicio que operan a altas temperaturas en régimen continuo.
- Para uso en tuberías frías debe ser provisto con una barrera de vapor para evitar condensación.
- Aptas para tuberías expuestas a la intemperie siempre y cuando sean protegidas del agua.

Ventajas

- Por su densidad posee un bajo factor K ($0,036 \frac{W}{m \cdot K}$) reduciendo drásticamente las pérdidas de calor.
- No pierden sus propiedades físicas cuando están sometidas a intenso calor, se adaptan perfectamente a las tuberías sin dejar ningún escape de calor.
- No se descompone, no se encoge, no se estira, tampoco se rompe cuando están sometidas a trabajo intenso y continuo.
- No se desintegran, ni pierden su forma en líneas expuestas a vibraciones.
- Son fáciles de instalar, se pueden cortar sin perder sus propiedades.
- Son totalmente incombustibles, no emanan gases ni humos tóxicos.
- Son inerte, no son habitad de hongos, bacterias y bichos.

Figura 21. Cañuelas aislantes

Especificaciones Técnicas		
Unidad	Cañuelas con foil y sin foil de aluminio	
Densidad	8 lb/pie ³ (128 Kg/m ³)	
Dimensiones	Longitud	0.91 m
	Espesor	1", 1½", 2", 2½", 3" y 4"
Conductividad térmica	0.25 BTU. plg /hr.pie ² °F a Tm 100 °F	
Diámetro nominal de la tubería	De 1/2" a 12"	
Norma	ASTM C- 547-03 type II	
Temperatura de operación	Hasta 650 °C	
Empaque	Caja de cartón	



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

4.3 ACUSTIPISO

Listones y láminas rígidas de alta densidad y planimetría que le confieren una excelente estabilidad dimensional y resistencia para soportar cargas (Resiste cargas superiores a 1.3 Kg/cm²) sin perder sus propiedades mecánicas y acústicas, es instalado como soporte de losas flotantes para eliminar puentes acústicos entre estructuras, reducir el nivel de ruido de impacto y aéreo (Transmisión estructural) entre pisos y losas, en la Figura 20 podemos ver su comportamiento a diferentes frecuencias.

- El Acustipiso ha sido diseñado para aplicarse como material de aislamiento Termo acústico y protección contra el fuego entre pisos y entarimados para mejorar el ruido de impacto en construcciones residenciales o comerciales.
- Puede aplicarse como base de encofrados proporcionando aislamiento térmico y atenuación acústica en sótanos y garajes.

Ventajas

- Resistencia a la compresión superior a 3.2 kg/cm².
- Alta resistencia mecánica, estabilidad estructural, pueden estar sometidas a vibraciones y carga, no se deforman, no se rompen, no se desmoronan ni se escurren.
- Inorgánicas, inmunes al ataque de hongos, bacterias, roedores o insectos, no despiden ni absorben olores.
- 100% libres de asbesto.
- Fácil manipulación y uso, pueden ser cortados y taladrados fácilmente.
- Clasificado como incombustible, no propaga llama ni humos tóxicos.

Figura 22. Placa acustipiso



f	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
ΔL_n	1,4	8,7	22,2	37,6	54,2	62,2	dB

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

4.4 LAMINA VISCOELASTICA

Lamina viscoelástica de alta densidad especialmente diseñada para la mejora del aislamiento acústico, en la Figura 23 podemos ver sus propiedades.

Excelente barrer contra la transmisión del ruido gracias a:

- Elevada densidad.
- Alto factor de pérdidas.
- Bajo módulo de elasticidad.

Figura 23. Lamina Viscoelastica



	ViscoLAM®35	ViscoLAM®65	ViscoLAM®100
ESPESOR (mm)	2	4	7
PESO MEDIO (kg/m ³)	3,5	6,5	10
AISLAMIENTO ACÚSTICO (R _w ;dB)	65*	67**	69*
DIMENSIONES (m)	10 x 1	5,5 x 1	1,2 x 1
m ² / PALET	270	137,5	90

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

5 DESARROLLO DEL PROYECTO.

En esta sección se muestra el desarrollo del proceso de aislamiento acústico y térmico, con el propósito de mostrar que las soluciones tomadas para aislar acústicamente y térmicamente el laboratorio del centro de investigación de motores cumplen con las normas vigentes.

5.1 PLAN DE DESARROLLO

El análisis y elección de aislamiento acústico se realizará en 5 fases:

Fase 1: Se identifican las condiciones y el sitio en las que operará el laboratorio, para esto es necesario.

- Identificación de las actividades a realizar en el laboratorio.
- Horarios y duración de las pruebas que se realizarán en el laboratorio.
- Descripción del laboratorio y salas circundantes.
- Descripción de las fuentes de ruido.
- Descripción del sistema de escape.

Fase 2: Identificación de los niveles de ruido y características del sonido proveniente de los bancos de prueba.

Como no es posible realizar una medición de prueba para identificar el aislamiento actual del laboratorio, es necesario obtener estos datos de laboratorios de motores ya existentes.

Fase 3: Identificación de los posibles medios de transmisión del ruido, y de las soluciones disponibles.

Identificación de los posibles medios de transmisión de calor y de las soluciones disponibles.

Fase 4: Selección de alternativas, Cálculo del aislamiento y elección de materiales. Una vez teniendo en cuenta todos los aspectos involucrados, es posible seleccionar los materiales óptimos para aislar el laboratorio de pruebas.

5.2 REALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO

A continuación se muestra el plan de desarrollo de acuerdo a sus respectivas fases.

5.3 FASE 1

5.3.1 Identificación de las actividades a realizar en el laboratorio.

El laboratorio se construirá con el objetivo de llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo e innovación correspondientes al desarrollo de motores de 2 tiempos, y será el lugar donde se llevaran a cabo las practicas correspondientes a la asignatura de máquinas térmicas alternativas, entre las cuales tenemos la realización pruebas a diferentes motores donde se obtendrán las curvas características a diferentes condiciones y regímenes, y la puesta en funcionamiento al banco de compresores que se construye actualmente.

5.3.2 Horarios y duración de las pruebas que se realizarán en el laboratorio.

El laboratorio funcionará en un horario continuo de 8 horas diarias, 5 días a la semana, aunque es necesario considerar que alguna práctica pueda extenderse por mucho más tiempo

5.3.3 Descripción del laboratorio y salas circundantes.

El laboratorio de pruebas se ubicará en el sótano 2 del edificio de pruebas ubicado en Guatiguará, y estará rodeado por diferentes laboratorios de pruebas por lo cual es muy importante realizar el aislamiento acústico y térmico.

En la Figura 24 podemos ver el sótano 2 en el cual se ubicará el laboratorio, para conocer su ubicación específica revisar el anexo B donde se encuentran los planos

Figura 24. Laboratorio Guatiguará



El principal inconveniente es la ubicación de un laboratorio de pruebas con un laboratorio de microscopia en el salón superior derecha del sótano 2, el microscopio es especialmente sensible a las vibraciones lo cual dificulta la realización de pruebas con motores, es por esto que el aislamiento acústico es estrictamente exigente y debe basarse enteramente en normas.

5.3.4 Dimensiones y distribución.

El laboratorio de centro de investigación de motores estar posiblemente dividido en las siguientes zonas.

Tabla 4. Dimensiones Laboratorio

LOCACIÓN	ÁREA(m2)
CELDA DE ENSAYOS	9.51
TALLER	6.55
SALA DE JUNTAS Y CONTROL	58
CELDAS AUXILIARES	9.15 y 12.06

Las salas de control son compartidas junto con la sala de juntas, en un principio se tiene solo una celda y un taller para realizar mantenimiento, luego se proyecta construir salas auxiliares futuras

El sótano 2 se proyecta que posea la siguiente configuración según la Figura 25, 26 y 27 donde se tendrá un taller para mantenimiento y montaje, la sala principal y dos salas auxiliares futuras, y la sala de control y reuniones.

Figura 25. Vista en planta laboratorio

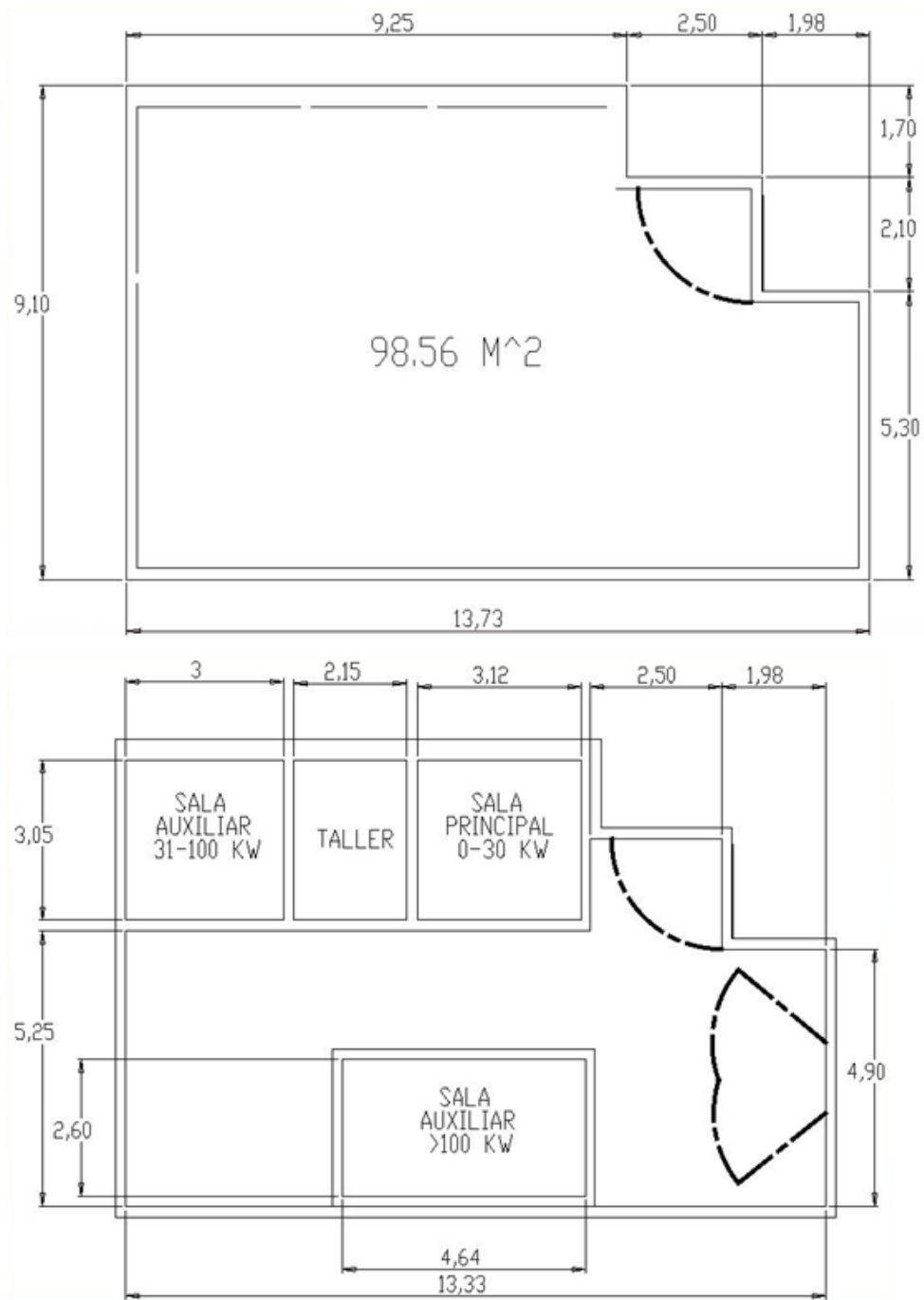


Figura 26. Vista en planta en 3D

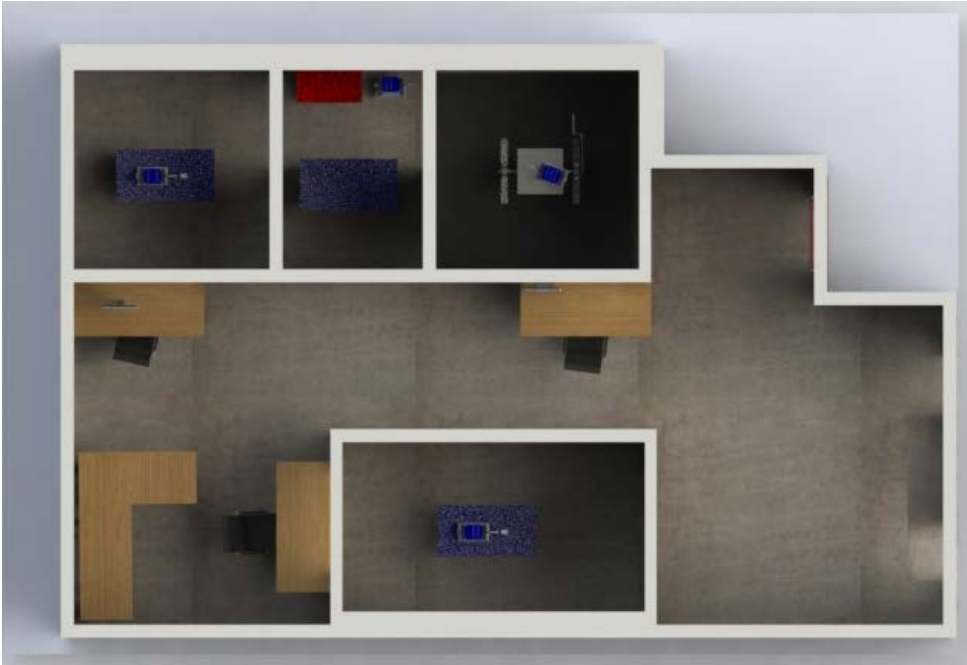
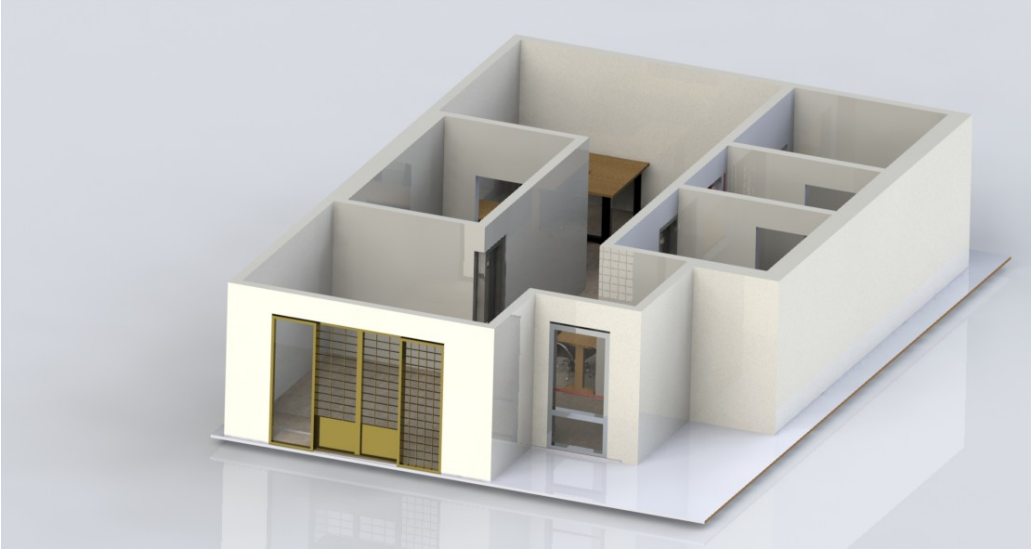


Figura 27. Laboratorio



El sótano posee 3 metros de altura y debido al asilamiento que se usará esta altura será reducida pero no debe bajar de menos de 2.5 metros, este espacio se da para los ductos de aire acondicionado.

Podemos hacer una clasificación de las zonas según el ruido que se puede tolerar, para esto las hemos clasificado el laboratorio en tres zonas

Zona 1

Área de silencio: Zona de alta sensibilidad acústica, que reúne los sectores que no requieren de una especial protección contra el ruido. Entre las cuales podemos considerar:

- Pasillos exteriores.
- Laboratorios circundantes

Zona 2.

Área levemente ruidosa: Zona de considerable sensibilidad acústica, que reúne los sectores que requieren de una protección alta contra el ruido. Entre las cuales podemos considerar:

- Salas de control
- Taller de mantenimiento
- Sala de reuniones

Zona 3

Área ruidosa: Zona de baja sensibilidad acústica, que reúne los sectores del territorio que requieren una protección muy alta contra el ruido. Entre las cuales podemos considerar:

- Sala de pruebas.
- Salas auxiliares

5.3.5 Descripción de las fuentes de ruido.

Las principales fuentes de ruido serán los motores, el laboratorio contará con motores de dos tiempos de varios fabricantes sin embargo actualmente se tiene de DOLMAR los cuales se utilizan en motosierras, la referencia técnica es 115H y continuación se muestran sus especificaciones en la Figura 28.

Figura 28. Motosierra 115H



Technical specifications	
Model:	115
Displacement	52 cm ³
Power rating	2,7 kW
Power rating	3,7 PS
Weight (dry, w/o bar)	5,0 kg
Fuel tank capacity	0,56 l
Oil tank capacity	0,28 l
Vibration damping	yes
Chain tensioning	Standard
Automatic oilpump	yes
Sound pressure level	101,0 dB(A)
Sound power level	110,0 dB(A)
Uncertainty K according to 2006/42/EC	2,5 dB(A)
Vibration acceleration Front	5,9 m/s ²
Vibration acceleration Rear	5,2 m/s ²
Uncertainty K according to 2006/42/EC	2,0 m/s ²

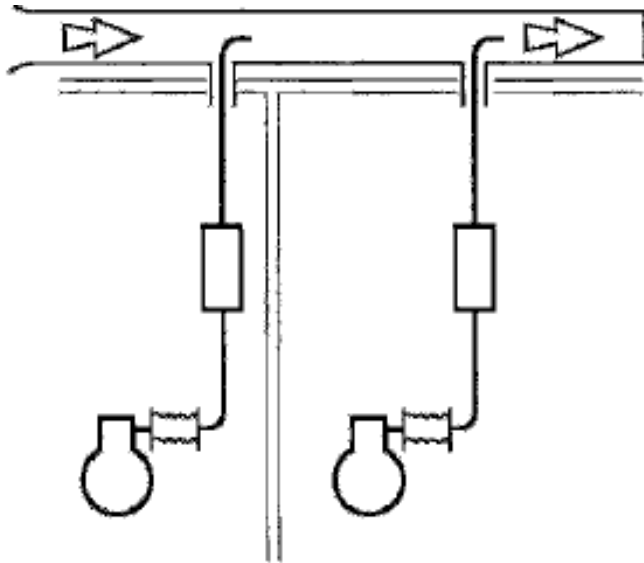
FUENTE: Catalogo DOLMAR 115H

En un futuro se espera incluir nuevos motores de otras referencias y más potencia.

5.3.6 Descripción del sistema de escape.

Debido a que se proyecta construir más celdas de pruebas puede considerarse la necesidad de tener un escape común para las celdas, en este caso se tendrían el silenciador y el catalizador dentro de la celda, para después llevarla a una tubería conjunta la cual llevaría los gases de combustión al exterior.

Figura 29. Escape conjunto



FUENTE: Engine testing; A.J. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH

De esta manera propone el diseño de una tubería principal la cual tendrá un diámetro de 5 pulgadas, a la cual llegarán cada uno de los escapes de los motores, este escape común debe salir del sótano y llegar al exterior para lo cual realiza un recorrido de aproximadamente 55 m. a continuación se muestra el escape dentro del laboratorio en la Figura 30, podemos ver su recorrido en la Figura 31.

Figura 30. Vistas del escape conjunto.

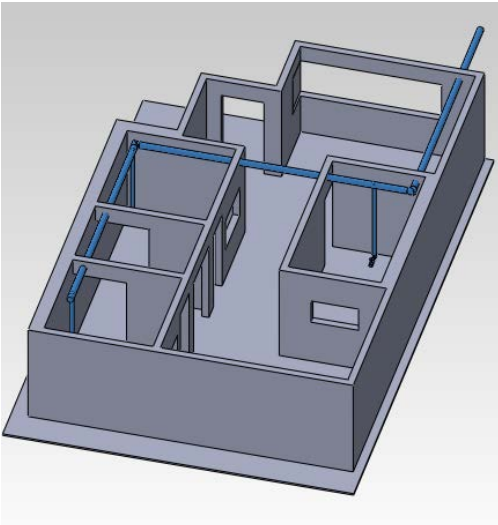
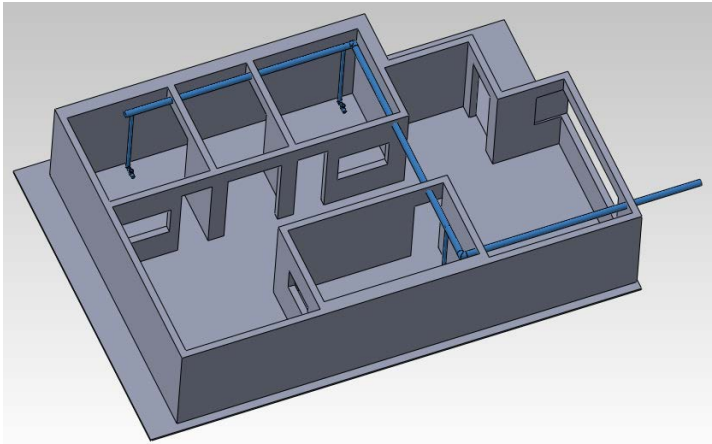
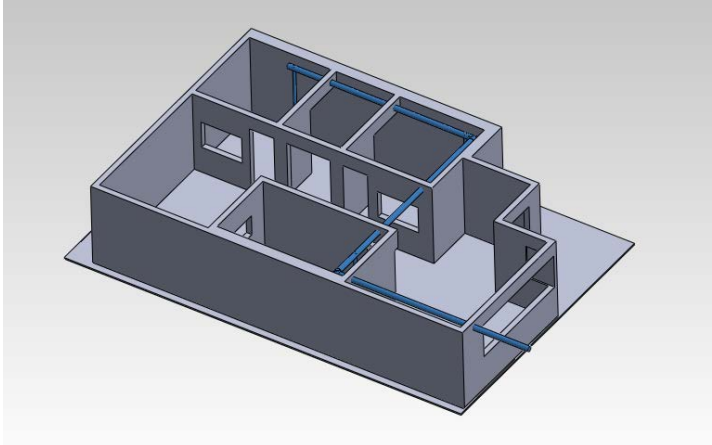
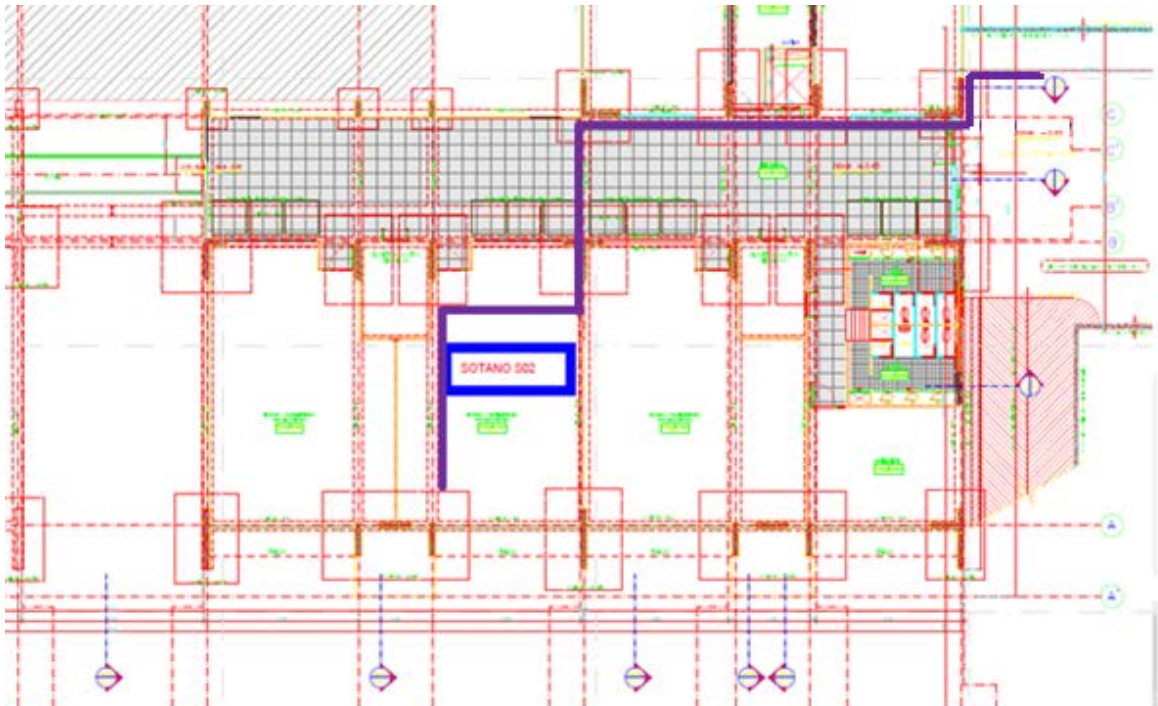


Figura 31. Recorrido del escape.



5.4 FASE 2

Identificación de los niveles de ruido y características del sonido proveniente de los bancos de prueba.

Como no es posible realizar una medición de prueba para identificar el aislamiento actual del laboratorio, es necesario obtener estos estudios ya realizado, en nuestro caso nos basamos en el estudio “LEAF BLOWER NOISE; Kuopio Regional Institute of Occupational Health” donde se realizó la medición de los niveles de ruido en el espectro de frecuencias de motores de 2T y 4T de maquinaria de jardinería como sopladores y cortadoras, todo estas mediciones se realizaron bajo la norma ISO 3744:1994.

5.5 FASE 3

A continuación se Identifican los posibles medios de transmisión del ruido, y descripción de las soluciones disponibles.

Medios de transmisión del ruido

- Suelo, techo, paredes
- Transmisión a través de puertas y ventanas
- Transmisión a través flancos o columnas
- Maquinaria

Soluciones disponibles

- Techo acústico
- Mantas anti-impactos
- Vestíbulo acústico

Identificación de los posibles medios de transmisión de calor, y descripción de las soluciones disponibles.

Medios de transmisión de calor

- Conducción (Paredes y tuberías)
- Radiación
- Convección

Aunque se tiene todas las formas de conducción de calor, la que se puede atacar más fácilmente es la conducción.

Soluciones disponibles

- Materiales aislantes(cañuelas y placas de lana de roca)
- Mantas aislantes
- Cámaras de aire

5.6 FASE 4

Una vez teniendo en cuenta todos los aspectos involucrados, es posible realizar los cálculos necesarios con los diferentes materiales para elegir los óptimos evaluando su costo beneficio.

5.6.1 Selección de alternativas.

El QFD (Quality Function Deployment) es una técnica que identifica los requerimientos del consumidor y proporciona una metodología para asegurar que estos requerimientos estén presentes en los parámetros de diseño del producto, y en el proceso de planeación.

5.6.1.1 Requerimientos del usuario.

Mediante consultas realizadas a otros laboratorios acerca de cuáles creían ellos, que serían las más necesarias especificaciones que debería tener el diseño para el CIM, se encuentran en la siguiente lista:

- ✓ Económico.
- ✓ Eficiente.
- ✓ Resistente.
- ✓ Mantenibilidad.
- ✓ Seguridad contra fuego.
- ✓ Cumplimiento de normas internacionales.
- ✓ Ecológico.
- ✓ Control del espacio.

5.6.1.2 CRITERIOS DE DISEÑO ACÚSTICO.

Se plantearon algunos criterios de diseño básicos que deben tenerse en cuenta para una adecuada selección de los elementos del sistema de acústico, los cuales se listan así:

- ◆ Espacio necesario para el grosor de las paredes.
- ◆ Tipo de materiales acústicos.
- ◆ Disponibilidad de los materiales.
- ◆ Sencillez del diseño

Ahora se realiza la matriz de calidad como se puede ver en la Tabla 5.

Tabla 5. Matriz de calidad del diseño acústico

QFD	VALOR	TIPO DE MATERIALES		ESPACIO OCUPADO		DISEÑO SENCILLO		FORJADOS		PISOS		MONTANTES Y TABIQUES	
ECONOMICO	9	9	81	9	81	9	81	9	81	9	81	9	81
EFICIENTE	8	9	72	8	64	9	72	9	72	9	72	9	72
CUMPLIMIENTO NORMAS INTERNACIONALES	7	9	63	1	7	2	14	9	63	9	63	1	7
CONTROL DEL ESPACIO	6	7	42	9	54	8	48	7	42	2	12	8	48
SEGURIDAD CONTRA FUEGO	5	6	30	1	5	5	25	8	40	8	40	2	10
RESISTENTE	4	8	32	1	4	8	32	9	36	9	36	9	36
ECOLOGICO	3	5	15	3	9	4	12	1	3	3	9	2	6
MANTENIMIENTO	2	2	4	2	4	5	10	7	14	7	14	2	4
TOTALES			339		228		294		351		327		264

Después se eligen los criterios que resultan ser los más importantes y se ponderan, como se puede ver en la Tabla 6.

Tabla 6. Ponderación de resultados diseño acústico

	valor	porcentaje
puntaje total	1017	100%
tipo de materiales	339	33,33%
forjados	351	34,51%
pisos	327	32,15%

En base a lo anterior, podemos destacar cuales son los componentes que más influyen en los requerimientos del cliente, teniendo en cuenta lo anterior, se procede a realizar una matriz de calidad por cada subsistema, con el fin de dar con la mejor solución integral.

5.6.1.3 Criterios de diseño térmico.

Los criterios del diseño del aislamiento térmico a tenerse en cuenta son muy similares, ya que estas dos soluciones deben complementarse:

- ◆ Espacio necesario.
- ◆ Tipo de materiales.
- ◆ Disponibilidad de los materiales.
- ◆ Sencillez del diseño
- ◆ Capacidad de aislamiento

Ahora con estos criterios se realiza la matriz de calidad como se puede ver en la Tabla 7.

Tabla 7. Matriz de calidad aislamiento térmico

QFD	Valor	Espacio Necesario		Tipos de Materiales		Disponibilidad		Sencillez del Diseño		Capacidad de Aislar	
Economico	9	9	81	9	81	8	72	9	81	8	72
Eficiente	8	8	64	9	72	1	8	7	56	9	72
Cumplimiento de Normas Internacionales	7	2	14	8	56	1	7	2	14	7	49
Control del Espacio	6	9	54	7	42	2	12	5	30	9	54
Seguridad Contra fuego	5	1	5	8	40	1	5	2	10	2	10
Resistente	4	4	16	7	28	1	4	7	28	2	8
Ecologico	3	2	6	7	21	2	6	3	9	2	6
Mantenimiento	2	4	8	5	10	2	4	8	16	1	2
TOTAL			248		350		118		244		273

Después se eligen los criterios que resultan ser los más importantes y se ponderan, como se puede ver en la Tabla 8.

Tabla 8. Ponderación de resultados aislamiento térmico

	Valor	Porcentaje
Puntaje Total	871	100%
Tipo de Material	350	40,10%
Capacidad de Aislar	273	31,30%
Espacio Necesario	248	28,60%

5.6.1.4 Criterios de diseño de la configuración de la tubería de escape.

Para analizar la configuración de la tubería de escape en general se conservan la mayoría de criterios solo se agrega el factor del ruido ya que la tubería de escape debe disminuir este problema.

- ◆ Espacio necesario.
- ◆ Tipo de materiales.
- ◆ Disponibilidad de los materiales.
- ◆ Sencillez del diseño
- ◆ Ruido

Ahora con estos criterios se realiza la matriz de calidad como se puede ver en la Tabla 9.

Tabla 9. Matriz de calidad del escape

QFD	Valor	Espacio Necesario	Tipos de Materiales		Disponibilidad		Sencillez del Diseño		Ruido		
Economico	9	9	81	9	81	8	72	9	81	2	18
Eficiente	8	8	64	9	72	1	8	7	56	8	64
Cumplimiento de Normas Internacionales	7	2	14	8	56	1	7	2	14	9	63
Control del Espacio	6	9	54	7	42	2	12	5	30	2	12
Seguridad Contra fuego	5	1	5	8	40	1	5	2	10	1	5
Resistente	4	4	16	7	28	1	4	7	28	6	24
Ecologico	3	2	6	7	21	2	6	3	9	9	18
Mantenimiento	2	4	8	5	10	2	4	8	16	7	14
TOTAL			248		350		118		244		218

Después se eligen los criterios que resultan ser los más importantes y se ponderan, como se puede ver en la Tabla 10.

Tabla 10. Ponderación de resultados del escape

	Valor	Porcentaje
Puntaje Total	842	100%
Tipo de Material	350	41,50%
Espacio Necesario	248	29,40%
Sencillez del diseño	244	29,10%

5.6.1.5 Planteamiento de alternativas.

A continuación se muestran las posibles alternativas para el diseño del sistema de aislamiento acústico y térmico, los parámetros principales a tener en cuenta son: Materiales cantidad de espacio disponible, ajuste a norma y economía de la opción. La selección de la alternativa ganadora se tomará teniendo en cuenta los resultados de la matriz de ponderación y el QFD.

Para tener en cuenta se planea realizar el aislamiento basado en la industria colombiana, por lo que se basará solo en materiales que se puedan conseguir con las compañías distribuidoras y expertas que se encuentran en el país, por lo prima la escogencia de materiales y la economía en estos.

5.6.1.6 Paredes (acústico).

ALTERNATIVA 1 (Pared acústica)

Para esta alternativa se diseñaran las cuatro paredes de la celda de ensayo con una configuración de diferentes materiales, basados en sus propiedades acústicas, su alta densidad y amplio uso.

A continuación se presenta la Tabla 11 con los diferentes materiales:

Tabla 11. Materiales de la pared

	TIPO DE MATERIAL	DENSIDAD
1	PLACA DE YESO LAMINADO	70[kg/m ³]
2	LAMINA VISCOELASTICA	1600[kg/m ³]
3	LANA MINERAL	60 [kg/m ³]
4	BANDA DE POLIETILENO	6,5 [kg/m ²]

ALTERNATIVA 2 (Pared de hormigón armado)

Consiste en realizar las paredes de las celdas de ensayo a base de ladrillo de hormigón armado, materiales de alta resistencia y poco mantenimiento, debido a sus propiedades y forma (espacio de aire) se puede aprovechar aislante acústico como térmico.

Figura 32. Pared de hormigón



FUENTE: Internet/http://es.wikipedia.org/wiki/Bloque_de_hormig%C3%B3n

ALTERNATIVA 3 (Composición de pared de ladrillo perforado con materiales absorbentes acústicamente)

Esta alternativa consiste en utilizar tanto materiales constructivos de uso común, como el ladrillo cerámico perforado y como aislante acústico lana mineral. El diseño de la pared consiste en una composición de ladrillo, lana mineral, ladrillo, de esta manera se logrará una mayor aislamiento de la celda de ensayo con respecto al resto del laboratorio.

Figura 33. Pared compuesta



FUENTE: <http://www.silensis.es/>

5.6.1.7 Pisos.

ALTERNATIVA 1 (Acustipiso)

Esta alternativa consiste en ubicar como primer piso las láminas rígidas de alta densidad, para que estas absorban las vibraciones producidas por las máquinas en el ambiente de la celda de ensayo y así evitar el efecto de reverberación, luego se recubrirá de una capa de cemento para protegerlo.

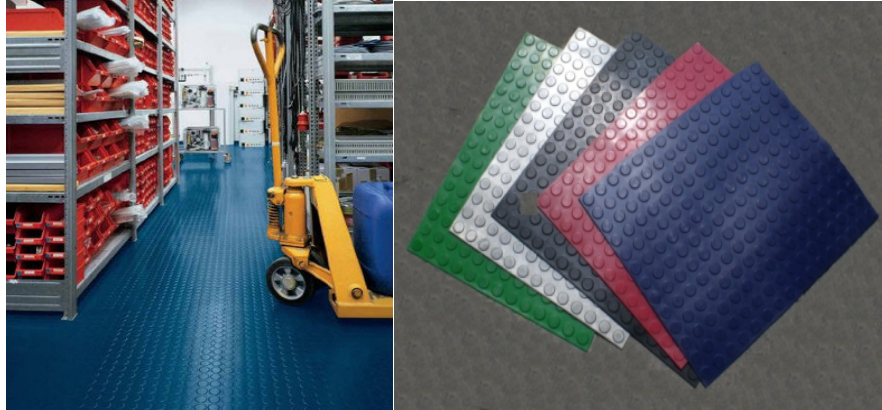
Figura 34. Placa de acustipiso



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

ALTERNATIVA 2 (Laminas de estoperol)

Figura 35. Láminas de estoperol

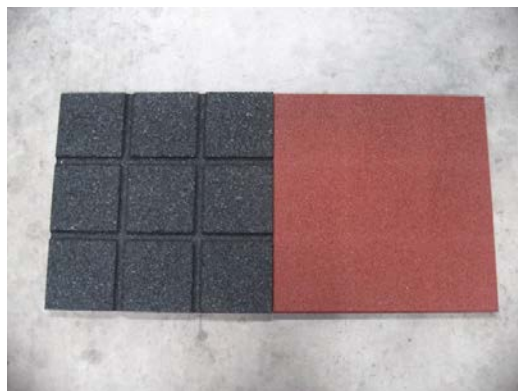


FUENTE: <http://www.mecalux.com.mx/>

Esta alternativa consiste en que sobre el piso de cemento del laboratorio, ubicamos en forma de baldosa las láminas de estoperol, el espesor de estas láminas se escogerá según las condiciones acústicas a tratar.

ALTERNATIVA 3 (Alternativa ecológica)

Figura 36. Caucho reciclado



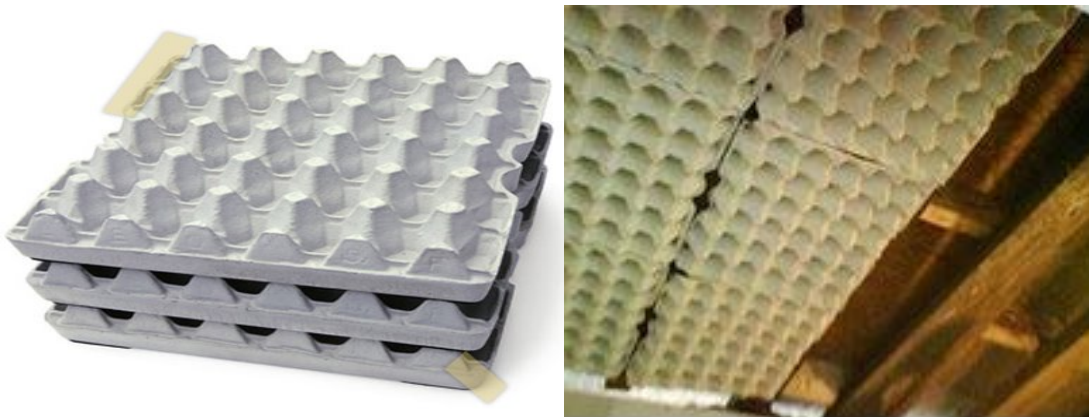
FUENTE: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/500mm-square-recycled-rubber-tiles-rubber-floor-tiles-361230605.html>

Esta alternativa consiste en realizar la cubierta del piso en baldosas de caucho reciclado, el caucho presenta propiedades absorbentes y acústicas especiales e ideales para evitar el efecto de reverberación, además que presenta una propuesta económica y ecológica.

5.6.1.8 Techos.

ALTERNATIVA 1 (Cartones de huevo - propuesta económica)

Figura 37. Cartones de huevos



FUENTE: <http://recetasparatortas.com/que-hacer-con-los-cartones-de-huevo/>

Como podemos ver en la Figura 37 la alternativa consiste en colocar los cartones comprimidos sobre el techo forjado, ya que gracias a su forma presenta una muy efectiva ya que la vibraciones se disipan en sus canales y en su material rugoso, absorbiendo así gran parte del espectro de frecuencias de ruido. A 30 cms de este se descuelga el techo falso dejando este espacio de aire como aislante acústico.

ALTERNATIVA 2 (LANA MINERAL DE ROCA)

Figura 38. Lana mineral de roca



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

La propuesta planea cubrir el techo con lana mineral de roca que consiste en finas fibras de lana mineral elástica y aglutinada, en forma de rollos, con un espesor y una densidad constante sin ningún tipo de recubrimiento. Esta actúa como una barrera al paso del calor y del ruido, manteniendo la temperatura interior más confortable y con un bajo nivel de ruido. Una clara ventaja es que utiliza la propiedad aislante del aire en reposo, debido a que contiene millones de micro celdas de aire que retienen y atenúan el paso del calor y del ruido.

Gracias a su disposición multidireccional de fibras y a su mayor densidad, aporta a los elementos constructivos la capacidad de aumentar los niveles de aislamiento acústico.

ALTERNATIVA 3 (INSUFLADO DE CELULOSA)

Esta alternativa consiste en aislar el techo a base de insuflar fibra de celulosa sobre el techo, tiene la ventaja que puede ser instalada en una densidad relativamente alta, y con una hermeticidad excelente que mejora la amortiguación acústica. Una buena configuración de la solución permite una gran reducción de sonido.

Figura 39. Fibra de celulosa



FUENTE: <http://isofloc.es/>

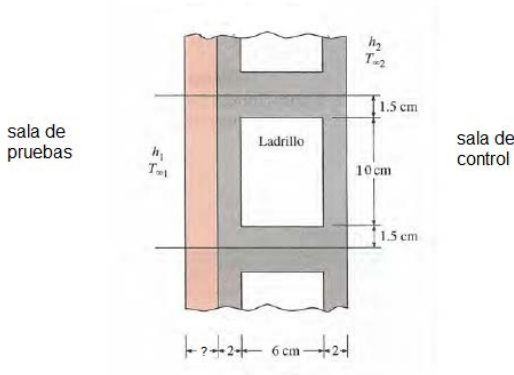
Este procedimiento es ecológico ya que la fibra de celulosa consiste en papel triturado y tratado con aditivos, además presenta la ventaja de una fácil instalación ya que con una compresión especial se insufla la celulosa sobre el falso techo hasta lograr una capa uniforme y de la densidad y aislamiento solicitado.

5.6.1.9 Aislamiento térmico.

ALTERNATIVA 1 (Pared de ladrillo y aislante de lana de roca)

Esta alternativa consiste en la construcción de un muro de ladrillos común entre las salas además de poseer un aislamiento que consiste en placa de lana de roca el cual es un aislante muy común y económico, a continuación en la Figura 40 se puede ver la configuración que posee esta alternativa.

Figura 40. Pared con placa de lana de roca



Fuente: Transferencia de calor y masa, Yunus A. Cengel, Tercera edición, Mc Graw Hill

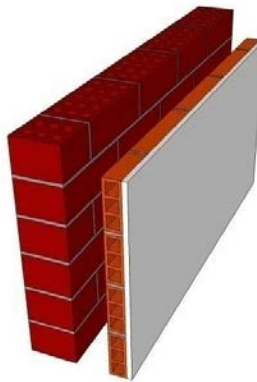
ALTERNATIVA 2 (Solución acústica)

Esta alternativa proviene del diseño del aislamiento acústico por lo tanto se debe tener en cuenta para que la solución térmica y acústica se complementen, esta alternativa será la que mejor resulte de entre las configuraciones de aislamiento acústico de las paredes.

ALTERNATIVA 3 (Cámara de aire entre paredes de ladrillos)

En esta alternativa tenemos dos paredes de ladrillo con una cámara de aire en su interior lo cual aumenta su resistencia térmica mejorando el aislamiento térmico y reduciendo el flujo de calor a través de la pared.

Figura 41. Pared con cámara de aire



Fuente: <http://www.thermabead.com/como-funciona/>

5.6.1.10 Aislamiento del tubo de escape.

ALTERNATIVA 1 (Cañuelas de lana de roca)

Para el aislamiento de tuberías se cuenta con un producto conocido como cañuelas las cuales vienen en forma cilíndrica la cual se adapta fácilmente a la

tubería a aislar, están fabricadas en lana mineral de roca el cual es un muy buen aislante y muy económico y versátil ya que se puede conseguir de diferentes diámetros y espesores y con diferentes recubrimientos.

Figura 42. Cañuelas de lana de roca



8. CAÑUELAS AISLANTES

DESCRIPCIÓN: Lana Mineral de Roca aglomerada y moldeada en forma cilíndrica que permiten un perfecto ajuste al tubo. Disponible en unidades con abertura lateral o en dos medias cañas, pueden ser elaboradas con y sin recubrimiento de foil de aluminio para un mejor acabado estético.
Norma ASTM C547-03 Tipo II.

USOS: Se especifica para aislar térmicamente tuberías calientes con diámetros nominales desde 1/2" hasta 8 pulgadas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Densidad	110 kg/m ³ (6.88 lb/pie ³)
Temperatura de operación	Hasta 649°C (1.200 °F)
Conductividad térmica	0.25 BTU.plg. / hr.pie ² °F a 100 °F
Longitud	0.91 m
Espesor	De 1" a 4". Incrementos de 1/4 plg.
Diámetro nominal de tubería	De 1/2" hasta 8".
Espesor	1" a 4" con incrementos de 1/2"

Fuente: <http://www.calorcol.com/>

ALTERNATIVA 2 (Doble tubería con cámara de aire)

Esta alternativa consta de una tubería doble que es separada por una cámara de aire la cual aumenta su resistencia térmica mejorando el aislamiento térmico y reduciendo el flujo de calor a través de la tubería.

Figura 43. Tubería con cámara de aire

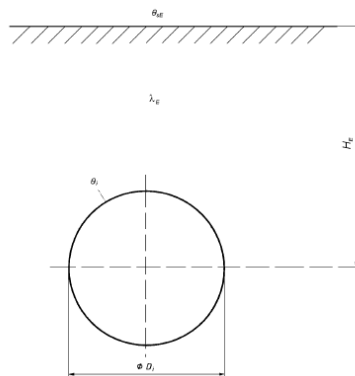


Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/brugg-pipesystems/tuberias-rigidas-seguridad-doble-pared-17639-350558.html>

ALTERNATIVA 3 (Tubería enterrada)

Esta alternativa consiste en llevar la tubería por debajo del suelo de la sala, de esta manera se utiliza el suelo como aislante térmico aunque también se puede considerar utilizar también, otro aislante para mejorar su desempeño, esta configuración nos brinda mayor espacio en la sala de pruebas ya que la tubería no podría interferir pero nos trae problema a la hora de construirla además de que el mantenimiento es mas complicado y costoso.

Figura 44. Tubería enterrada



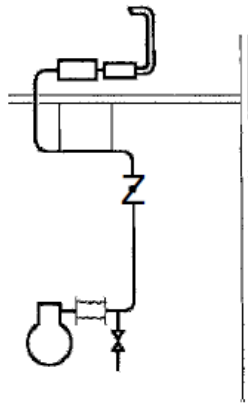
Fuente: Norma ISO 12241

5.6.1.11 Configuración tubería de escape.

ALTERNATIVA 1 (Escape único para cada celda)

El escape se lleva al exterior y no se comparte con las demás celdas de pruebas, la tubería no debe extenderse demasiado porque puede generar problemas de contrapresión y de condensación de los gases de escape, el silenciador y el catalizador se ubican fuera de la celda para evitar reducir el espacio dentro de ella.

Figura 45. Escape único

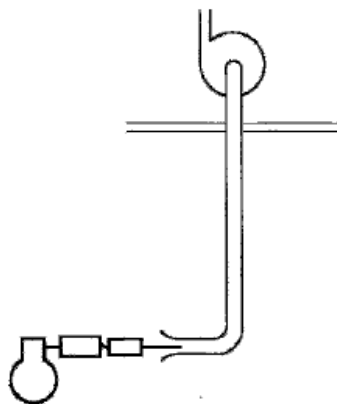


FUENTE: Engine testing; A.J. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH

ALTERNATIVA 2 (Escape con extractor)

Si no es posible que la tubería de escape sea corta ya que la sala se encuentra en un sótano, es necesario utilizar un extractor para ayudar a la salida de los gases de escape, en este caso el catalizador y el silenciador se encuentran dentro de la celda de ensayos y el extractor se ubicaría por fuera de este para evitar el ruido.

Figura 46. Escape con extractor

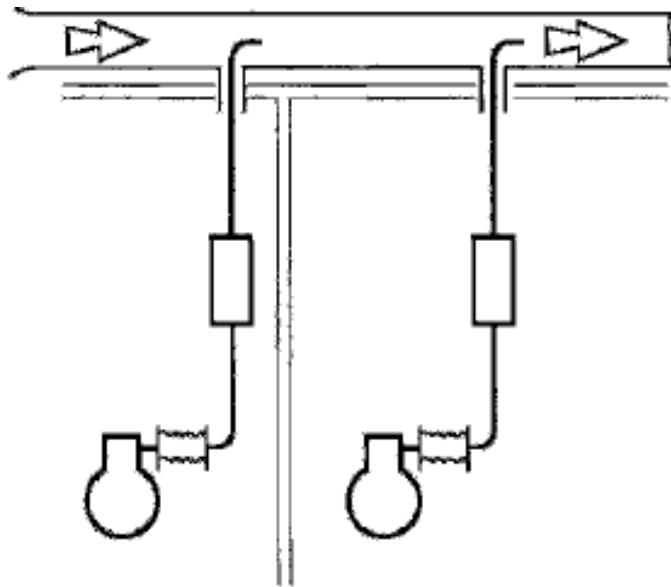


FUENTE: Engine testing; A.J. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH

ALTERNATIVA 3 (Escape conjunto)

Debido a que proyecta construir mas celdas de pruebas puede considerarse la necesidad de tener un escape común para las celdas, en este caso se tendrían el silenciador y el catalizador dentro de la celda, para después llevarla a una tubería conjunta la cual llevaría los gases de combustión al exterior.

Figura 47. Escape conjunto



FUENTE: Engine testing; A.J. Martyr, M.A. Plint; Third edition; BH

5.6.1.12 Evaluación de las alternativas.

Para elegir la alternativa más adecuada para la selección del material de diseño y la geometría del sistema almacenador se aplica una matriz de ponderación para evaluar cuál de las alternativas satisface en mayor proporción los requerimientos planteados en el QFD.

5.6.1.13 Evaluación de paredes.

Tabla 12. Matriz de ponderación para la evaluación de paredes

Pond: Ponderación		MATERIALES					
		Alternativa 1 Pared acústica		Alternativa 2 HORMIGON ARMADO		Alternativa 3 ladrillo perforado	
Parámetros	Pond	nota	Pond	nota	Pond.	Nota	Pond.
FORJADOS	0,194	5	0,97	4	0,776	3	0,582
TIPO DE MATERIALES	0,188	5	0,94	3	0,564	4	0,752
PISOS	0,181	4	0,724	4	0,724	4	0,724
DISEÑO SENCILLO	0,163	4	0,652	4	0,652	2	0,326
ESPACIO OCUPADO	0,126	5	0,63	2	0,252	3	0,378
TOTAL		3,916		2,968		2,762	

Analizando los resultados de la matriz de ponderación la mejor opción que cumple los requisitos es la pared acústica compuesta por el yeso laminado y la fibra de lana de roca.

5.6.1.14 Evaluación de pisos.

Tabla 13. Matriz de ponderación para la evaluación de pisos

		PISOS					
Pond: Ponderación		Alternativa 1 Acustipiso		Alternativa 2 LAMINA DE ESTOPEROL		Alternativa 3 CAUCHO RECICLADO	
Parámetros	Pond	nota	Pond	nota	Pond.	Nota	Pond.
FORJADOS	0,194	3	0,582	4	0,776	3	0,582
TIPO DE MATERIALES	0,188	5	0,94	3	0,564	4	0,752
PISOS	0,181	4	0,724	4	0,724	4	0,724
DISEÑO SENCILLO	0,163	4	0,652	4	0,652	4	0,652
ESPACIO OCUPADO	0,126	1,89	0,63	2	0,252	3	0,378
TOTAL		3,528		2,968		3,088	

Analizando el resultado obtenido por la matriz de ponderación de la tabla 13, podemos concluir que la opción más óptima es utilizar el acustipiso.

5.6.1.15 Evaluación de techos.

Tabla 14. Matriz de ponderación para la evaluación de techos

AISLAMIENTO TECHOS		MATERIALES					
		Alternativa 1 CARTONES HUEVOS		Alternativa 2 LAMINA ROCA MINERAL		Alternativa 3 FIBRA DE CELULOSA	
Parámetros	Pond	nota	Pond	nota	Pond.	Nota	Pond.
FORJADOS	0,194	2	0,388	5	0,97	4	0,776
TIPO DE MATERIALES	0,188	4	0,752	4	0,752	3	0,564
ECONOMIA	0,181	5	0,905	3	0,543	3	0,543
DISEÑO SENCILLO	0,163	3	0,489	5	0,815	4	0,652
ESPACIO OCUPADO	0,126	3	0,378	4	0,504	4	0,504
TOTAL		2,912		3,584		3,039	

Evaluando los resultados arrojados por la matriz de ponderación se puede concluir que la mejor opción para realizar el aislamiento en el techo de la celda de ensayo es utilizar la lámina de roca mineral.

5.6.1.16 Evaluación térmica de paredes.

Tabla 15. Matriz de ponderación para le evaluación térmica de paredes

		MATERIALES					
Pond: Ponderación		Alternativa 1 Ladrillo y lana		Alternativa 2 Solución Acústica		Alternativa 3 Cámara da aire	
Parámetros	Pond	nota	Pond	nota	Pond.	Nota	Pond.
TIPO DE MATERIALES	0,401	4	1,6	5	2	3	1,2
CAPACIDAD DE AISLAR	0,313	4	1,25	5	1,56	4	1,25
ESPACIO NECESARIO	0,286	5	1,43	4	1,14	2	0,57
TOTAL		4,28		4,7		3,02	

Analizando los resultados de la matriz de ponderación la mejor opción que cumple los requisitos es la solución que proviene del aislamiento acústico que consiste en una pared compuesta por el yeso laminado y la fibra de lana de roca, además de cumplir con lo requerimientos acústicos también lo hará con los térmicos.

5.6.1.17 Evaluación aislamiento de tubería de escape.

Tabla 16. Matriz de ponderación del aislamiento de la tubería de escape

		MATERIALES					
Pond: Ponderación		Alternativa 1 Cañuela de lana		Alternativa 2 Doble tubería		Alternativa 3 Tubería enterrada	
Parámetros	Pond	nota	Pond	nota	Pond.	Nota	Pond.
TIPO DE MATERIALES	0,401	4	1,6	4	1,6	2	0,8
CAPACIDAD DE AISLAR	0,313	5	1,56	4	1,25	4	1,25
ESPACIO OCUPADO	0,286	5	1,43	2	0,57	1	0,28
TOTAL		4,59		3,42		2,33	

Analizando los resultados de la matriz de ponderación de la Tabla 16, la mejor opción, que cumple los requisitos del aislamiento de la tubería de escape es la cañuela de lana de roca.

5.6.1.18 Evaluación configuración de tubería.

Tabla 17. Matriz de ponderación de la configuración del escape

Pond: Ponderación		MATERIALES					
		Alternativa 1 Escape único		Alternativa 2 Escape con extractor		Alternativa 3 Escape conjunto	
Parámetros	Pond	nota	Pond	nota	Pond.	Nota	Pond.
TIPO DE MATERIALES	0,415	4	1,66	3	1,24	4	1,66
ESPACIO OCUPADO	0,294	3	0,88	4	1,17	4	1,17
DISEÑO SENCILLO	0,291	3	0,87	1	0,29	3	0,87
TOTAL		3,41		2,7		3,7	

Analizando los resultados de la matriz de ponderación la mejor opción que cumple los requisitos es realizar un escape conjunto, además, que se proyecta construir otras salas de pruebas en un futuro y será necesario realizar un escape con esta configuración.

5.6.2 Aplicación de aislamiento acústico.

Para realizar la selección de los materiales óptimos para realizar el aislamiento acústico debemos tener en cuenta, que la composición de estas paredes deben tener tanto materiales que sean absorbentes como que aislen, cada uno de estos materiales tienen unas características y propiedades diferentes.

Materiales acústicos absorbentes

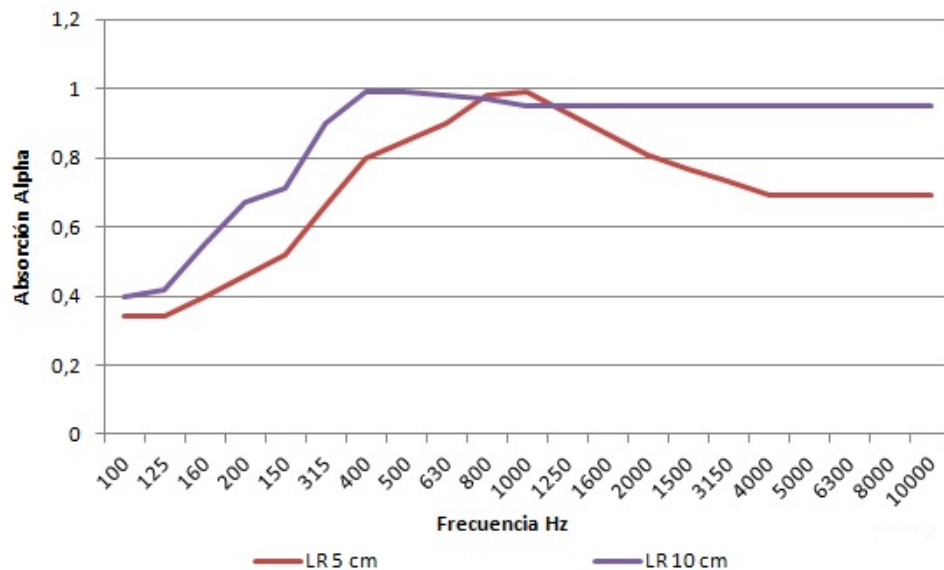
Para el acondicionamiento acústico de la edificación se emplea en la mayoría de los casos los siguientes materiales o sistemas absorbentes

Materiales Porosos: Estos materiales están constituidos por un medio sólido (esqueleto) recorrido por cavidades más o menos porosas comunicadas con el exterior del material. El ejemplo más conocido de este tipo de materiales acústicos es la lana de roca y la fibra de vidrio, sin embargo existe una amplia gama de los mismos.

En el caso de materiales absorbentes acústicos porosos la absorción acústica se produce por una doble pérdida energética de las ondas sonoras al chocar con el material. Por un lado, se produce una pérdida energética por la vibración de las fibras que componen el material y por otro, el rozamiento del aire con el esqueleto del material. Normalmente estos materiales son buenos absorbentes acústicos de alta y media frecuencia, sin embargo la absorción por frecuencia sonora en estos materiales depende básicamente de los siguientes factores: Espesor del material, Montaje, Porosidad del material y densidad

El espesor del material influye principalmente en la absorción en frecuencia. Existe una regla bien sencilla que es aplicable a este hecho: a mayor espesor del material menor es la frecuencia a partir de la cual la absorción es mayor. Para ilustrar este hecho con un ejemplo se puede ver los coeficientes de absorción para una lana de roca de 5 cm y una de 10 cm.

Figura 48. Absorción por espesores



Fuente: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com>

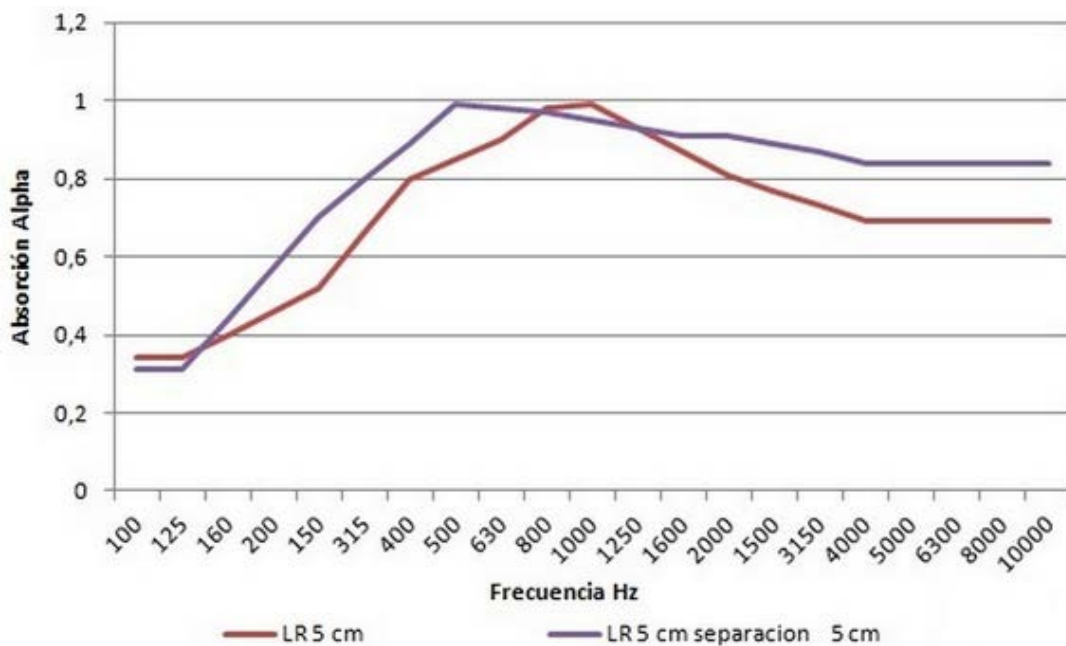
Como se puede ver en Figura 48 la lana de roca de 10 cm tiene una absorción por encima de 0,8 a partir de la frecuencia de 315 Hz mientras que la lana de roca de 5 cm comienza en la frecuencia de 500 Hz.

El montaje del material respecto a la superficie a tratar también influirá en su comportamiento. La distancia de montaje es crucial a la hora de proyectar absorbentes acústicos en cualquier proyecto de ingeniería acústica. Variando la distancia de montaje podemos hacer, por ejemplo, que una lana de roca de 4 cm de espesor tenga un pico de absorción a 125 Hz. Para ello lo que deberíamos hacer es separar dicho material a una distancia de 68 cm. La razón de que sea esta distancia y no otra es que 68 cm coincide con un cuarto de la longitud de onda de 125 Hz. La longitud se calcula dividiendo la velocidad del sonido a 23°C entre la frecuencia de la frecuencia a estudio, en este caso: Longitud de onda = $343\text{m/s}/125\text{Hz} = 2,7$ metros.

No obstante en la mayoría de casos para absorber baja frecuencia resulta inviable realizar estos montajes por la evidente reducción del espacio, al menos en paredes.

En Figura 49 se compara la absorción de una lana de roca de 5 cm pegada a una superficie rígida y la misma lana de roca con un espacio de 5 cm. En este gráfico se observa como al separar el material una distancia de 5 cm la frecuencia de máxima absorción baja en el espectro de absorción sonora de 800 Hz a 500 Hz.

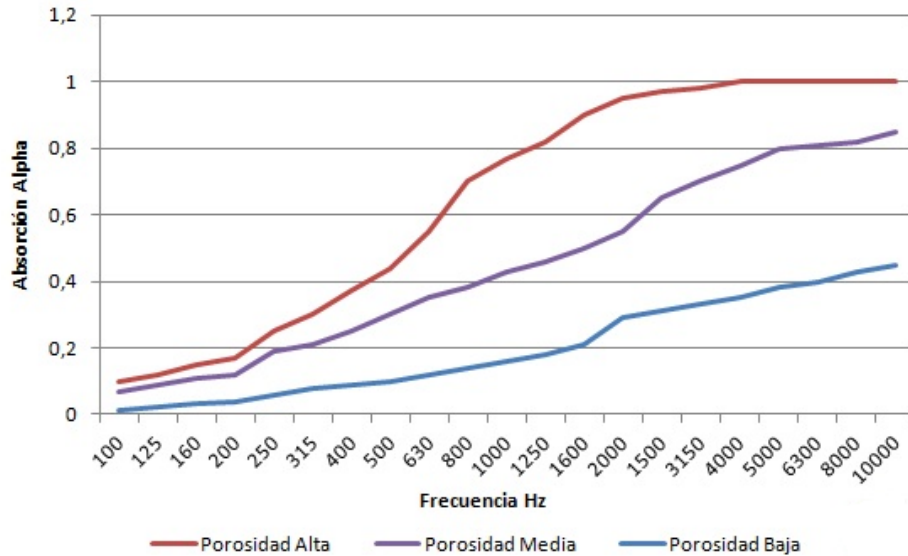
Figura 49. Absorción por separación



Fuente: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com>

La porosidad del material y la densidad afectan a la absorción acústica en materiales porosos. Por un lado sabemos que a mayor porosidad de un material mayor es su absorción a todas las frecuencias. El la Figura 49 muestra la variación absorción acústica según 3 ratios de porosidad:

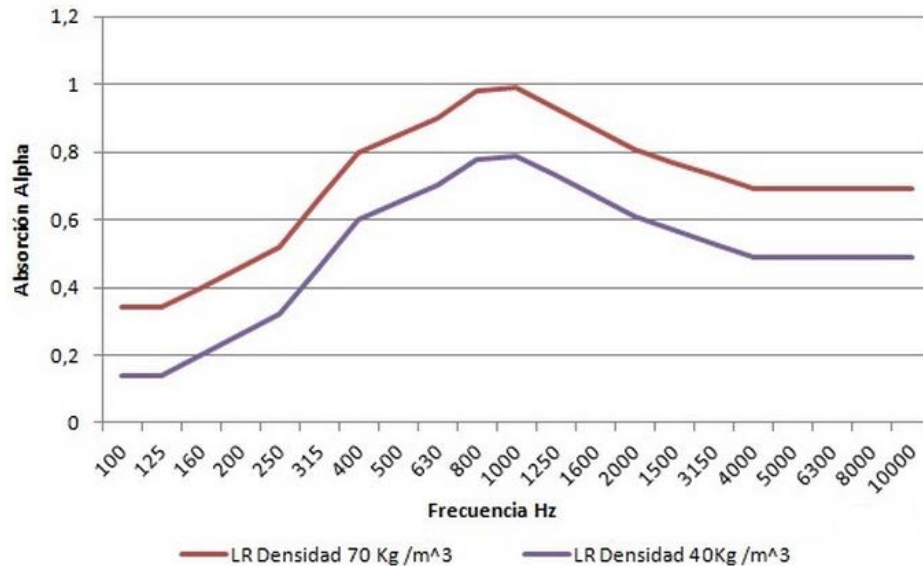
Figura 50. Absorción por porosidad



Fuente: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com>

Como hemos visto la densidad del material resulta crucial a la hora de elegir un material absorbente acústico u otro. Si la densidad del material es baja las pérdidas por fricción son menores y en consecuencia la absorción acústica disminuye en todo el rango espectral. Sin embargo a medida que la densidad del material aumenta la absorción también lo hace hasta un valor límite de densidad en el que la penetración de las ondas acústicas empieza ya disminuir y en consecuencia la absorción acústica. Desde un punto de vista práctico las densidades que resultan óptimas varían entre los 40 y los 70 Kg/m³, no superando nunca los 100 Kg/m². A continuación se muestran en la Figura 51 la absorción de una lana de roca de 40 Kg/m³ y de 70 Kg/m³ respectivamente, ambas de 60 mm de espesor.

Figura 51. Absorción por densidad



Fuente: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com>

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES ACÚSTICOS AISLANTES

Densidad: El aislamiento es proporcional a la densidad de un material. Valores de densidades adecuados se consideran a partir de 600 Kg/m³.

Porosidad: La porosidad debe ser nula para evitar que el material absorba la energía acústica. Esta característica está relacionada con el coeficiente de absorción acústica.

Debido a las diferentes características de los materiales absorbentes y aislantes es por lo cual se diseñan sistemas compuestos por estos dos materiales dependiendo de la necesidad de aislamiento.

Selección de materiales para las paredes de la celda de ensayo

Según las propiedades descritas anteriormente, teniendo en cuenta que tenemos

que aislar la celda con respecto al exterior y que no se debemos dejar aumentar el ruido dentro la celda, tenemos que escoger una combinación de materiales tanto aislantes como absorbentes del ruido.

Para este sistema de aislamiento las paredes, según las recomendaciones de las empresas fabricantes, la pared está construida por los materiales de la tabla 18:

Tabla 18. Materiales y aislamientos

	Tipo de material	Densidad	Aislamiento
1	Placa de yeso laminado	70 [kg/m ³]	32[db]
2	Lamina Viscoelastica	1600[kg/m ³]	67[db]
3	Sonowall (Lana mineral de roca)	60[Kg/m ³]	35 [db]
4	Banda de polietileno	6,5[Kg/m ²]	58[db]

*Valores suministrados por el fabricante.

A continuación se muestran los criterios por los cuales se escogieron estos materiales:

Placa de yeso Laminado: Debido a su densidad y alta porosidad es el perfecto absorbente de ruidos.

Lamina Viscoelástica: Lámina de alta densidad, especialmente diseñada para la mejora del aislamiento acústico en diferentes situaciones.

Excelente barrera contra la transmisión del ruido gracias a:

- Elevada densidad (1.600 kg/m³).
- Alto factor de pérdidas.
- Bajo módulo de elasticidad.

Sonowall (Lana mineral de Roca): consiste de finas fibras de lana mineral elástica y aglutinada, en forma de rollos, con un espesor y una densidad constante sin ningún tipo de recubrimiento. Actúa como una barrera al paso del calor y del ruido, manteniendo la temperatura interior más confortable y con un bajo nivel de ruido.

Banda de polietileno: Excelente y versátil dispositivo para reducir la transmisión del ruido aéreo en un amplio rango de frecuencias, gracias a Elevada densidad y elasticidad y elevada porosidad.

Además la selección de estos materiales se realizó previamente analizando la relación costo beneficio con las demás opciones propuestas en el plan de proyecto.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO SELECCIONADO.

Con la selección de materiales, podemos buscar un estudio previamente realizado en un laboratorio acústico mediante micrófonos con las condiciones adecuadas estipuladas por la norma ISO-140-3.

Para cada tipo o necesidad de aislamiento se encuentran evaluados en laboratorio los resultados que esperan obtener al aplicar estos materiales.

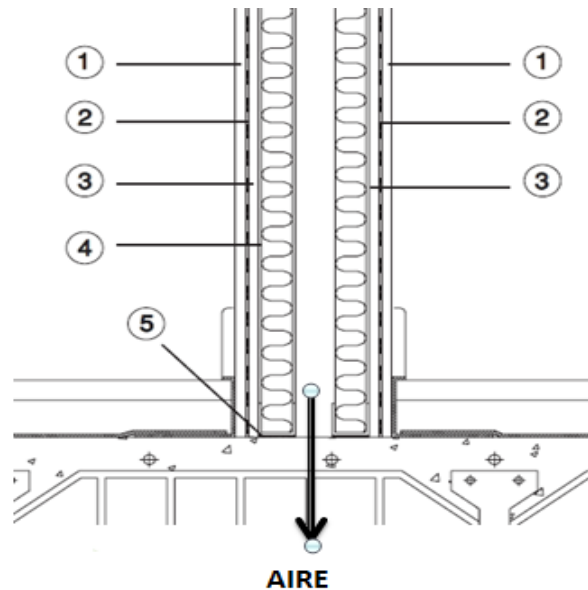
La entidad eusko jaurlaritza del gobierno vasco, se encarga de realizar estos estudios para las diferentes entidades solicitantes.

DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE

Para la pared se tiene una combinación de materiales los cuales se superponen unos sobre otros, esto se hace a los dos lados de la pared, pero se deja un

espacio de aire entre las dos caras, como se puede ver en la Figura 52.

Figura 52. Vista en sección de la pared Acústica.



FUENTE: <http://chova.com/>

- 1-Placa de yeso laminado (13 mm)
- 2- Lámina viscoelástica de alta densidad 65
- 3-Placa de yeso laminado (13 mm)
- 4- Lana mineral (40 mm)
- 5- Banda bicapa autoadhesiva de polietileno de alta resistencia.

Calculo teórico de aislamiento acústico de la pared:

De acuerdo a los datos suministrados por la empresa DOLMAR y a las especificaciones técnicas de la Figura 53.

Figura 53. Ficha del motor

Technical specifications	
Model:	115
Displacement	52 cm ³
Power rating	2,7 kW
Power rating	3,7 PS
Weight (dry, w/o bar)	5,0 kg
Fuel tank capacity	0,56 l
Oil tank capacity	0,28 l
Vibration damping	yes
Chain tensioning	Standard
Automatic oilpump	yes
Sound pressure level	101,0 dB(A)
Sound power level	110,0 dB(A)
Uncertainty K according to 2006/42/EC	2,5 dB(A)
Vibration acceleration Front	5,9 m/s ²
Vibration acceleration Rear	5,2 m/s ²
Uncertainty K according to 2006/42/EC	2,0 m/s ²

FUENTE: Catalogo DOLMAR 115H

La presión sonora es de 101 db(A) + 2,5db(A) de incertidumbre, sumando y aproximando son 104 db(A)

Los valores de aislamiento acústico de los materiales en la tabla 4 están promediados con referencias a las distintas frecuencias.

Teniendo en cuenta el ruido transmitido podemos sumar el aislamiento total de los materiales de la tabla 18 con la siguiente expresión:

$$R_{\text{Total}}: 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{R_i}{10}}$$

$$R_{\text{Total}}: 10 \log (10^{3,2} + 10^{6,7} + 10^{3,2} + 10^{3,5} + 10^{5,8} + 10^{3,5} + 10^{3,2} + 10^{6,7} + 10^{3,2})$$

$$R_{\text{Total}}: 70,2 \text{ [db]}$$

Aplicamos corrección en situ para el cálculo, utilizando un factor de un 10%

$$R_{\text{Total}}: 70,2 * 0,9 = 63 \text{ [db]}$$

Sabiendo que el ruido incidente será de 104[db] aproximadamente tenemos que:

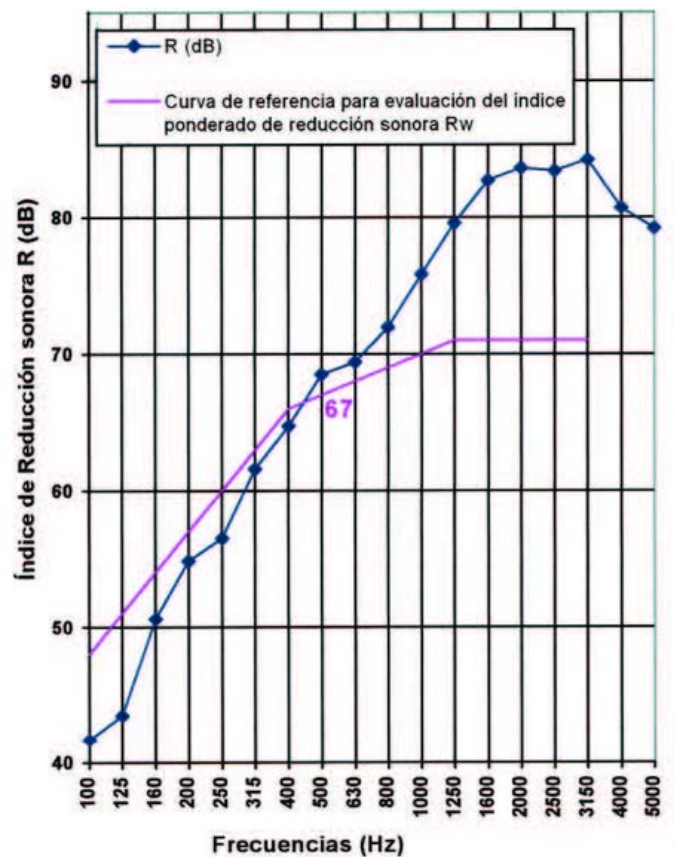
$$R_{\text{Transmitido}}: 104 - 63 = 41 \text{ [db]}$$

CALCULO MEDIANTE PRUEBA DE LABORATORIO

Para el montaje se tiene el aislamiento en función de cada frecuencia como se puede ver en la Figura 54.

Figura 54. Curva de evaluación

f (Hz)	R (dB)
100	41,7
125	43,5
160	50,6
200	54,8
250	56,5
315	61,6
400	64,7
500	68,5
630	69,4
800	71,9
1000	75,8
1250	79,6
1600	82,7
2000	83,6
2500	83,4
3150	84,2
4000	80,7
5000	79,2



FUENTE: <http://chova.com/>

El sistema acústico descrito anteriormente asegura una disminución de 67[db] corregidos in situ, lo que es una solución óptima para el aislamiento de sala de ensayos.

$$R_{\text{Trasmitido}}: 104 - 67 = 37 \text{ [db]}$$

Como podemos ver el diseño de esta pared resulta efectivo para lo solicitado. Tenemos que tener en cuenta que aislamiento final es un conjunto de los diferentes diseños para paredes, pisos y techo. Además que el óptimo resultado depende de su correcta instalación.

Selección del piso de la celda de ensayo.

Para el piso del laboratorio dada las condiciones se tiene que escoger un material que disminuya la reverberación y el ruido de impacto, aunque como el laboratorio se encuentra ubicado en un sótano este valor de aislamiento puede estar en un rango menor.

Para esto se selecciono una placa de lana de roca comprimida y tratada. Este material además de aislar ruidos también funciona como aislante térmico. Esta placa presenta las propiedades según que se dan en la Figura 55:

Figura 55. Placa Lana de roca (acustipiso)



f	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
ΔL_n	11,9	20,1	28	30,3	35,8	42,8	dB

Fuente: <http://www.calorcol.com/>

Sobre esta placa de lana de roca se recubrirá con una placa de cemento. Esto no afecta el propósito de esta de disminuir la reverberación y aislar a ruido de impacto.

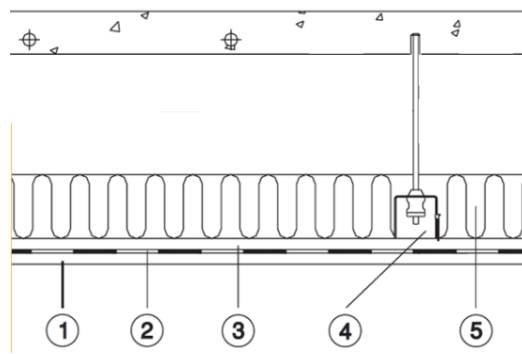
En próximos capítulos se explicará cómo realizar el correcto montaje de cada uno de los elementos.

Selección del techo de la celda de ensayo.

Los falsos techos son la solución ideal para establecer una cámara de aire, que se puede rellenar con materiales aislantes. La lana de vidrio y la lana de roca, proceden de la fundición de minerales a altísimas temperaturas. Son las más empleadas en construcción. Se utilizan para rellenar las cámaras de aire de las paredes trasdosadas, y también en falsos techos.

Teniendo en cuenta que este diseño debe tener tanto propiedades acústicas como térmicas y la importancia de mantener un aislamiento adecuado para no interrumpir las actividades en los demás laboratorios del parque tecnológico se opta por el diseño de la Figura 56.

Figura 56. Techo acústico



FUENTE: <http://chova.com/>

Como se puede ver el techo tendrá distintas capas de materiales:

- 1- Placa de yeso laminado (13 mm)
- 2- Lámina viscoelástica de alta densidad (4 mm)
- 3- Placa de yeso laminado (13 mm)
- 4- Estructura colgante
- 5- Lana mineral (40 mm)

Propiedades de los materiales:

En la tabla 19 se puede ver las propiedades de los distintos materiales que conforman el techo

Tabla 19. Materiales y aislamientos del techo

	Tipo de material	Densidad	Aislamiento
1	Placa de yeso laminado	70 [kg/m3]	32[db]
2	lamina Viscoelastica	1600[kg/m3]	67[db]
3	Lana mineral de Roca	60[Kg/m3]	35 [db]

	Componentes			
Aislamiento (db)	32	67	32	35

Luego se procede a realizar el cálculo del aislamiento:

$$R_{Total}: 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{R_i}{10}}$$

$$R_{Total}: 10 \log (10^{3,2} + 10^{6,7} + 10^{3,2} + 10^{3,5})$$

$$R_{Total}: 67 \text{ [db]}$$

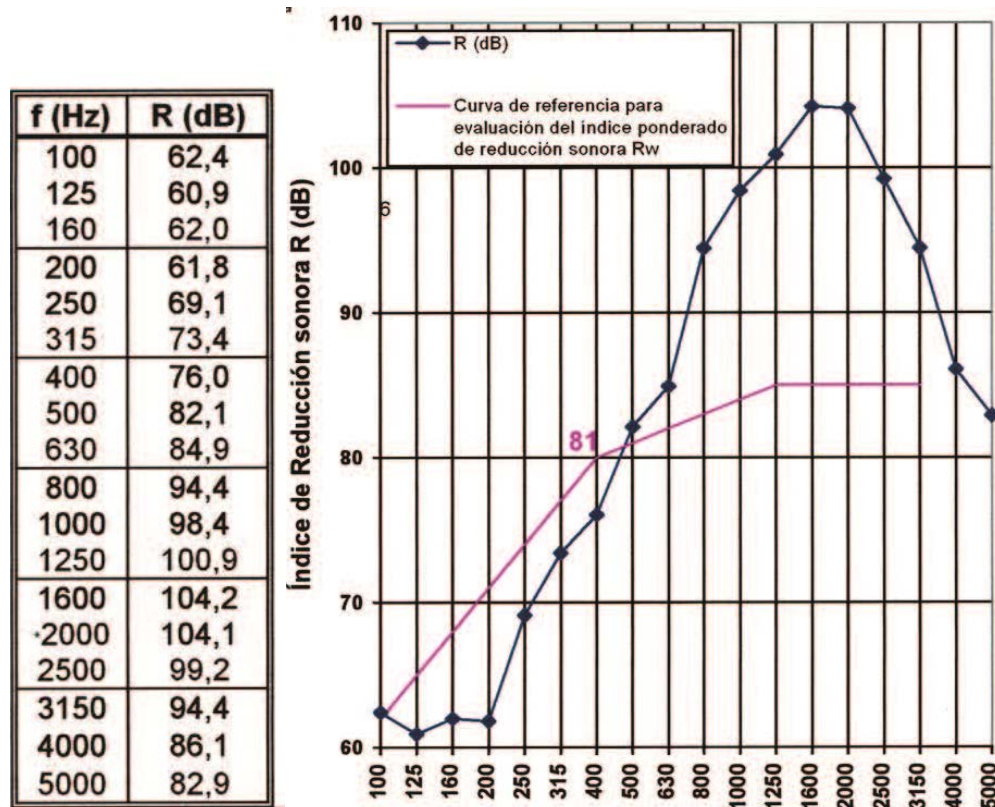
Aplicamos ahora la corrección en situ para el cálculo, utilizando un factor de un 10% según la recomendación de la norma UNE-EN 12354

$$R_{\text{Total}}: 67 \cdot 0,9 = 60,3 \text{ [db]}$$

Hay que tener en cuenta que estos valores corresponde al aislamiento de los materiales del diseño, además de esto la celda estará protegida contra el ruido por la placa forjada de hormigón y la cámara de aire entre ellas, con lo que podemos asegurar que un aislamiento sobresaliente.

Estos materiales también se han sometido a pruebas de laboratorio, arrojando los resultados de la Figura 57.

Figura 57. Curva de referencia techo



FUENTE: <http://chova.com/>

En los resultados obtenidos en los laboratorios, con micrófonos se incluye el aislamiento aportado por la placa forjada en el laboratorio y la cámara de aire.

R_{Total} : 81 [db]

Estos valores dependen del correcto montaje del sistema en el sitio por lo que es de vital importancia tener en cuenta las recomendaciones de montaje. (Se explican en un capítulo más adelante)

Selección de la ventana termoacústica

Según recomendaciones de fabricantes se seleccionó una ventana de 150 cm x 100 cm, con vidrio termoacústico de 6mm templado, con separador de 6mm, instalado en perfil de aluminio.

Descripción del vidrio de la ventana

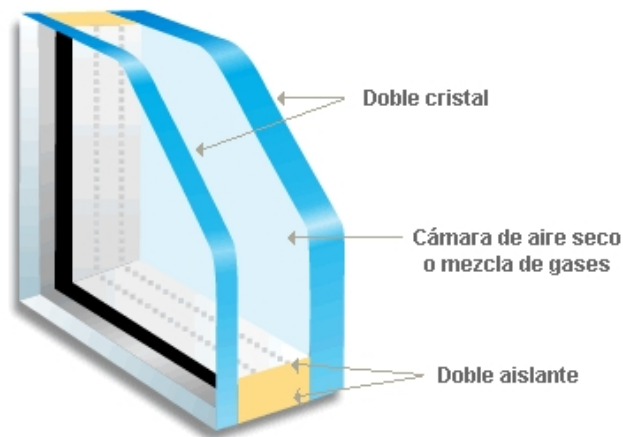
Doble vidrio de 6 mm separados con perfil de aluminio o acero microperforado de 6 mm, con desecante en su interior para deshidratar la(s) cámara(s) de aire. A través de su cámara de aire ofrece un sistema para elevar el índice de atenuación acústica. A su vez la combinación de color y espesor permite mejorar el control térmico, lo cual se traduce en reducción de costos de aire acondicionado y calefacción. Posee doble sellamiento (butilo y polysulfuro) para garantizar una unidad totalmente hermética.

Este vidrio ofrece un aislamiento acústico del orden de los 42 [db] y su configuración se muestra en la Figura 58.

Características

- Espesor del vidrio utilizado: 6 mm.
- Tipo de vidrio: incoloro
- Templado >10.000 Psi

Figura 58. Vidrio acústico



Fuente: Mazurca S.A

5.6.3 Cálculo del aislamiento térmico del sistema de escape.

Los cálculos se basan en la metodología de Cengel y en las normas ISO

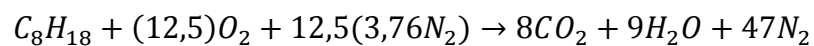
Temperatura de condensación

Para evitar la condensación de los gases de escape es necesario no llegar al punto de rocío de los gases, es por esto que se calcula esta temperatura.

La presión se tomara como la presión atmosférica de Piedecuesta la cual es 677 mmHg o 90,33 Kpa.

$$p_{atm} = 90,33 \text{ kpa}$$

Se realiza la ecuación de combustión completa de gasolina, para obtener la presión parcial del vapor de agua en los productos de la mezcla.



La temperatura de punto de rocío de los productos es la temperatura en la cual el vapor de agua en los productos empieza a condensarse cuando los productos se enfrían, la presión parcial del vapor de agua en los gases de combustión es:

$$P_{vprod} = \left(\frac{N_{vprod}}{N_{prod}} \right) * P_{prod} = \left(\frac{9 \text{ Kmol}}{64 \text{ Kmol}} \right) * 90,33 \text{ Kpa} = 12,13 \text{ Kpa}$$

Por lo tanto la temperatura de punto de rocío es:

$$T_{pr} = T_{sat@pv} = T_{sat@12,13 \text{ kpa}} = 49,9^{\circ}\text{C}$$

Entonces, es importante no permitir que los gases estén por debajo de este valor.

CÁLCULO DE COEFICIENTES DE CONVECCIÓN DEL ESCAPE

Para estimar el aislamiento térmico de las tuberías, es importante conocer los coeficientes de convección que posee el sistema, también es importante ver si en el interior de la tubería se presenta convección forzada interna la cual también debemos calcular.

Convección forzada interna

Para el calculo de la convección interna es necesario obtener la temperatura de los gases, según la recomendación del libro “Desing and simulation of two stroke engines” de Gordon P. Blair primera edición, capítulo 6, pagina 442, se puede tomar con seguridad una temperatura de los gases de escape de 500°C.

$$T_i = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se hallan las propiedades de los gases de escape, para esto se utiliza el EES en donde encontramos las propiedades de cada producto de combustión, y luego se calcula las propiedades de la mezcla de gases, estas propiedades se obtienen a la

temperatura media de los gases la cual es 399,4 °C (resultado obtenido del EES).

Figura 59. Calculo de propiedades en EES

```

Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]

D_mix = 0,5165 [Kg/m3]  k_mix = 0,04894 [W/m-K]  C_mix = 1,233 [Kj/Kg-k]

m_mix = 0,00003048 [Kg/m-s]  Prandtl = 0,7682  V_mix = 0,00005902 [m2/s]

{Molar masses}
M[1]=molarmass(CO2)
M[2]=molarmass(H2O)
M[3]=molarmass(N2)

{Viscosities of individual species}
mu[1]=viscosity(CO2;T=T)
mu[2]=viscosity(H2O;T=T)
mu[3]=viscosity(N2;T=T)

{Conductivity of individual species}
k[1]=conductivity(CO2;T=T)
k[2]=conductivity(H2O;T=T)
k[3]=conductivity(N2;T=T)

C[1]=CP(CO2;T=T)
C[2]=CP(H2O;T=T)
C[3]=CP(N2;T=T)

D[1]=DENSITY(CO2;T=T;P=P)
D[2]=DENSITY(H2O;T=T;P=P)
D[3]=DENSITY(N2;T=T;P=P)

{Call Procedure to calculate mixture properties}
call MixTransp(x[1];x[2];x[3];M[1];M[2];M[3];mu[1];mu[2];mu[3];k[1];k[2];k[3];C[1];C[2];C[3];D[1];D[2];D[3];k_mix;mu_mix)
{Faulty way of calculating the mixture properties!!}
mu_mix=x[1]*mu[1]+x[2]*mu[2]+x[3]*mu[3]
k_mix=x[1]*k[1]+x[2]*k[2]+x[3]*k[3]
C_mix=x[1]*C[1]+x[2]*C[2]+x[3]*C[3]
D_mix=x[1]*D[1]+x[2]*D[2]+x[3]*D[3]
V_mix=mu_mix/D_mix

Prandtl=C_mix*mu_mix*1000/K_mix

```

Ahora calculamos el caudal, con el consumo específico del motor $1,21 \frac{kg}{h}$ ó $3,361 * 10^{-4} kg/s$; y con la relación aire combustible del motor la cual es de 15,04 tendremos el \dot{m} , esto se realiza para dos motores.

$$\dot{m} = 2 * \left(3,361 * 10^{-4} \frac{kg}{s} + 15,04 * 3,361 * 10^{-4} \frac{kg}{s} \right)$$

$$\dot{m} = 0,0107 \frac{kg}{s}$$

Ahora podemos calcular el caudal de los gases.

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\delta} = \frac{0,0107 \frac{Kg}{s}}{0,5165 \frac{kg}{m^3}}$$

$$\dot{V} = 0,0207 \frac{m^3}{s}$$

Con el diámetro de tubería podemos calcular la velocidad de los gases.

$$D = 5 \text{ pul} = 12,7 \text{ cm}$$

$$vel = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,0207 \frac{m^3}{s}}{\pi * (0,0635 \text{ m})^2} = 1,63 \frac{m}{s}$$

Podemos calcular el Reynolds.

$$Re = \frac{vel * D}{\nu} = \frac{1,63 \frac{m}{s} * 0,127 \text{ m}}{5,902 * 10^{-5} \frac{m^2}{s}} = 3519 > 2300 \text{ Turbulento}$$

El flujo nos resulta turbulento y realizamos los cálculos del Nusselt utilizando la ecuación de Gnielinski, pero primero se calcula el factor de fricción:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

Donde ε es la aspereza para tubería de acero comercial (0,002 mm)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \left(\frac{2 * 10^{-6}/0,127}{3,7} + \frac{2,51}{3519 * \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0,0357$$

El Nusselt se obtiene:

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) * (Re - 1000)Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0,5} (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)} = \frac{\left(\frac{0,0357}{8}\right) * (3519 - 1000)0,768}{1 + 12,7 \left(\frac{0,0357}{8}\right)^{0,5} (0,768^{\frac{2}{3}} - 1)}$$

$$Nu = 11,77$$

$$Nu = \frac{h * D}{k}$$

$$h = \frac{Nu * k}{D} = \frac{11,77 * 0,048 \frac{W}{m * K}}{0,127 m} = 4,53 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

Convección natural exterior

Se determina una temperatura superficial del aislante de 40°C para evitar quemaduras en caso de contacto, ya que esta temperatura es el límite de tolerancia del cuerpo humano, con esto hallamos la temperatura media a la que hallamos las propiedades del aire.

$$T_{sup} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Calculamos la temperatura de película para hallar las propiedades:

$$T_f = \frac{T_{sup} + T_{amb}}{2} = \frac{40^{\circ}\text{C} + 24^{\circ}\text{C}}{2} = 32^{\circ}\text{C}$$

Figura 60. Propiedades de aire 30°C

Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., T , °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k , W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282

FUENTE: Transferencia de calor y masa, Yunus A. Cengel, Tercera edición, Mc Graw Hill

La longitud característica corresponde a su diámetro de la tubería, contando el espesor del aislante, el cual se deja como incógnita para encontrarlo.

$$L_c = D$$

Cálculo del valor de Rayleigh.

$$Ra_D = \frac{g * \beta * (T_{sup} - T_{amb}) * D^3 * Pr}{\nu^2}$$

Donde:

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{305 k}$$

$$Ra_D = \frac{9,81 \frac{m}{s^2} * \frac{1}{305 k} * (40 - 24) * (D)^3 * 0,7282}{(1,608 * 10^{-5} \frac{m^2}{s})^2}$$

En este caso se puede calcular el número de Nusselt con convección natural.

$$Nu = \left(0,6 + \frac{0,387 Ra_D^{1/6}}{(1 + (0,559/Pr)^{9/16})^{8/27}} \right)^2$$

El coeficiente de convección será:

$$h = \frac{Nu * k}{D} = \frac{Nu * 0,02588 \frac{W}{m * K}}{D}$$

CONDUCCIÓN TÉRMICA DE AISLANTE.

El aislante a usar son las cañuelas aislantes de mineral de roca de la empresa Calorcol, a continuación se muestran las propiedades en la Figura 61.

Figura 61. Cañuela aislante



8. CAÑUELAS AISLANTES

DESCRIPCIÓN: Lana Mineral de Roca aglomerada y moldeada en forma cilíndrica que permiten un perfecto ajuste al tubo. Disponible en unidades con abertura lateral o en dos medias cañas, pueden ser elaboradas con y sin recubrimiento de foil de aluminio para un mejor acabado estético.
Norma ASTM C547-03 Tipo II.

USOS: Se especifica para aislar térmicamente tuberías calientes con diámetros nominales desde 1/2" hasta 8 pulgadas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Densidad	110 kg/m ³ (6.88 lb/pie ³)
Temperatura de operación	Hasta 649°C (1.200 °F)
Conductividad térmica	0.25 BTU.plg. / hr.pie ² °F a 100 °F
Longitud	0.91 m
Espesor	De 1" a 4". Incrementos de 1/2 plg.
Diámetro nominal de tubería	De 1/2" hasta 8".
Espesor	1" a 4" con incrementos de 1/2"

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

Se usa un aislante con diámetro interior de 5 pulg, y el espesor se dejara como incógnita y así poder hallarla.

La conductividad térmica de aislante es:

$$K = 0.25 \frac{BTU * pulg}{pie^2 * F * hr} = 0,036 \frac{W}{m * K}$$

CONDUCCIÓN TÉRMICA DE LA TUBERÍA DE ACERO.

La tubería de acero galvanizado es de 5 pulg cedula 40, la cual tiene un espesor de pared de 6,55 mm.

Figura 62 Tubería 5 pulgadas

Medida nominal de la tubería pulgadas		Diámetro exterior mm	Espesor mm	Diámetro interior mm
Cédula 40	2½	73.0	5.16	62.7
	3	88.9	5.49	77.9
	3½	101.6	5.74	90.1
	4	114.3	6.02	102.3
	5	141.3	6.55	128.2
	6	168.3	7.11	154.1
	8	219.1	8.18	202.7

FUENTE: Manual CRANE

La conductividad térmica del acero que se utiliza es:

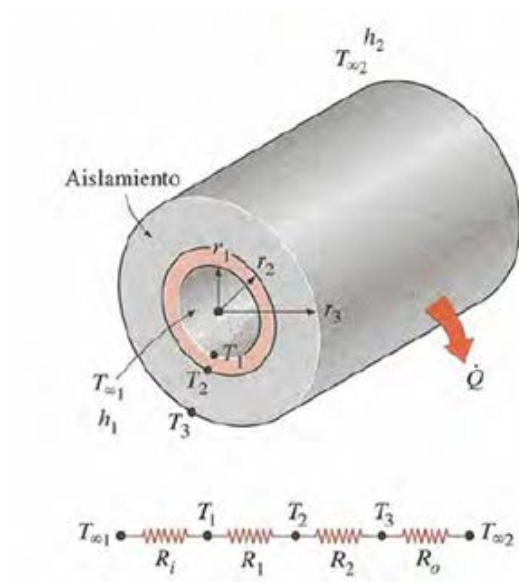
$$K = 55 \frac{W}{m * K}$$

CALCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA

La transferencia de calor se asume unidimensional, puesto que se tiene simetría térmica con respecto a la línea central y no hay variación en la dirección axial.

Se realiza el cálculo de las resistencias térmicas dejando como incógnita el espesor del aislamiento, se tiene como restricciones que la temperatura de la superficie del aislante no supere los 40°C para evitar quemaduras en caso de contacto, además de que los gases no pueden estar por debajo de la temperatura de punto de rocío, también se realizaran los cálculos contando con dos motores encendidos.

Figura 63 Resistencias térmicas



FUENTE: Transferencia de calor y masa, Yunus A. Cengel, Tercera edición, Mc Graw Hill

Y de acuerdo a esto tenemos que:

$$h_1 = 4,53 \frac{W}{m^2 * K} \quad h_2 = \frac{Nu * 0,02588 \frac{W}{m * K}}{D}$$

$$k_1 = 55 \frac{W}{m * K} \quad k_2 = 0,036 \frac{W}{m * K}$$

$$D_1 = 12,82 \text{ cm} \quad D_2 = 14,13 \text{ cm}$$

Y el D3 corresponde al diámetro del aislante por lo cual quedara como incógnita.

Es necesario calcular las áreas.

$$A = \pi DL$$

La longitud de la tubería va desde la sala de pruebas hasta afuera del edificio, en total son 48 m:

$$L = 48 \text{ m}$$

$$A_1 = \pi D_1 L = \pi * 0,1282 \text{ m} * 48 \text{ m} = 19,33 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \pi D_2 L = \pi * 0,1413 \text{ m} * 48 \text{ m} = 21,3 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \pi D_3 L = \pi * D_3 * 48 \text{ m}$$

Entonces cada resistencia térmica se puede determinar:

$$R_i = R_{conv 1} = \frac{1}{h_1 A_1} = \frac{1}{7,37 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 19,33 \text{ m}^2} = 0,011 \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_1 = R_{tubo} = \frac{\ln(D_2/D_1)}{2\pi K_1 L} = \frac{\ln(\frac{14,13 \text{ cm}}{12,82 \text{ cm}})}{2\pi * 55 \frac{W}{m * K} * 48 \text{ m}} = 5,86 * 10^{-6} \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_2 = R_{aisl} = \frac{\ln(D_3/D_2)}{2\pi K_2 L} = \frac{\ln\left(\frac{D_3}{14,13 \text{ cm}}\right)}{2\pi * 0,036 \frac{W}{m * K} * 48 \text{ m}}$$

$$R_0 = R_{conv 2} = \frac{1}{h_2 A_3}$$

Y por lo tanto:

$$R_{total} = R_i + R_1 + R_2 + R_o$$

Entonces la razón estacionaria de perdida de calor es:

$$\dot{Q} = \frac{T_{media \text{ gas}} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{T_{media \text{ gas}} - 24^\circ C}{R_{total}}$$

Ahora se debe calcular el cambio de temperatura de los gases de escape

$$\dot{Q} = \dot{m} * cp * (T_i - T_e)$$

$$T_e = \frac{\dot{m} * cp * T_i - \dot{Q}}{\dot{m} * cp}$$

Con el flujo másico, teniendo en cuenta que tenemos dos motores encendidos.

$$\dot{m} = 0,0107 \frac{Kg}{s}$$

$$cp = 1233 \frac{J}{Kg * k}$$

$$T_e = \frac{0,0107 \frac{Kg}{s} * 1233 \frac{J}{Kg * k} * T_i - \dot{Q}}{0,0107 \frac{Kg}{s} * 1233 \frac{J}{Kg * k}}$$

Se ingresan todas las ecuaciones al EES, y se obtiene el espesor del aislante, la perdida de calor y la temperatura de salida de los gases.

$$Esp = 4,14 \text{ cm} = 1,63 \text{ pulg}$$

$$\dot{Q} = 5310 \text{ W}$$

$$R_{total} = 0,07 \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$T_e = 298,9 \text{ }^{\circ}C$$

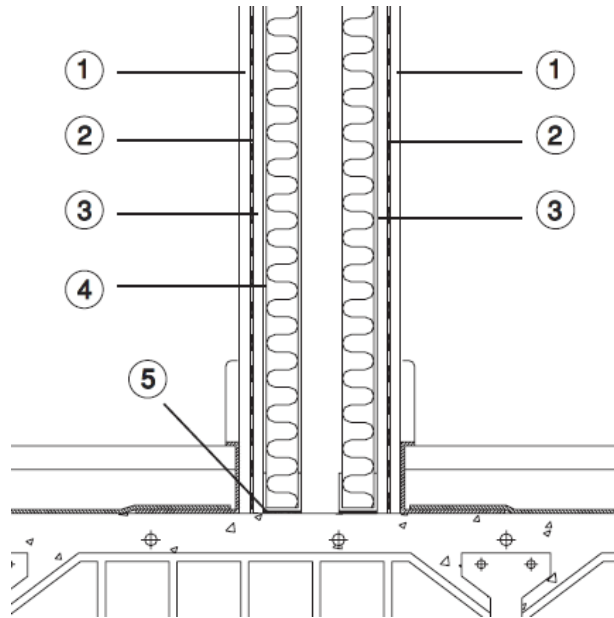
La temperatura de salida de los gases de escape es mucho mayor que la de rocío por lo tanto nos aseguramos de evitar condensados

5.6.4 Calculo del aislamiento térmico en las paredes.

La estimación del necesario aislamiento se obtiene igualando el flujo de calor total transferido al correspondiente entre la superficie que se quiere proteger (la exterior) y el ambiente exterior.

Se supone que la temperatura ambiente de la sala de control será de 24 °C, y para la sala de pruebas supondremos condiciones extremas de 40°C, si se permite solo un incremento de 4 °C en a temperatura de la superficie de la pared de la sala de control.

Figura 64. Descripción pared acústica



FUENTE: <http://chova.com/>

En la Figura 64 tenemos la configuración para el aislamiento de las paredes el cual proviene de la utilización de materiales para aislar acústicamente la sala, estos materiales resultan también ser buenos aislantes térmicos, por lo tanto también se les realizará un análisis para comprobar si cumplen con los requerimientos de aislamiento térmico, el diseño es el siguiente.

- 1-Placa de yeso laminado (13 mm)
- 2- Lámina visco elástica de alta densidad (4 mm)
- 3- Placa de yeso laminado (13 mm)
- 4- Lana mineral (40 mm)
- 5- Lámina visco elástica de alta densidad (4 mm)

Ahora para estimar el coeficiente de convección en el interior de la sala de control se utiliza la recomendación dada por la norma ISO 12241 en la ecuación 18b.

$$h_{cv} = 1,74 \sqrt[4]{\frac{\Delta\theta}{H} \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}}$$

$$\Delta\theta = \theta_{se} - \theta_a$$

$$\theta_{se} = \text{temperatura superficial} = 28^\circ C$$

$$\theta_a = \text{temperatura ambiente} = 24^\circ C$$

$$H = \text{altura de la pared} = 2,5 \text{ m}$$

$$h_{cv} = 1,74 \sqrt[4]{\frac{28^\circ C - 24^\circ C}{2,5 \text{ m}} \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}}$$

$$h_{cv} = 1,95 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

La resistencia térmica se calcula para una sección la cual tiene un área de 1 m^2 .

$$R_{conv 2} = \frac{1}{hA} = \frac{1}{1,95 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} * 1 \text{ m}^2} = 0,512 \frac{^\circ C}{W}$$

El flujo de calor por área se calcula.

$$\dot{Q} = \frac{T_{sup} - T_{\infty 2}}{R} = \frac{28^\circ C - 24^\circ C}{0,512 \frac{^\circ C}{W}} = 7,812 \text{ W}$$

Este valor nos servirá de referencia para conocer si el aislamiento cumple con lo especificado

Ahora se calcula el espesor del aislante necesario para cumplir con los requerimientos, primero se calcula el coeficiente de convección de la sala de pruebas con el método ya visto.

$$h_{cv} = 1,74 \sqrt[4]{\frac{\Delta\theta}{H}} \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$\Delta\theta = \theta_a - \theta_{se}$$

θ_{se} = temperatura superficial = 30 °C

θ_a = temperatura ambiente = 40°C

H = altura de la pared = 2,5 m

$$h_{cv} = 1,74 \sqrt[4]{\frac{40^\circ C - 30^\circ C}{2,5 m}} \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$h_{cv} = 2,46 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$R_{conv1} = \frac{1}{hA} = \frac{1}{2,46 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} * 1 m^2} = 0,406 \frac{^\circ C}{W}$$

Los materiales utilizados y el cálculo de las resistencias térmicas para una sección de pared de $1m^2$ son los siguientes:

Pared yeso Laminado

Son materiales para la construcción formados por un alma en base yeso recubierta en ambos lados por capas de celulosa especial multihoja.

$$K = 0,81 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_1 = \frac{L}{KA} = \frac{0,013 \text{ m}}{0,81 \frac{W}{m * K} * 1 \text{ m}^2} = 0,016 \frac{^{\circ}C}{W}$$

Lamina visco elástica

Lamina visco elástica de alta densidad, especialmente diseñada para la mejora del aislamiento acústico en diferentes situaciones

$$K = 0,041 \frac{W}{m * K}$$

$$R_2 = \frac{L}{KA} = \frac{0,004 \text{ m}}{0,041 \frac{W}{m * K} * 1 \text{ m}^2} = 0,0975 \frac{^{\circ}C}{W}$$

La lana de roca

Es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico y como protección pasiva contra el fuego en la edificación, debido a su estructura fibrosa multidireccional, que le permite albergar aire relativamente inmóvil en su interior.

$$K = 0,036 \frac{W}{m * K}$$

$$R_3 = \frac{L}{KA} = \frac{0,04 \text{ m}}{0,036 \frac{W}{m * K} * 1 \text{ m}^2} = 1,11 \frac{^{\circ}C}{W}$$

En medio de la pared se encuentra un espacio de aire el cual se tiene en consideración.

$$K = 0,02 \frac{W}{m * K}$$

$$R_4 = \frac{L}{KA} = \frac{0,04 \text{ m}}{0,02 \frac{W}{m * K} * 1 \text{ m}^2} = 2 \frac{^{\circ}\text{C}}{W}$$

Ahora calculamos la resistencia total de esta sección de pared.

$$R_{total} = R_{conv1} + 2R_1 + 2R_2 + 2R_3 + R_4 + R_{conv2}$$

$$R_{total} = 0,512 \frac{^{\circ}\text{C}}{W} + 4 * 0,016 \frac{^{\circ}\text{C}}{W} + 2 * 0,0975 \frac{^{\circ}\text{C}}{W} + 2 * 1,11 \frac{^{\circ}\text{C}}{W} + 2 \frac{^{\circ}\text{C}}{W} + 0,406 \frac{^{\circ}\text{C}}{W}$$

$$R_{total} = 5,397 \frac{^{\circ}\text{C}}{W}$$

Y el flujo de calor el cual deberá ser menor al hallado suponiendo una temperatura superficial de 28°C, $\dot{Q} = 7,812 \text{ W}$, de lo cual podemos comprobar la eficacia del aislante térmico.

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{40^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}}{5,397 \frac{^{\circ}\text{C}}{W}} = 2,96 \text{ W}$$

Lo cual es menor que el flujo de calor hallado $\dot{Q} = 7,812 \text{ W}$, el aislamiento acústico cumple también la función de aislar térmicamente.

6 PROTECCIÓN PASIVA CONTRA EL FUEGO

Al tratarse de un laboratorio de pruebas de motores, se debe tener en cuenta el peligro constante de un incendio, gracias a la presencia de combustibles, altas temperatura y fuentes de combustión las probabilidades de accidentes son altas.

Ante cualquier actividad, es preciso analizar los riesgos de incendio, no sólo por las necesidades de protección impuestas o sugeridas por las normas sociales y las compañías aseguradoras, sino por lo que puede representar las pérdidas de vidas humanas, materiales de bienes familiares, sociales o empresariales y sus consecuentes responsabilidades. Ni siquiera un excelente plan de seguros puede remplazar los efectos devastadores de un incendio; razones que hoy en día han llevado a implementar estrategias en protección contra incendio que buscan combinar y complementar de manera efectiva la protección pasiva y activa, generalmente con ellas se trata de conseguir tres fines principales: salvar vidas humanas, minimizar las pérdidas en la infraestructura y conseguir que las actividades laborales continúen o se reanuden en el menor tiempo posible.

La protección pasiva contra incendios comprende todos aquellos materiales, sistemas y técnicas, diseñados para prevenir la aparición de un incendio, impedir o retrasar su propagación, y facilitar por último su extinción.

En caso de incendio, el calor afecta la estabilidad estructural de la construcción atacando la mampostería y el acero. En el caso de cubiertas, el núcleo de aislamiento en lana mineral de roca retarda la propagación del fuego hasta por 120 minutos, debido a su incombustibilidad y su alta resistencia térmica, en la Figura 65 se puede ver las temperaturas de colapso.

Figura 65 Temperatura de colapso

TEMPERATURA CRITICA DEL ACERO	220 °C
TEMPERATURA DE COLAPSO DE LA ESTRUCTURA	538 °C
PROTECCIÓN DE TEMPERATURA CON LANA MINERAL DE ROCA	800 °C

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

La lana mineral de roca provee excelentes desempeños en la protección contra incendios, porque además de ser incombustibles, posee una alta resistencia al fuego. La lana mineral de roca es un material clasificado como incombustible según la ASTM E 136, BS 476 P4, IMO 472, ISO R 11-82, DIN 4102. En caso de incendio actúa como una barrera contra fuego que controla y evita la extensión y expansión del fuego y no contribuye a la emanación de gases ni humos tóxicos (ASTME 119).

Figura 66 Protección contra el fuego



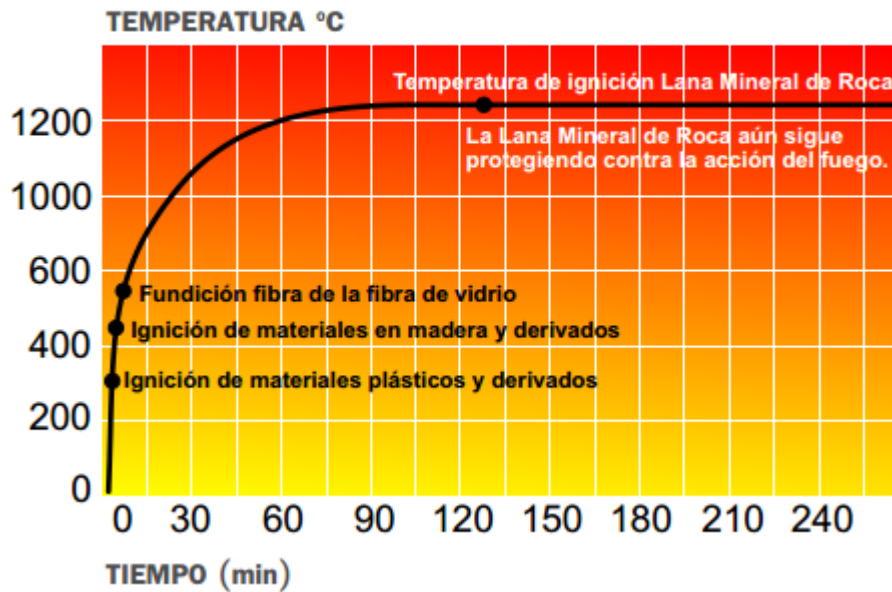
FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

La resistencia al fuego es muy importante en caso de incendio; tanto para proteger a la gente, como para reducir al máximo el daño en los equipos, las edificaciones y mantener al mínimo las paradas de producción. La resistencia al fuego de muros, puertas, ductos de ventilación, tubería, etc., es el tiempo que estos elementos puedan resistir al fuego véase la norma (ISO 834), en la Figura 67 se puede ver el comportamiento al fuego de la lana de roca.

Figura 67. Comportamiento contra el fuego de la lana de roca



COMPORTAMIENTO DE MATERIALES EN EL FUEGO CURVA NORMALIZADA ISO 834



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

VENTAJAS ASOCIADAS A LA LANA DE ROCA.

- El punto de fusión de la lana mineral de roca excede los 1400°C de acuerdo a la DIN 4102 en contraste con la fibra de vidrio la cual se funde a una temperatura de 565°C.
- En caso de incendio la lana mineral de roca no genera gases ni humos tóxicos.
- En caso de incendio, el desarrollo de humo de la lana mineral de roca se declara insignificante y despreciable.
- Resiste temperaturas superiores a los 1000°C sin fundirse.
- La lana mineral de roca debido a su baja conductividad térmica demora el incremento de temperatura en el lado no expuesto al fuego.
- La lana mineral de roca es el producto ideal y mundialmente aprobado para proteger contra incendios, estructuras metálicas, ductos, tuberías, pisos y muros de concreto así como todo tipo de penetraciones de hasta 4 horas.

Figura 68. Incendios

Con la utilización de la lana mineral de roca se previenen los efectos devastadores del fuego y de humos tóxicos.



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

6.1 PUERTA CONTRA INCENDIO

Además de contar con la protección de la lana de roca que se encuentra en las paredes, es necesario contar con puertas contra incendios ya que las puertas son un punto débil en la protección pasiva.

Figura 69 Puerta contra incendios



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

Las puertas corta fuegos están diseñadas para evitar la propagación de un incendio y la expansión de gases y humos tóxicos, en una edificación, permiten la evacuación y rescate de los ocupantes de una edificación, facilita la acción de los cuerpos de bomberos, sirven también para el uso diario, proveen seguridad y control de acceso.

La utilización se hace cada vez más necesaria y obligatoria en hospitales, hoteles, fábricas, cines, salas de espectáculos, industria marina, etc., para garantizar la seguridad de los locales y personal que se encuentre en ellos.

6.1.1 Selección de la puerta contra incendios

Actualmente tenemos una empresa líder en cuanto a elementos de protección pasiva contra el fuego, CALORCOL S.A los cuales fabrican puertas a la medida según los requerimientos del cliente, elaboradas con lámina CR en calibres de 14 a 20 con diseños y mecanismos de construcción de acuerdo a la especificación,

su núcleo de aislamiento es en Lana Mineral de Roca en bloques preformados y rígidos de alta densidad, con excelente coeficiente de absorción acústica y alta resistencia mecánica, el cual es incombustible y no propaga la llama ni humos tóxicos en caso de incendio, con diferentes densidades y espesores de acuerdo a su factor de resistencia al fuego RF (60 y 120).

Tabla 20 Resistencia vs ancho

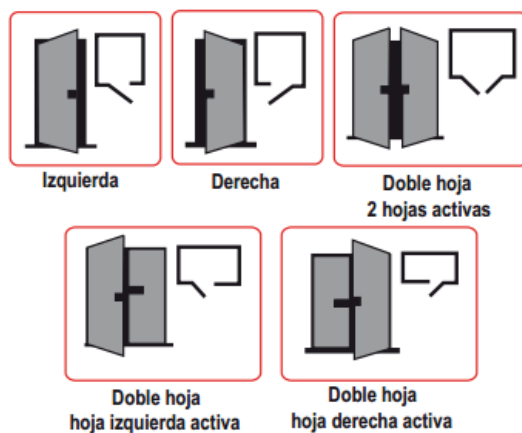
RF	ANCHO					ALTO
60	90	100	120	180	200	215
120	90	100	120	180	200	215
180	90	100	120	180	200	215

Medidas en cm

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

Para puertas corta fuego la resistencia es de 60, 90, 120 y 180 minutos según la normativa ASTM Y NFPA. Incluye cierrapuertas, barra antipánico, opciones de mirillas (circulares o rectangulares), manija y bisagras con retorno automático, Los accesorios cumplen con las certificaciones internacionales UL y FM, también tenemos diferentes opciones de apertura como se puede ver en la Figura 70.

Figura 70 Aperturas



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

6.1.2 Especificaciones técnicas de la puerta.

HOJA: Bandeja y tapa en lámina metálica sencilla o doble, con preparación de superficie con decapado, desengrasado y fosfatado de 1mm de espesor. Con poca conductividad térmica entre caras en el doblado de las pestañas de la bandeja, con Lana mineral de roca ignifugas. Platinas de refuerzo plegadas en zona de bisagras, fijadas con tuercas remachadas. Cantoneras inferiores de acero remachadas con pasta intumescente resistente al fuego.

AISLAMIENTO: Lana de roca de 50 mm espesor y alta densidad (192kg/m³)

PIVOTE DE SEGURIDAD: Anti palanca, de acero al carbono montado sobre tuerca remachada

BISAGRAS: Bisagras de resorte, la inferior de resorte regulables unidas al marco por soldadura y a la hoja con tornillos de alta resistencia atornillados a par controlado.

CERRADURA: Con mecanismo anti pánico incorporado.

MANILLA: Diferentes combinaciones de manillas y pomos

PINTURA: Base epoxi poliamida y acabado en esmalte de poliuretano, (ecológica) aplicada automáticamente con pistola electrostática al agua, con lavado y polimerizado automático.

NIVELES DE PROTECCIÓN: Las puertas de proveen niveles de protección de hasta 4 horas.

SELLADO CONTRA FUEGO: Todo el perímetro de nuestras puertas queda sellado mediante sellos intumescentes en el marco que son resistentes al fuego y se expanden a partir de los 100° C impidiendo el paso de humos y llamas hasta aproximadamente 1100 °C.

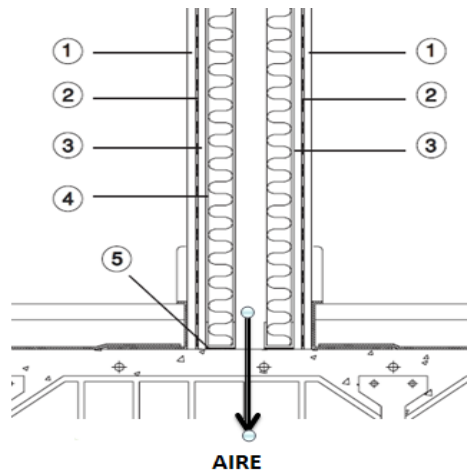
7 SELECCIÓN DE MATERIALES Y COSTOS

Este capítulo muestra los resultados obtenidos en los cálculos realizados anteriormente y las configuraciones resultantes. Además de mostrar el cálculo de costos y cotizaciones.

7.1 PAREDES

Para las paredes tenemos la solución acústica la cual cumple también con los requerimientos de aislación térmica

Figura 71 Configuración acústica de la pared



FUENTE: <http://chova.com/>

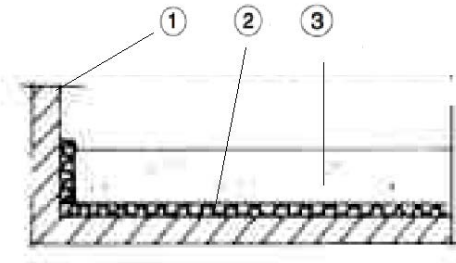
Descripción del montaje:

- 1-Placa de yeso laminado (13 mm)
- 2- Lámina viscoelástica de alta densidad 65
- 3-Placa de yeso laminado (13 mm)
- 4- Lana mineral (40 mm)
- 5- Lámina viscoelástica de alta densidad 65

7.2 PISO

Con el piso la configuración elegida es la siguiente

Figura 72 Configuración acústica del piso



FUENTE: <http://chova.com/>

1- Piso de concreto

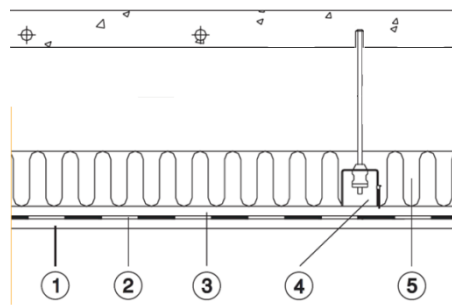
2- Acustipiso de lana mineral de roca, 1 pulgada de espesor

3- Recubrimiento de cemento para protección

7.3 TECHO

Para el techo tenemos la solución acústica la cual cumple también con los requerimientos de aislación térmica

Figura 73 Configuración acústica del techo



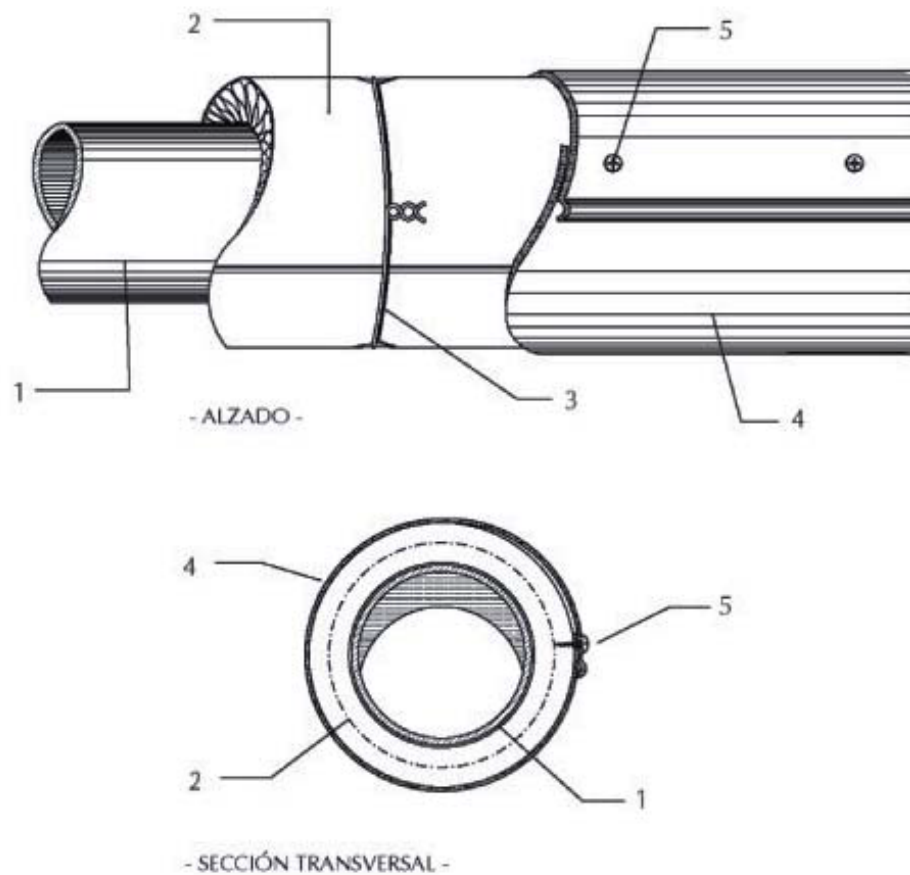
FUENTE: <http://chova.com/>

- 1- Placa de yeso laminado (13 mm)
- 2- Lámina visco elástica de alta densidad (4 mm)
- 3- Placa de yeso laminado (13 mm)
- 4- Estructura colgante
- 5- Lana mineral (40 mm)

7.4 TUBERÍA DE ESCAPE

La tubería de escape se aislará con cañuelas de lana de roca con un diámetro interior de 5 pulgadas y un espesor de 1,5 pulgadas

Figura 74 Aislamiento térmico de la tubería



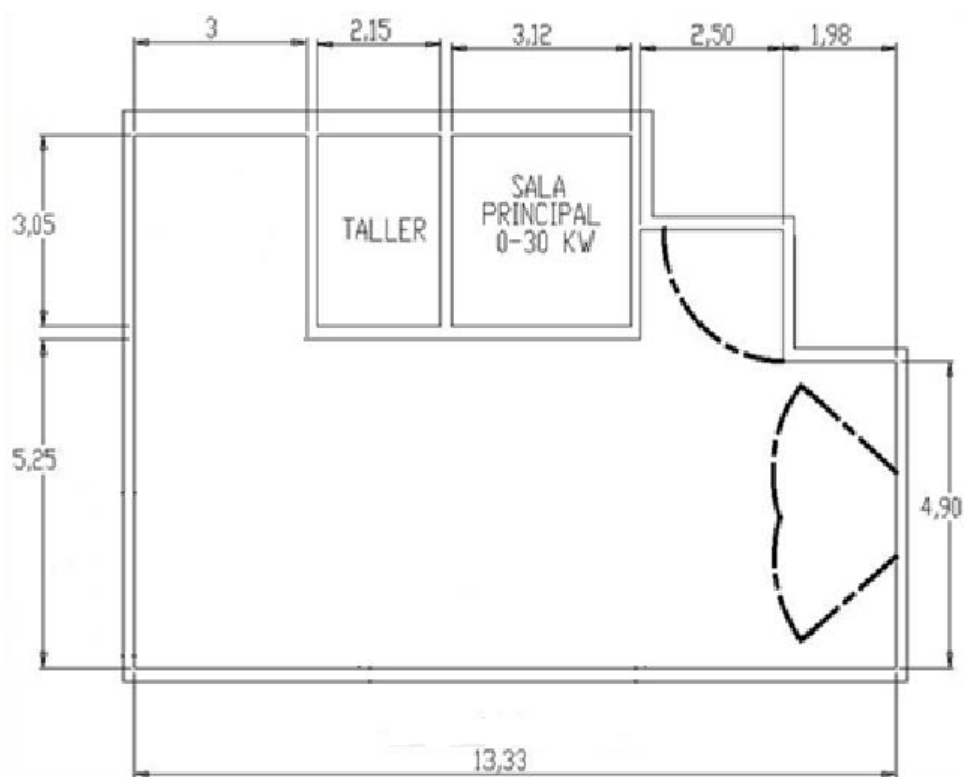
FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

1. Tubería de acero 5 pulgadas
2. Cañuela lana mineral de roca espesor 1,5 pulgadas
3. Alambre de acero galvanizado, para fijación cañuelas.
4. Cubierta de aluminio de 0,4 - 0,7
5. Tornillo autorroscante en acero inoxidable.

7.5 COSTOS Y COTIZACIONES

Debido a que primero se construirá una sala de ensayo, un taller y la sala de control, no se tendrá en cuenta los materiales necesarios para las otras dos futuras salas, siendo así la configuración inicial del laboratorio.

Figura 75 Configuración inicial



Los materiales requeridos, sus respectivas cantidades y costos se muestran en la tabla 21.

Tabla 21 Costos

COMPONENTE	CANTIDAD	VALOR UNIDAD (pesos)	VALOR TOTAL (pesos)
Ventana de vidrio termo acústico	1	828.240	828.240
PUERTA RF 60, de 100 cm x 200 cm en una hoja. Con combo sencillo	1	1.219.348	1.219.348
CAÑUELA LMR 5" X 1,5" X 0,91M	61	29.999	1.787.239
CAÑUELA LMR 2" X 1,5" X 0,91M	4	18.127	72.508
ACUSTIPISO 0,61m X 1,22m X 1" D144	14	18.586	260.204
ACUSTIPLACA 0,61m X 1,22m X 2" D100	54	22.661	1.223.694
MEMBRANA ACÚSTICA FLEX 1m X 10m	4	89.848	359.392
Placa de yeso laminado 1,22x2,44	14	15.648	219.072
Instalación y accesorios	--	--	1.500.000
Imprevistos	--	--	25%

Con un costo total de \$ 9.337.121 pesos.

8 RECOMENDACIONES EN LA INSTALACIÓN

Para un correcto funcionamiento de aislamiento, se debe tener especial cuidado durante su instalación, para esto se tienen algunas recomendaciones dadas por los fabricantes y de esta manera realizar un correcto montaje y evitar el deterioro o mal funcionamiento de los elementos.

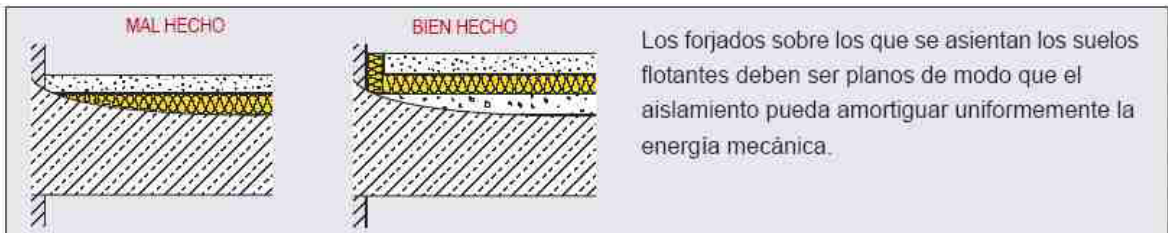
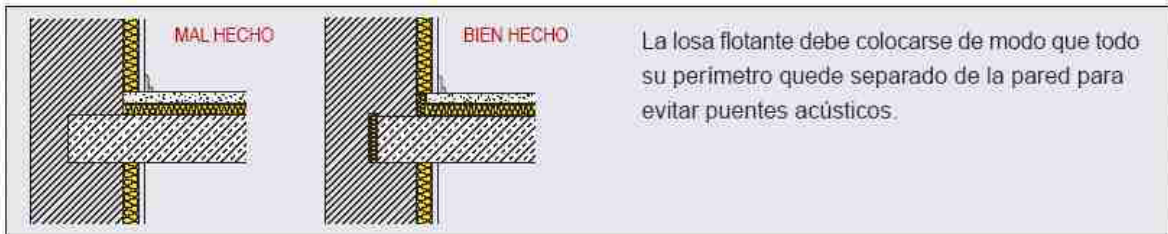
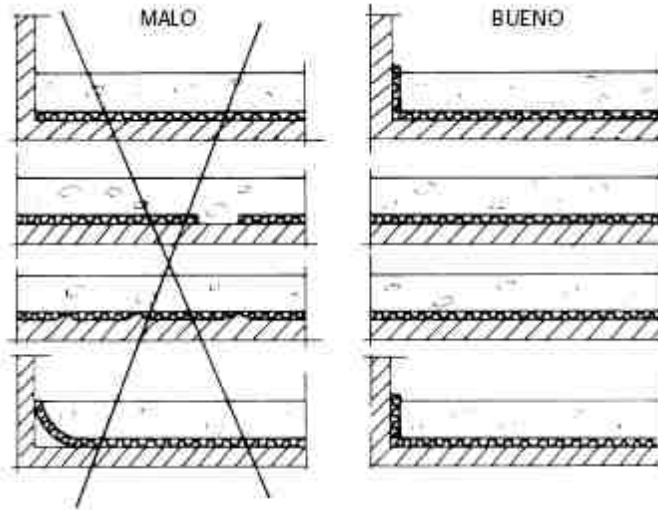
8.1 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL PISO

Las placas de entrepiso convencional, nervadas o lisas, ofrecen poco control de ruido, especialmente estructural (el producido por golpes, pisadas, movimiento de muebles, etc.).

Las características mecánicas del Panel Piso ofrecen una sensación de confort en la pisada sin existir deformación de las tarimas de entrepisos o pisos laminados. El Panel Piso incorpora una lámina plástica que protege el producto de humedades y lo impermeabiliza frente a la aplicación de morteros. El Panel Piso desnudo es incombustible. Su densidad y composición aportan a la placa, resistencia al fuego, sin generar cargas adicionales.

En la construcción de pisos flotantes, se debe tener cuidado con los contactos estructurales para no disminuir la eficiencia del aislamiento, especialmente el contacto de las tuberías con la placa que se puede evitar con el uso de cañuelas de lana mineral. En la Figura 76 se muestra las configuraciones apropiadas para la construcción de pisos.

Figura 76 Configuración apropiada del piso

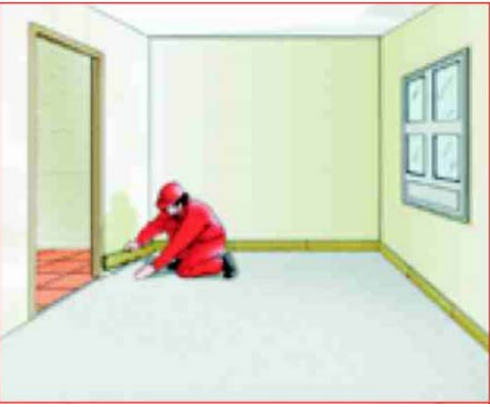
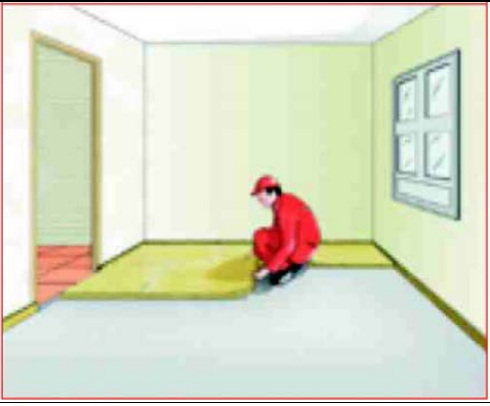



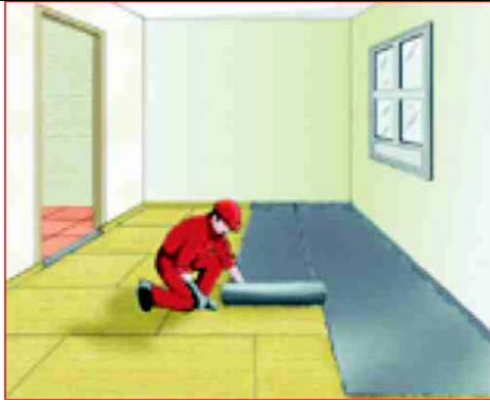
FUENTE: Catalogo acústico CALORCOL

Limpiar la placa de soporte eliminando toda rugosidad u ondulación. Nivelar para cubrir instalaciones existentes. Cubrir enteramente las tuberías con la capa de nivelación.

No debe permitirse ningún puente acústico por contacto, directo o indirecto, entre el forjado y la losa flotante. Las paredes y las diversas penetraciones (tuberías, estructuras) deben permanecer sueltas de la losa flotante.

Figura 77 Montaje del piso acústico

	<p>Preparar un “zócalo” de tiras de Acustiplaca. Se colocarán contra los muros en todo el perímetro de la habitación, la altura de este “zócalo” será de dos centímetros más alto, que la altura de la losa de hormigón, alrededor de las tuberías verticales colocar cañuelas de lana de roca.</p>
	<p>Colocar una sola capa de paneles, utilizar Acustiplaca de lana de roca según espesor recomendado.</p>
	<p>Colocarlos trenzados cuidando que queden muy juntos e incluso con cierta presión entre ellos y contra el “zócalo” perimétrico.</p>



Para evitar hipotéticas filtraciones de hormigón o humedad entre las uniones de los paneles es necesario colocar sobre toda la superficie una lámina de plástico (polietileno calibre 10) o impermeabilizante con uniones solapadas 10 cm como mínimo. La impermeabilización debe sobresalir de la altura del “zócalo” de lana de roca.



Prever un camino sobre el aislamiento para acceder a toda la superficie de la habitación sin riesgo de deteriorar el aislamiento, fundir el concreto empezando por la zona más lejana al acceso, el espesor mínimo recomendado es de 40 mm, puede reforzarse con una malla electro soldada de 10 x 10 cm y alambre de 3 x 3 mm.





Después de secado lento, recortar a la altura superior de la losa de concreto, el plástico o impermeabilización y el “zócalo” de lana de roca. Colocar el acabado correspondiente respetando una distancia no menor de 5 mm con respecto a los muros y tabiques perimetrales. Fijar el zócalo (preferentemente de madera) a los cerramientos perimétricos evitando todo contacto con el suelo. Rellenar este espacio entre el suelo y el zócalo con masilla.

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

8.2 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LAS PAREDES

A continuación se muestran los pasos a seguir en el montaje del aislamiento acústico de las paredes.

Figura 78 Montaje de la pared acústica

	<p>Montar las estructuras metálicas del tabique siguiendo las instrucciones de montaje de los sistemas de placa de yeso laminado. La modulación debe ser de 600mm entre montantes. Antes de la instalación de todos los canales del perímetro se adherirá la banda visco elástica sobre el perfil metálico.</p>
	<p>Insertar la lana mineral de roca entre la estructura metálica</p>

		<p>Atornillar la primera capa de placas de yeso laminado de 13 mm a la estructura metálica siguiendo las instrucciones de montaje de los sistemas de placa de yeso laminado.</p>
		<p>Fijar la lámina visco elástica mediante los siguientes métodos</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Mediante tornillos “placa-metal” añadiendo una arandela. b) Mediante grapas (longitud 8,10 ó 12 mm). c) Mediante adhesivo de contacto.
		<p>Aplicación de la capa de yeso por encima de la lámina</p>

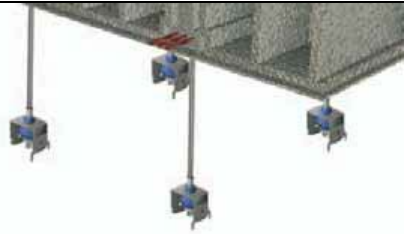

FUENTE: <http://chova.com/>





8.3 RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL TECHO

Los falsos techos son la solución ideal para establecer una cámara de aire, que se puede rellenar con materiales aislantes. La lana de vidrio y la lana de roca, proceden de la fundición de minerales a altísimas temperaturas. Son las más empleadas en construcción. Se utilizan para rellenar las cámaras de aire de las paredes trasdosadas, y también en falsos techos.

Previamente se habrá comprobado que el forjado no presenta huecos o fisuras, que en caso de existir se macizarán con mortero, en la Figura 79 se muestra el montaje del techo.

Figura 79 Montaje del techo acústico

	Fijar las varillas roscadas al forjado.
	Unir los colgantes al andamiaje quedando ambos elementos acoplados. La distancia de descuelgue será de al menos 50 cm respecto del forjado.

	<p>Atornillar la primera capa de placas de yeso laminado de 13 mm a la estructura metálica.</p>
	<p>Extender sobre la estructura metálica y la placa de yeso laminado la lana mineral.</p>
	<p>Adherir la lámina visco elástica a la primera placa de yeso laminado</p>
	<p>Atornillar la segunda capa de placas de yeso laminado de 13 mm a la estructura metálica y sellar las juntas entre ellas.</p>

FUENTE: <http://chova.com/>

8.4 RECOMENDACIONES EN LA INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

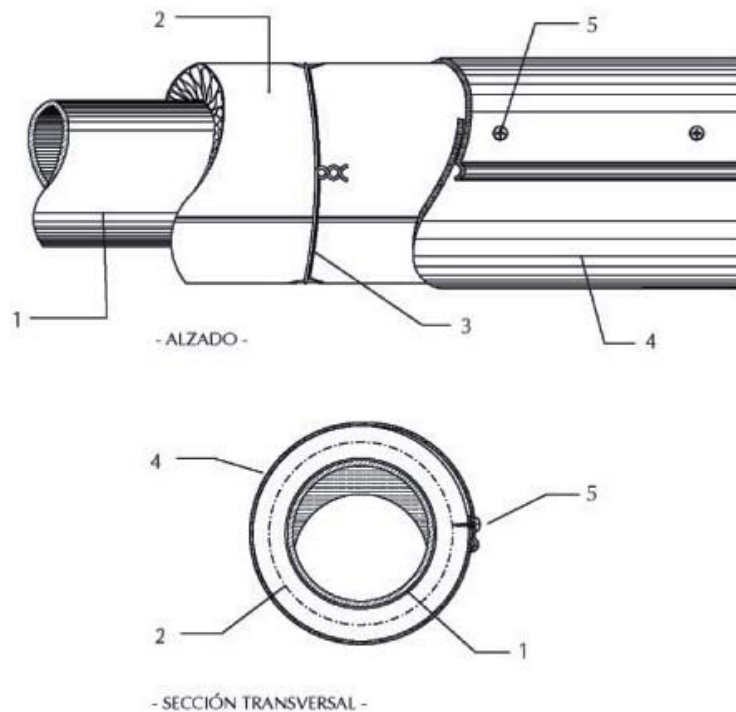
- Todas las tuberías deben estar libres de materias extrañas y de humedad superficial antes de instalar el aislamiento.
- Todo el material de aislamiento debe ser entregado al sitio del proyecto en embalajes de fábrica original, intacto y etiquetado, con el espesor y la designación del producto. El envío de los materiales desde los locales del fabricante hasta el sitio de la instalación se hará en sistemas herméticos de transporte. Los materiales de aislamiento entregados en el sitio de las obras se almacenarán de modo que se protejan de la humedad y la intemperie durante su almacenamiento e instalación.
- Todas las pruebas de los sistemas de tuberías deberán ser completadas antes de la instalación del sistema de aislamiento.
- Compruebe que el aislamiento está limpio, seco y en buenas condiciones mecánicas. Un aislamiento mojado, sucio o dañado no es aceptable para la instalación.
- No use adhesivos, selladores de juntas ni almácigas basados en solventes que estén en contacto con el aislamiento.
- Todo el aislamiento deberá ser ensamblado de manera que esté muy bien ajustado y no tenga huecos ni desniveles en ninguna junta.

8.4.1 Aislamiento de tuberías

El corte practicado longitudinalmente en la cañuela, facilita la colocación asegurando su fijación con alambre de acero galvanizado. La temperatura del fluido y el diámetro de la tubería, permiten la posibilidad de colocar las cañuelas a doble capa.

Para el revestimiento del aislamiento puede utilizarse cubierta de aluminio de espesor según diámetro, lámina galvanizada o de acero inoxidable. Para diámetros de hasta 24 plg, la cubierta de revestimiento se "ata" en las juntas longitudinales y transversales, mediante tornillos autorroscantes, presentándose los bordes de junta transversal y uno de los bordes de junta longitudinal.

Figura 80 Montaje aislamiento del escape



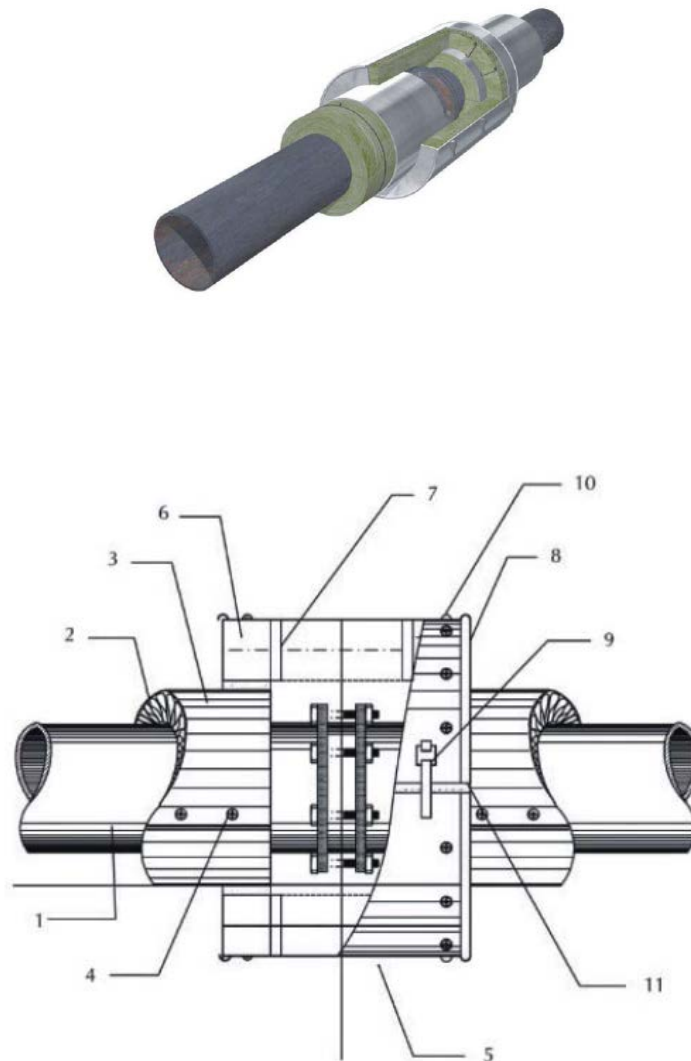
FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

1. Tubería.
2. Cañuela lana mineral de roca
3. Alambre de acero galvanizado, para fijación cañuelas.
4. Cubierta de aluminio de 0,4 - 0,7 mm
5. Tornillo autorroscante en acero inoxidable

8.4.2 Aislamiento de válvulas y bridas.

Para el aislamiento de bridas y válvulas, se utiliza un aislamiento desmontable dividido en dos mitades, construido con lámina de aluminio de 0,7 mm y perfiles en U de refuerzo de acero galvanizado o aluminio.

Figura 81 Aislamiento térmico de bridas



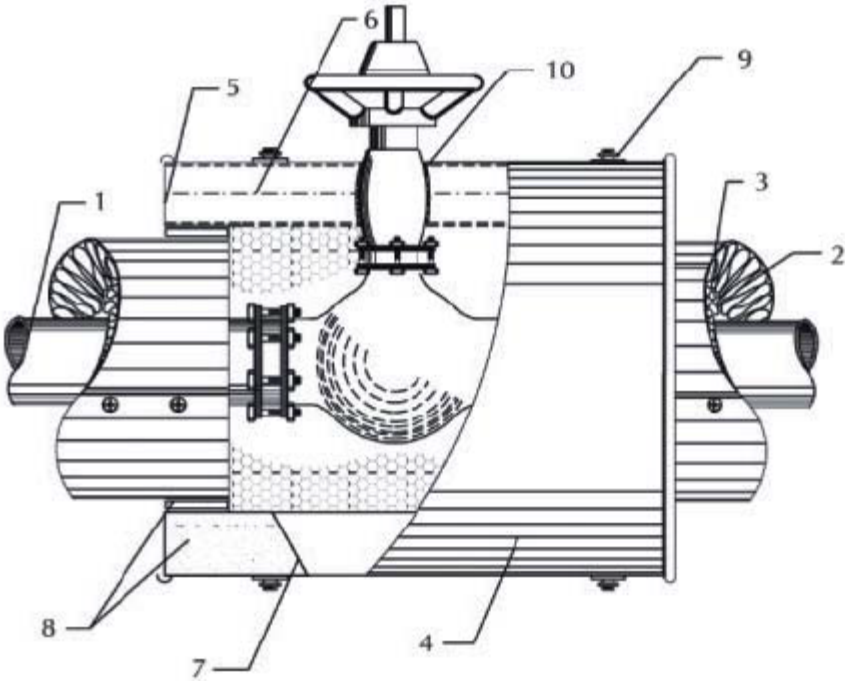
FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

AISLAMIENTO DE BRIDAS

1. Tubería.
2. Cañuela o manta aislante, en una o varias capas.
3. Lámina de aluminio de 0,4-0,7 mm
4. Tornillos autorroscantes para unión de la cubierta de revestimiento.
5. Lámina de espesor 0,7 mm construcción elemento semicilíndrico para aislamiento de bridas (encapsulado).
6. Manta aislante (una capa).
7. Platina de acero galvanizado o inoxidable, para fijación manta o encapsulado.
8. Semicorona en U remate frontal encapsulado.
9. Cierre presión.
10. Tornillo autorroscante o remache, para cosido "corona" a elemento semicilíndrico (encapsulado).
11. Junta de papel cerámico fijado con remaches.

En la Figura 82 podemos ver el aislamiento aplicado a las válvulas, según recomendaciones del fabricante.

Figura 82 Aislamiento de válvulas



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

Aislamiento de válvulas

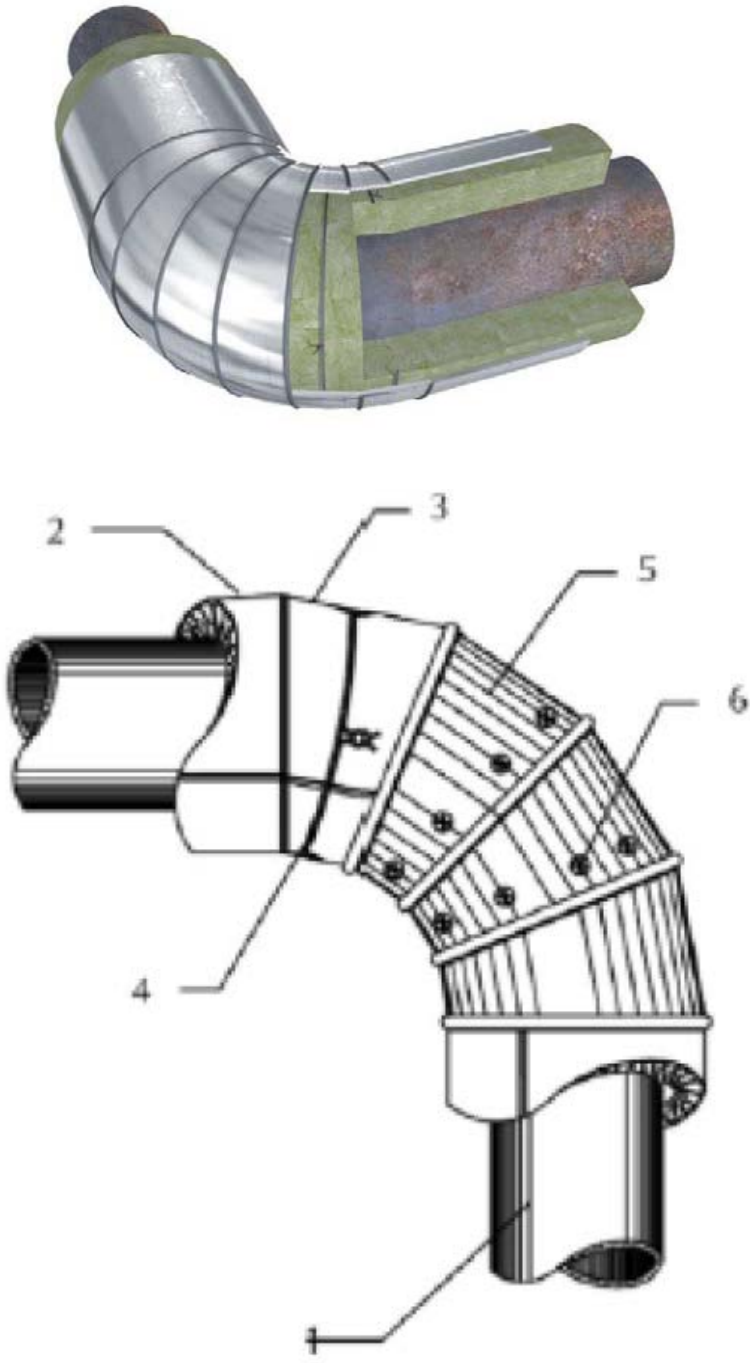
1. Tubería.
2. Cañuela o manta aislante, en una o varias capas.
3. Lámina de aluminio de 0,4-0,7 mm remates en juntas longitudinales y transversales
4. Lámina de aluminio de espesor 0,7 mm, construcción elementos encapsulado.
5. Remate frontal de elementos “encapsulado”, de chapa de aluminio de 0,7 mm.
6. Manta aislante (una capa).
7. Pieza en U de aluminio (remate lateral elementos, “encapsulado”).
8. Junta de papel cerámico fijado con remaches.
9. Cierre presión.
10. Cordón cerámico

8.4.3 Aislamiento de codos.

Cuando se trate de tuberías aisladas con cañuelas de lana mineral de roca, los codos se aíslan cortando las cañuelas en segmentos ajustables y afianzando cada segmento mediante alambre galvanizado, o lo comúnmente empleado en nuestro medio utilizando relleno de lana mineral bruta.

El recubrimiento exterior se realizará mediante segmentos de cubierta grafados entre sí. Estos segmentos se prefabricarán en taller y se montarán en obra.

Figura 83 Aislamiento de codos



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

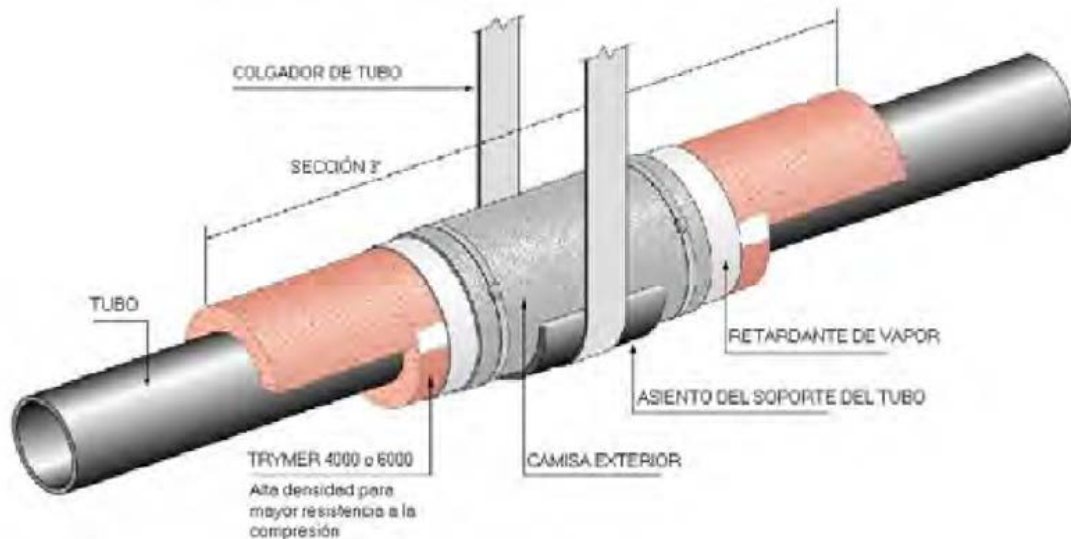
MONTAJE DE CODOS

1. Tubería.
2. Cañuela, o Manta Aislante en una o varias capas.
3. Cañuela o manta, cortadas en segmentos, según curvatura tubería.
4. Alambre de acero galvanizado fijación segmentos de cañuelas y refuerzo segmentos de manta.
5. Cubierta de aluminio de 0,4-0,7 mm cortada en segmentos según curvatura tubería.
6. Tornillos autorroscantes para unión cubierta de revestimiento (segmentos) en juntas longitudinales y transversales.

8.4.4 Soporte colgante de la tubería

En cuanto a los soportes colgantes de la tubería se debe tener especial cuidado ya que pueden causar daños al aislante al apoyarse, para evitar estas circunstancias es necesario utilizar un asiento que sirva de soporte sobre el cual se apoyará la tubería, esto a fin de reducir la carga sobre el aislante y aumentar su vida, estos colgantes deben ubicarse cada 2 a 3 metros.

Figura 84 Montaje del soporte colgante



FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

8.4.5 Aislamiento de tuberías flexibles y elementos irregulares.

Es posible que en un futuro se desee aislar elementos flexibles o que gracias a su configuración o forma, no pueden utilizarse aislantes preformados, para este caso se puede optar por dos soluciones.

La primera consiste en lanas minerales estándar, Consisten de finas fibras minerales de roca muy elásticas y esponjosas, procesadas con o sin lubricantes.

Se usa como aislante térmico y acústico de equipos industriales, comerciales y domésticos de doble servicio. Cumple con la norma ASTM C764 Tipo II Clase A.

Figura 85 Lanas térmicas



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Temperatura de operación	Hasta 750 °C(1382 °F) en régimen continuo
Conductividad térmica	0.25 BTU.plg./hr.pie ² °F a 100 °F
Empaque	Bolsa de polietileno por 10, 20 y 40 Kg.

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

La otra consiste en el aislamiento DUCTOFLEX el cual está formado por listones semirrígidos de lana mineral de roca, los cuales han sido adheridos perpendicularmente a un foil de aluminio flexible que sirve de cubierta y terminado, es recomendado para aislar térmica y acústicamente cuerpos irregulares y cilíndricos, tales como tubería, tanques, ductos, calderas.

Figura 86 Ductoflex



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Densidad	80 kg/m ³ (5 lb/pie ³)
Temperatura de operación	454°C (849.2 °F)
Conductividad térmica	0.25 BTU.plg. / hr.pie ² °F a 100 °F
Dimensiones	4 x 8 pies (1.22 x 2.44 m)

FUENTE: <http://www.calorcol.com/>

9 CONCLUSIONES

Esta sección expone las principales conclusiones del trabajo de investigación realizado

- Se diseñó el aislamiento acústico y térmico de los bancos de pruebas del centro de investigación de motores en el parque tecnológico Guatiguará, siguiendo las normas y estándares aplicables, logrando reducir 104 dB en la celda a un nivel moderado de 41 dB en la sala de control, y logrando aislar la tubería de escape con temperaturas de 500°C para los gases obteniendo una temperatura no mayor de 40°C en la superficie del aislante.
- Los materiales que se ofrecen actualmente en la industria que tienen buen comportamiento como aislantes acústicos, también poseen buenas propiedades como aislantes térmicos por lo tanto las soluciones son complementarias.
- Se puede comparar el ahorro obtenido al utilizar aislamiento térmico con cambiar el aire acondicionado por uno de mayor eficiencia, estas medidas no son excluyentes, de hecho resultan ser complementarias, por lo tanto se puede observar que al utilizar un equipo eficiente y aislar térmicamente se logra optimizar el consumo de energía y obtener ahorros, sin embargo se puede optar por cualquiera de las dos medidas, ya que ambas presentan resultados positivos.
- Al usar aislantes térmicos se puede reducir considerablemente los costos de energía, por lo cual es importante considerar la correcta instalación de aislamiento en la sala tomando en cuenta que cada elemento a aislar requiere un tratamiento distinto.
- En el aislamiento acústico de la correcta y eficiente instalación de los materiales dependerá el éxito del diseño. Como también de la correcta selección de materiales según la problemática.
- Al realizar el acondicionamiento acústico de un local, se tienen en cuenta cálculos y fundamentos que permiten obtener un valor teórico que cumpla con la normativa vigente. Si bien ésta es una parte necesaria e importante, no es definitiva, ya que el hecho de que el proyecto cumpla las exigencias, no implica que en la medición final, una vez realizada la obra, se obtenga el mismo resultado teórico. Esto se debe a que los valores que recogen las fichas técnicas de los diferentes materiales son valores obtenidos en ensayos realizados en laboratorios, ya que las condiciones son más favorables que en las obras, donde la ejecución es in situ y existe un margen de error, con el que se ha de contar en los proyectos acústicos

BIBLIOGRAFÍA

CALORCOL, Catálogo de productos [online]. Versión 2-2008. [Antioquia, Colombia] Disponible en línea: <<http://www.calorcol.com/>>

CENGEL, Yunus A; Boles, Michael A. Termodinámica. Sexta Edición. Bogotá. McGraw-Hill, 2009. 1008p.

CENGEL, Yunus A. Transferencia de calor y masa. Tercera Edición. Bogotá. McGraw-Hill, 2007. 932p.

CHOVA Catálogo de productos [online]. Versión 3.1.[Valencia, España] Disponible en línea: < <http://chova.com/>>

ESKO, Sorainen y TEEMU, Pasanen. LEAF BLOWER NOISE, Kuopio Regional Institute of Occupational Health. Acoustics Laboratory 2004

INCROPERA, Frank P., Dewitt David P. Fundamentos de transferencia de calor. Cuarta edición. México. Pearson Education. 1999. 912p.

Rodríguez, Gabriel y Burgos, Daniela. Manual técnico aislación térmica exterior, Corporación de desarrollo tecnológico de la cámara chilena de la construcción 2008

SALIM GASSAB. Proyecto acústico de una actividad susceptible de ruido y vibraciones, Universidad de Valladolid, Departamento de física aplicada, Ingeniería técnica en telecomunicaciones, 2012.

ANEXO A

FORMATO ID-01 : DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

La Universidad Industrial de Santander se ha enfocado en incentivar procesos de investigación que promuevan la búsqueda, creación y asimilación del saber, orientada a generar conocimiento científico, desarrollo tecnológico y social. Para llevar a cabo este proceso de crecimiento se están conformando Centros de Investigación Científicos y Tecnológicos (CICT) en áreas estratégicas, uno de ellos es el CICT- Recursos Energéticos enfocado en la problemática actual del medio ambiente y el estudio de energías convencionales y no convencionales. En este marco grupos de investigación como GISEL, GIEMA, CIDES, CICAT, INTERFASE y CEIAM están liderando proyectos articulados que incluyan la producción de biocombustibles, análisis en motores, turbinas, sistemas avanzados de conversión de energía y uso final de la energía, todo esto con el fin de obtener combustibles menos contaminantes con el ambiente y de alta eficiencia.

Durante el desarrollo de estos proyectos se ha visto la necesidad de destinar un espacio y un laboratorio en el que en la Universidad Industrial de Santander se puedan realizar todas las pruebas finales de la utilización de combustibles convencionales como gasolina, diesel, gas natural y combustibles alternativos como etanol, biodiesel y otros combustibles no convencionales en que se puedan realizar los estudios pertinentes con todo lo relacionado con motores, turbinas o cualquier otro sistema de conversión de energía.

En Santander existe un laboratorio o sala de ensayos que cuenta con un dinamómetro para la prestación de este servicio el cual esta ubicado en Ecopetrol, en el ICP en Bucaramanga. Sin embargo, cada prueba tiene un alto costo y la disponibilidad de tiempo del mismos por parte del ICP es escasa, pues su atención primordial es con Ecopetrol, por lo cual se hace de difícil acceso para otras entidades. En la Universidad de Antioquia hay un laboratorio similar que se está estableciendo desde hace 5 años, con quienes la se ha venido trabajando en conjunto con la UIS pero esto requiere el traslado de estudiantes pregrado, maestría y doctorado hasta la ciudad de Medellín y también está condicionado principalmente a las necesidades de la Universidad de Antioquia y por lo tanto el limitado número de pruebas que se puedan realizar por parte de los profesores, estudiantes e investigadores de la UIS. La implementación del laboratorio de prueba de motores significaría un adelanto científico y tecnológico, en el cual además se llevarían a cabo el desarrollo de actividades de docencia, investigación y extensión, posicionando a la Universidad como un referente regional, nacional e internacional al poder además empezar a prestar esta clase de servicios con empresas de la industria del sector energético, del transporte, del petróleo y gas entre otras.

Al desarrollar estos proyectos articulados, los estudiantes de ingeniería mecánica, química, electrónica, sistemas y eléctrica que llevan a cabo proyectos de grado con grupos de investigación o estudios de maestría y doctorado relacionados con investigaciones en sistema de conversión de energía se ven afectados por la falta de laboratorios en donde se puedan realizar pruebas en este campo, actualmente ha ido en aumento el interés por investigaciones en esta área y el auge a nivel mundial sobre estudios que involucren el cuidado del medio ambiente. A su vez, muchas empresas pueden requerir los servicios del CIM como por ejemplo: Cenipalma, la empresas agroindustriales, las empresas del transporte de flotas terrestres, aéreas, navales, de generación de energía entre otras, en donde actualmente tienen que asumir costos por traslados, así como retrasos en las pruebas debido a la poca disponibilidad de estos servicios científicos y tecnológicos en la región y en país.

FORMATO ID-01 : DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Es importante tener presente que en Santander se cuenta con gran cantidad de cultivos de palma y caña de azúcar para producción de biocombustibles, los cuales han ido en aumento en los últimos años, al igual que en todo el país se está promoviendo el uso de biocombustibles y energías alternativas en pro del medio ambiente. El Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería de Colciencias apoyado por el Gobierno Nacional en concordancia con su plan estratégico 2005-2015, ha enunciado que el desarrollo de biocombustibles “significará una evolución tecnológica y un cambio de estrategia de prestación de servicio en las zonas aisladas, al propiciar que la energía y su uso se conviertan en instrumento del desarrollo regional, colocando a la agricultura, no solamente como consumidora sino como originadora de materia prima para la producción de energía”. Además, es necesario mencionar las políticas de fomento de biocombustibles del Ministerio de Minas y Energía a través de las leyes 693 de 2001 y 934 de 2004, por las cuales se regula la adición de etanol como aditivo en las gasolinas comercializadas en el país y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel. También, en los documentos “Visión Colombia II Centenario” del DNP y en PEN, se ha buscado darle prioridad a los biocombustibles.

Es necesario resaltar que en la década de los 80 existió una colaboración bastante fructífera en la investigación y desarrollo tecnológico en el uso de biocombustible como fuente alternativa de energía entre las escuelas de Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica bajo el liderazgo de los profesores Clemente Retamoso y Jens Jensen entre otros.

Sin embargo, no existió en su debido tiempo una continuación en el tiempo de éstos estudios, en la cual la UIS fue pionera en el país, y por consiguiente otras universidades e instituciones del país asumieron este liderazgo. Es la oportunidad para que la UIS participe en el desarrollo regional y nacional en estas temáticas y recupere su protagonismo como una de las universidades más importantes en sistemas de conversión de energía.

El CIM es uno de los laboratorios estratégicos del CICT en Recurso Energéticos y que tiene como objetivo principal la prestación de servicios científicos y tecnológicos en sistemas de conversión de energía convencionales y avanzados. Para el correcto desarrollo de misión y la visión del CICT en Recursos Energéticos es necesaria la ubicación del laboratorio del CIM en las instalaciones del PTG. Se requiere el acondicionamiento de unas instalaciones con especificaciones que cumpla con las normas nacionales e internacionales. Entre los principales equipos para este laboratorio se requiere inicialmente de una celda de ensayos de motores el consta de un dinamómetro acoplado a un generador eléctrico, un motor diesel, un motor a gasolina, un motor sterling, turbinas a gas, entre otros, además de esto el laboratorio contará con un cuarto de control donde se podrán realizar de manera automática y controlada todas las pruebas que se lleven a cabo.

El laboratorio requiere de ciertas condiciones para su funcionamiento debido a los equipos antes mencionados que se pretenden instalar allí. Una de las adecuaciones de infraestructura a realizar es una reforma en el piso con el objetivo de lograr el aislamiento del equipo debido a las vibraciones que genera, aislar acústicamente el laboratorio para evitar molestias causadas por los motores en laboratorios aledaños y es indispensable colocar un sistema de extracción de gases tóxicos que se generarán en el laboratorio debido a los procesos de combustión; entre otras adecuaciones más sencillas está dividir una parte para el espacio del cuarto de control, proveer de acuerdo a las necesidades de los equipos con puntos de agua y electricidad.

En el presente documento se sustenta y soporta todo lo relacionado con las adecuaciones de infraestructura, adquisición de equipos, montaje y puesta en marcha del laboratorio para su completo funcionamiento promoviendo el desarrollo científico, tecnológico y social de la Universidad Industrial de Santander, al igual que dando reconocimiento al CICT-Energías tanto a nivel institucional como departamental.

FORMATO ID-02 : OBJETIVOS DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

OBJETIVO GENERAL:

Realizar las adecuaciones de infraestructura necesarias y adquirir los equipos correspondientes para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores del Centro de Investigación Científico y Tecnológico del área de Recursos Energéticos de la Universidad Industrial de Santander con el fin de desarrollar actividades de docencia, investigación y extensión integrando diferentes áreas como ingeniería química, mecánica, eléctrica y electrónica; así como la prestación de servicios a la industria posicionando a la universidad como un referente regional, nacional e internacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Realizar las adecuaciones de infraestructura en el laboratorio del edificio de investigaciones del Parque Tecnológico Guatigará para implementar un espacio destinado al desarrollo científico y tecnológico en el área de motores, turbinas y cualquier sistema de conversión de energía realizando actividades de investigación y extensión.

- ✓ Adquirir equipos de laboratorio que permitan realizar estudios de posgrado en análisis de combustibles en motores (diesel, gasolina y gas), turbinas o cualquier otro sistema de conversión de energía, al igual que prestar un buen servicio a empresas de la industria que requieran del mismo.

- ✓ Integrar las actividades de investigación de pregrado y posgrado en las áreas de ingeniería química, mecánica y eléctrica de tal forma que se promueva un aprendizaje interdisciplinario dentro y fuera de la universidad, ya sea a nivel regional, nacional o internacional aprovechando que en Colombia no se cuenta con muchos laboratorios de este nivel y servicio.

**FORMATO ID-03: POBLACION AFECTADA Y/O ZONA
AFECTADA Y POBLACION
OBJETIVO DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Los estudiantes de ingeniería mecánica, química y eléctrica son afectados directamente con la ausencia de este laboratorio ya que en los cursos de posgrado de maestría y doctorado relacionados con proyectos que involucran sistemas de conversión de energía convencionales y no convencionales requieren realizar pruebas en laboratorios y no se cuenta con un espacio destinado para esta actividad en la universidad. El Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) cuenta con un dinamómetro para realizar pruebas de combustibles con motores pero son de alto costo y de difícil disponibilidad ya que primordialmente cubren la oferta de Ecopetrol y se ven cortos de tiempo para realizar otras pruebas a particulares. En la Universidad de Antioquía también se maneja un laboratorio similar quienes trabajan en conjunto con la universidad y a donde se han mandado estudiantes de maestría de la Escuela de Ingeniería Mecánica a realizar pruebas de biocombustibles pero se presentan ciertas dificultades pues se deben seguir las condiciones que ofrezca la Universidad de Antioquia en cuanto al porcentaje de mezcla del biocombustible con combustibles convencionales lo cual dificulta el análisis y desarrollo de la investigación, adicionando los costos que conlleva el traslado y estadía de los estudiantes que permanecen durante este periodo en Medellín.

En resumen, en pocas partes del país se cuenta con la tecnología y la prestación de este servicio, por lo cual instaurar un laboratorio en la Universidad Industrial de Santander sobre sistemas de conversión de la energía es un avance en el desarrollo científico, tecnológico y social, facilitando además establecer relaciones con otros países que requieran este servicio en Latinoamérica como Chile, Perú, Ecuador entre otros, posicionando a la Universidad Industrial de Santander como referente en este campo de estudio.

Empresas como Cenipalma que producen biodiesel podrían requerir nuestros servicios en pruebas de motores, turbinas entre otros. Actualmente se cuenta con un gran porcentaje de empresas innovando en este campo con el objetivo de ayudar a producir energía menos contaminante con el medio ambiente. Por lo tanto la población objetivo de este proyecto incluye desde estudiantes y docentes hasta empresas productoras de combustibles en general.

FORMATO ID-04 : DESCRIPCIÓN DE LA SITUACION ACTUAL Y SU EVOLUCION

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

La Universidad Industrial de Santander en su búsqueda por ampliar el conocimiento adquirido en la parte académica e integrarlo con la parte práctica ha visto la necesidad de fomentar espacios que promuevan estas actividades como son los Centros de Investigación Científicos y Tecnológicos en áreas Estratégicas, uno de ellos es el CICT en Energías el cual está conformado por diferentes grupos de investigación que trabajan en todo lo relacionado con energías convencional, no convencionales enfocándose a la problemática actual del medio ambiente. El CICT-Energías está conformando espacios en los se puedan suplir todas las necesidades para desarrollar actividades de investigación y extensión relacionados con el área, entre los que se están consolidando se encuentran laboratorios de caracterización de sólidos y líquidos, reactores, prototipos, integración energética, uso final de la energía y sistemas de conversión de energía, a cada una de estas funciones se asignó un espacio físico en el Edificio de Investigaciones del Parque Tecnológico Guatiguará.

La necesidad de crear este laboratorio surge de los múltiples proyectos e investigaciones que se han visto obligados a recurrir a otras universidades en otras partes del país debido a que no se cuenta con la disponibilidad en Santander para realizar pruebas con motores y biocombustibles para analizar sistemas de conversión de energía. El hecho de realizar estas pruebas en otros lados significa una limitante investigativa e inconformidad con los resultados obtenidos pues se deben regir bajo parámetros establecidos por terceros y no por el fin en particular del proyecto en cuestión dificultando su análisis, sin contar todos los gastos generados por estos traslados durante la estadía. Plantear la opción de instaurar un laboratorio de estas características posiciona a la Universidad Industrial de Santander como un referente tecnológico en el tema y facilita la prestación de múltiples servicios que se requieren hoy en día por los avances en el área.

Cada una de las modificaciones que se pretenden realizar en el laboratorio es con el objetivo de crear un espacio en el cual se pueda prestar un buen servicio, así como lograr su acreditación pues sus servicios son poco comunes y de mucha demanda actualmente tanto a nivel regional como nacional. Los docentes a cargo de estas líneas de investigación se ven limitados en cuanto al alcance que le podrían dar a sus proyectos si se contara con este laboratorio.

Algunas de las condiciones más importantes que se deben resaltar para la adaptación del laboratorio es que el dinamómetro acoplado a un generador eléctrico en conjunto con los motores que se pretenden instalar allí, generará vibraciones y bastante ruido. Por tal motivo, se debe aislar el laboratorio haciendo unas adecuaciones en el piso para aislarlo de las vibraciones y en las paredes colocar un material especial que no permite la salida del sonido. Además de esto, durante los procesos de combustión se van a generar gases tóxicos los cuales deben ser extraídos. El laboratorio debe tener una constante circulación de aire pues además se genera calor durante estos procesos.

FORMATO ID-05: DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACION DE LA NECESIDAD O PROBLEMA

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

En Santander existe un laboratorio o sala de ensayos que cuenta con un dinamómetro para la prestación de este servicio el cual esta ubicado en Ecopetrol, en el ICP en Bucaramanga. Sin embargo, cada prueba tiene un alto costo y la disponibilidad de tiempo del mismos por parte del ICP es escasa, pues su atención primordial es con Ecopetrol, por lo cual se hace de difícil acceso para otras entidades.

Actualmente en la universidad no se tiene ningún sitio de prueba de motores que permita analizar los sistemas de conversión de energía siendo esta la principal causa de bajo índice de desarrollo intelectual en el área de aprovechamiento y uso eficiente de los recursos energéticos, además la poca producción en esta área se logra gracias a la colaboración de otras instituciones al prestar sus instalaciones siempre y cuando estén disponibles limitando así el avance científico en el aprovechamiento de energías.

En resumen, en pocas partes del país se cuenta con la tecnología y la prestación de este servicio, por lo cual instaurar un laboratorio en la Universidad Industrial de Santander sobre sistemas de conversión de la energía es un avance en el desarrollo científico, tecnológico y social, facilitando además establecer relaciones con otros países que requieran este servicio en Latinoamérica como Chile, Perú, Ecuador entre otros, posicionando a la Universidad Industrial de Santander como referente en este campo de estudio.

FORMATO ID-06: CUANTIFICACION DE LA DEMANDA Y OFERTA DEL PRINCIPAL BIEN Y/O SERVICIO

AÑOS CALENDARIO	Año cero (0):2014		
	Horizonte de Evaluación: 2		
	Nombre del bien o servicio: Proyectos de investigación y extensión realizados en el laboratorio		
	Unidad de medida: Proyectos de investigación y extensión realizados en el año		
	DEMANDA	OFERTA	DÉFICIT
2014	5	0	5
2015	5	4	1

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO ID-07 : PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).
ALTERNATIVA No. <u>1</u> :
Nombre: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará.
ALTERNATIVA No. <u> </u> :
Nombre:

**FORMATO ID-08 : DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA No:
1**

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Nombre de la alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará.

Descripción de la alternativa:

Teniendo en cuenta las especificaciones requeridas por el centro de investigación de motores, se realizó el diseño de los principales subsistemas involucrados en su funcionamiento y distribución.

La propuesta presentada es una sala de pruebas para motores de dos tiempos que consta de una sala de control, un taller para alistamiento y mantenimiento de piezas y por último una sala de ensayos que está compuesta por una bancada para realizar las pruebas, un sistema de aislamiento acústico y térmico, un sistema de refrigeración y aire acondicionado, un sistema de medición y censado de aire de consumo y salida de gases de escape y un sistema de suministro de combustible y fluidos de lubricación y enfriamiento.

La sala de pruebas se diseña para que se empalme con las futuras fases de desarrollo del laboratorio que contemplan dos salas de pruebas de motores de mediana y gran potencia

FORMATO PE-01: DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACION DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO

SECCION A: Descripción de los principales beneficios del proyecto

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Entre los beneficios cuantificables del proyecto se encuentran:

- Incremento de la producción intelectual (Desarrollo de Patentes, Publicación de Libros y artículos en revistas indexadas por Colciencias, Participación en Ponencias nacionales e internacionales) en las áreas estratégicas identificadas por la Universidad.
- Aumento en el nivel de recursos de financiación de proyectos de investigación y extensión gestionados con entidades gubernamentales, de cooperación internacional y la empresa privada.
- Aumento en el número de servicios de extensión ofertado por las áreas estratégicas de investigación.
- Fortalecimiento de vínculos entre la Universidad, el Estado y la Empresa para trabajo conjunto en proyectos de investigación y extensión

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

Por su parte, entre los beneficios no cuantificables se encuentran:

- Promoción de la generación de conocimiento científico y tecnológico en la Universidad y el Departamento de Santander.
- Apoyo al desarrollo del Parque Tecnológico de Guatiguará.
- Aumento del nivel de competitividad del departamento a través del mejoramiento de la variable Ciencia y Tecnología (C & T).
- Mejoramiento de la cooperación de la Universidad con instituciones educativas y de investigación de alto prestigio, empresas, entidades gubernamentales, egresados y otros entes públicos y privados nacionales e internacionales.
- Consolidación de la cultura investigativa de la Universidad que contribuya a dar solución a la problemática de la región y el país.

FORMATO PE-01: DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACION DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO				
SECCION B : Cuantificación del principal bien o servicio producido				
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).				
Horizonte del Proyecto: 2 años				Año cero: 2014
BIEN O SERVICIO: Proyectos de investigación y extensión realizados en el laboratorio			FACTOR VALOR PRESENTE	VALOR PRESENTE
UNIDAD DE MEDIDA: Proyectos de investigación y extensión realizados en el año				
AÑO DEL PROYECTO	AÑO CALENDARIO	CANTIDAD PRODUCIDA		
0	2014	5	1.0000	5
1	2015	5	0.8929	4
			TOTAL	9

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO PE-02 : PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO
Sección A: Inversión
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).
Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará.

COMPONENTE						
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (pesos)	VLR PARCIAL (pesos)	Observaciones
Construcción	Ventana de vidrio termo acústico	NA	1	828.240	828.240	
Construcción	PUERTA RF 60, de 100 cm x 200 cm en una hoja. Con combo sencillo	NA	1	1.219.348	1.219.348	
Construcción	CAÑUELA LMR 5" X 1,5" X 0,91M	NA	61	29.999	1.787.239	
Construcción	CAÑUELA LMR 2" X 1,5" X 0,91M	NA	4	18.127	72.508	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

Construcción	ACUSTIPISO 0,61m X 1,22m X 1" D144	NA	14	18.586	260.204	
Construcción	ACUSTIPLA CA 0,61m X 1,22m X 2" D100	NA	54	22.661	1.223.694	
Construcción	MEMBRAN A ACUSTICA FLEX 1m X 10m	ROLLO 10 M	4	89.848	359.392	
Construcción	Placa de yeso laminado 1,22x2,44	NA	14	15.648	219.072	
Construcción	Instalación y accesorios	NA	NA	600.000	600.000	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO PE-02 : PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO
Sección B: Operación
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).
Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará.

COMPONENTE						
CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (pesos)	VLR PARCIAL (pesos)	Observaciones
Operación y mantenimiento	vigilancia	NA	NA		600.000	
Operación y mantenimiento	Personal de servicios varios	NA	NA		1.000.000	
Operación y mantenimiento	Implementos de aseo	NA	NA		100.000	
Operación y mantenimiento	Consumo de energía eléctrica	NA	NA		1.200.000	
Operación y mantenimiento	Consumo de agua	NA	NA		600.000	
Operación y mantenimiento	telefonía	NA	NA		100.000	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO PE-03 : COSTOS DE INVERSION DE LAS ALTERNATIVAS

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatigará.

(Este formato es generado por el Sistema)

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO PE-04 : COSTOS DE OPERACION DE LAS ALTERNATIVAS

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatigará.

(Este formato es generado por el Sistema)

FORMATO PE-05 : CAPACIDAD INSTALADA
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).
¿CUAL ES LA CAPACIDAD INSTALADA POR EL PROYECTO? 20 m2 que comprende al taller, la sala de control y la sala de ensayos.
CANTIDAD: 1 sala de pruebas
UNIDAD DE MEDIDA: m2 por sala de pruebas
OBSERVACIONES: el laboratorio tendría las siguientes dimensiones: para el taller 2.15m de largo por 3.05 m de ancho, la sala de ensayos consta de 3.12m de largo por 3.05m de ancho, y la sala de control tiene 2m de largo por 2m de ancho, todas las salas tienen una altura aproximada de 3m.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO PE-06 : RESUMEN DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatigará.

(Este formato es generado por el Sistema)

FORMATO PE-07 : EFECTO AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará.

El laboratorio se enfocara en la realización e ensayos a motores de combustión interna, lo cuales generaran gases de combustión, a pesar de esto los sistemas de escape cuentan con catalizadores, filtros y silenciadores los cuales reducirán la contaminación, en cuanto al ruido y las vibraciones producidas, el laboratorio contar con su respectivo sistema de aislamiento acústico y reducción de vibraciones, al realizarse pruebas con motores se generaran grandes cantidades de calor, las cuales serán controladas con un sistema de aire acondicionado y de aislamiento térmico, para mantener un ambiente controlado, a pesar de realizar ensayos con motores, el laboratorio generara investigaciones acerca del uso eficiente de combustible y mejoras en los motores, diseñando así equipos mas limpios y con menor emisión de gases de escape.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACIÓN

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Formatos Proyectos Tipo A

FORMATO PE-08 : SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MÍNIMO COSTO
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).
Alternativa No.: 1
Costo Precio social: (Información generada por el Sistema)
Nombre de la alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará.
OBSERVACIONES:

FORMATO PE-09 : MARCO INSTITUCIONAL

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

La política de investigación y extensión de la Universidad establece compromisos claros con la generación de condiciones favorables para el desarrollo de actividades de investigación y su posterior transferencia de resultados a beneficiarios en diferentes sectores productivos y sociales de la región y de la nación. De forma específica la Política de Investigación aprobada mediante Acuerdo 047 de diciembre de 2004 del Consejo Superior, instituye que:

“La universidad debe promover la generación y el fortalecimiento de condiciones apropiadas para el desarrollo de las actividades investigativas como requisito indispensable para consolidar una cultura de investigación en la institución.”

En cuanto a la articulación con su entorno, se plantea que:

“La institución deberá establecer vínculos con diferentes organizaciones de carácter científico, gubernamental, empresarial y social con el fin de desarrollar actividades investigativas que den solución a problemas identificados en los ámbitos regional, nacional y mundial.”

Por su parte, la Política de Extensión adoptada mediante Acuerdo 006 de febrero de 2005 del Consejo Superior contempla la vinculación de la Universidad con el sector productivo de la siguiente manera:

“Las relaciones de la Universidad con el sector productivo están orientadas a fortalecer la excelencia académica y a fomentar una cultura de la investigación en el seno de la comunidad universitaria, mediante la generación y adecuación de conocimientos, así como la apropiación, uso y transferencia de tecnología.”

En consecuencia con la tendencia mundial hacia la consolidación de las denominadas Universidades de Investigación, el Plan de Desarrollo Institucional 2008-2018 en su Dimensión Académica se compromete con el desarrollo de una sociedad de conocimiento, con fundamento en la consolidación de la cultura investigativa. En tal sentido, el primer objetivo estratégico del Plan plantea realizar investigación de alta calidad orientada al desarrollo científico y conducente a innovaciones tecnológicas, sociales, económicas, culturales y políticas pertinentes con el desarrollo del país.

FORMATO FS-01: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	2014	2015	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN			\$6.569.697			
INTERNAS						
Fondo Común						
Estampilla ProUIS						
RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO						
TOTAL FINANCIACION INVERSIÓN			\$6.569.697			\$6.569.697

FORMATO FS-02: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	2014	2015	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN			\$3.600.000			
INTERNAS						
Fondos Especiales						
TOTAL FINANCIACION OPERACION			\$3.600.000			\$3.600.000

FORMATO FS-03: SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

El desarrollo del Proyecto ratifica el compromiso institucional de la UIS con la investigación y el desarrollo de la región y el país. Se espera que así como la Universidad ha demostrado su capacidad investigativa destacándose en el contexto nacional a través de sus 58 grupos de investigación reconocidos y más de 100 registrados en Colciencias a partir de este proyecto y al contar con la infraestructura tecnológica y física acorde a las exigencias de las actividades investigativas de hoy día se incrementen sustancialmente los niveles de producción de conocimiento.

Con la asignación de recursos de inversión en el proyecto se fortalece la academia principalmente en sus programas académicos de maestría y doctorado quienes se fundamentan en la investigación. Sin embargo, para la sostenibilidad del laboratorio se hace necesario contar con recursos para el funcionamiento propio de las instalaciones (mantenimiento y operación) por el orden de \$\$\$3.900.000 anuales los cuales deberán incluirse en el presupuesto de funcionamiento de la planta física de toda la Universidad y poder de esta forma garantizar la continuidad del desarrollo de las actividades enmarcadas en cada uno de los proyectos que gestionen los investigadores participes de las áreas estratégicas.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACION

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Ficha EBI

FORMATO EBI-01: CLASIFICACION
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).
PERIODO : 2014-2015
PROGRAMA: Dimensión académica
SUBPROGRAMA: Realizar Investigación de alta calidad orientada al desarrollo científico y conducente a innovaciones tecnológicas, sociales, económicas, culturales y políticas pertinentes con el desarrollo del país

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACION

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Ficha EBI

FORMATO EBI-02: LOCALIZACIONES

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	UAA
SANTANDER	PIEDRECUESTA	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FORMATO EBI-03: JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

La Universidad Industrial de Santander se ha enfocado en incentivar procesos de investigación que promuevan la búsqueda, creación y asimilación del saber, orientada a generar conocimiento científico, desarrollo tecnológico y social. Para llevar a cabo este proceso de crecimiento se están conformando Centros de Investigación Científicos y Tecnológicos (CICT) en áreas estratégicas, uno de ellos es el CICT- Recursos Energéticos enfocado en la problemática actual del medio ambiente y el estudio de energías convencionales y no convencionales. En este marco grupos de investigación como GISEL, GIEMA, CIDES, CICAT, INTERFASE y CEIAM están liderando proyectos articulados que incluyan la producción de biocombustibles, análisis en motores, turbinas, sistemas avanzados de conversión de energía y uso final de la energía, todo esto con el fin de obtener combustibles menos contaminantes con el ambiente y de alta eficiencia.

Durante el desarrollo de estos proyectos se ha visto la necesidad de destinar un espacio y un laboratorio en el que en la Universidad Industrial de Santander se puedan realizar todas las pruebas finales de la utilización de combustibles convencionales como gasolina, diesel, gas natural y combustibles alternativos como etanol, biodiesel y otros combustibles no convencionales en que se puedan realizar los estudios pertinentes con todo lo relacionado con motores, turbinas o cualquier otro sistema de conversión de energía.

FORMATO EBI-04: DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

(Este formato es generado por el Sistema)

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Nombre Alternativa: Construcción y dotación tecnológica del centro de investigación de motores CIM de la universidad industrial de Santander en la sede de Guatiguará

Descripción alternativa: Teniendo en cuenta las especificaciones requeridas por el centro de investigación de motores, se realizó el diseño los principales subsistemas involucrados en su funcionamiento y distribución.

La propuesta presentada es una sala de pruebas para motores de dos tiempos que consta de una sala de control, un taller para alistamiento y mantenimiento de piezas y por ultimo una sala de ensayos que esta compuesta por una bancada para realizar las pruebas , un sistema de aislamiento acústico y térmico, un sistema de refrigeración y aire acondicionado, un sistema de medición y censado de aire de consumo y salida de gases de escape y un sistema de suministro de combustible y fluidos de lubricación y enfriamiento.

La sala de pruebas se diseña para que se empalme con las futuras fases de desarrollo del laboratorio que contemplan dos salas de pruebas de motores de mediana y gran potencia

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACION

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Ficha EBI

FORMATO EBI-05: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

(Este formato es generado por el Sistema)

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	2014	2015	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN			\$6.569.697			
INTERNAS						
Fondo Común						
Estampilla ProUIS						
RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO						
TOTAL FINANCIACION INVERSIÓN			\$6.569.697			\$6.569.697

FORMATO EBI-06: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACION DEL PROYECTO

(Este formato es generado por el Sistema)

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

AÑOS AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	2014	2015	SALDO	TOTAL
RECURSOS DE INVERSIÓN			\$3.600.000			
INTERNAS						
Fondos Especiales						
TOTAL FINANCIACION OPERACION			\$3.600.000			\$3.600.000

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACION

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Ficha EBI

FORMATO EBI-07: IMPACTO DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

AREA DE INFLUENCIA

REGION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
NORORIENTE COLOMBIANO	SANTANDER	PIEDECUESTA

FORMATO EBI-08: ESTUDIOS QUE RESPALDAN EL PROYECTO

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

NOMBRE	FECHA DD MM AA	ENTIDAD AUDITORA	DIRECCIÓN DE CONSULTA
SUMINISTRO MATERIAL DE AISLAMIENTO Y PUERTA CF	24/04/2014	CALORCOL	info@CALORCOL.com
OFERTA VENTANA VIDRIO TERMOACÚSTICO	24/04/2014	MAZURCA	gerencia@mazurca.com
OFERTA PUERTA CORTAFUEGO	24/04/2014	MAZURCA	gerencia@mazurca.com

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OFICINA DE PLANEACION

Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

Ficha EBI

FORMATO EBI-09: DILIGENCIAMIENTO

(Este formato lo genera el Sistema)

Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

Funcionario:	JORGE LUIS CHACON VELASCO
Número de Documento de identidad:	
Tipo de Documento de Identidad:	Cedula de ciudadanía
Dirección:	Cra 27 calle 9 ciudad universitaria
Teléfono:	634400
Cargo:	Docente de planta

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

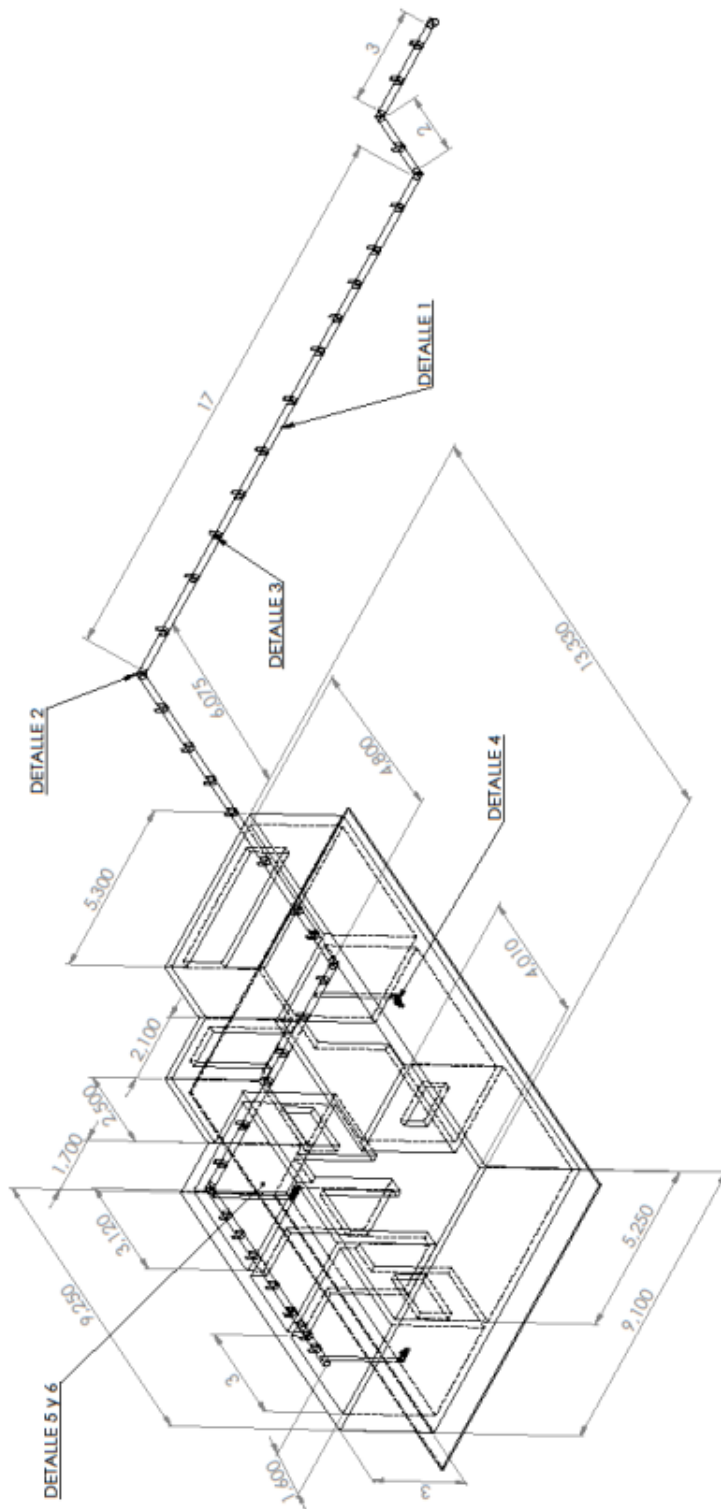
OFICINA DE PLANEACION


Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS - BPPIUIS -

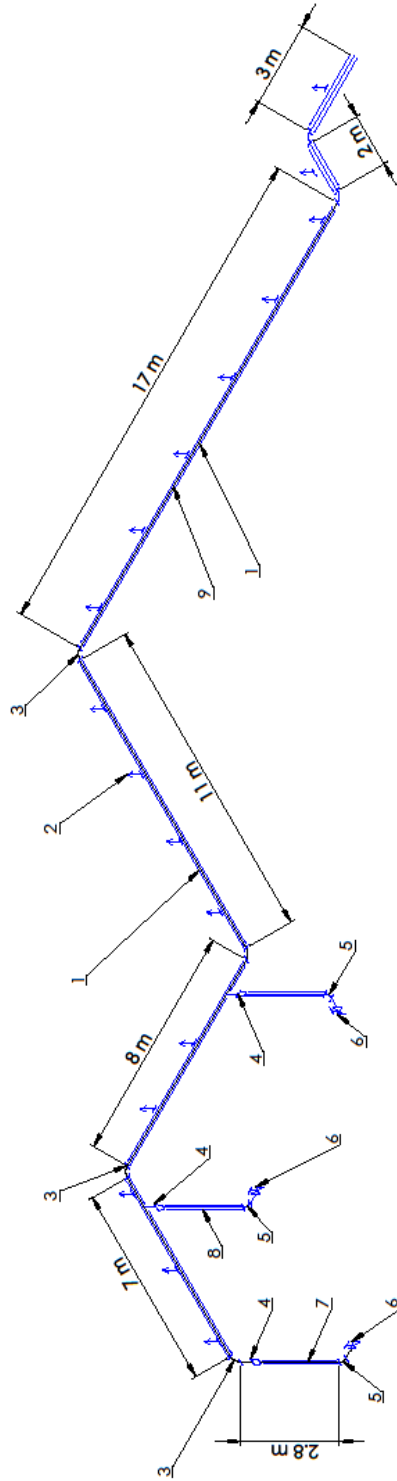
Ficha EBI

FORMATO EBI-10: OBSERVACIONES DEL PROYECTO DILIGENCIAMIENTO
Nombre del Proyecto: Adecuación de la infraestructura y adquisición de equipos para la puesta en marcha del laboratorio de prueba de motores centro de investigación de motores (CIM).

ANEXO B

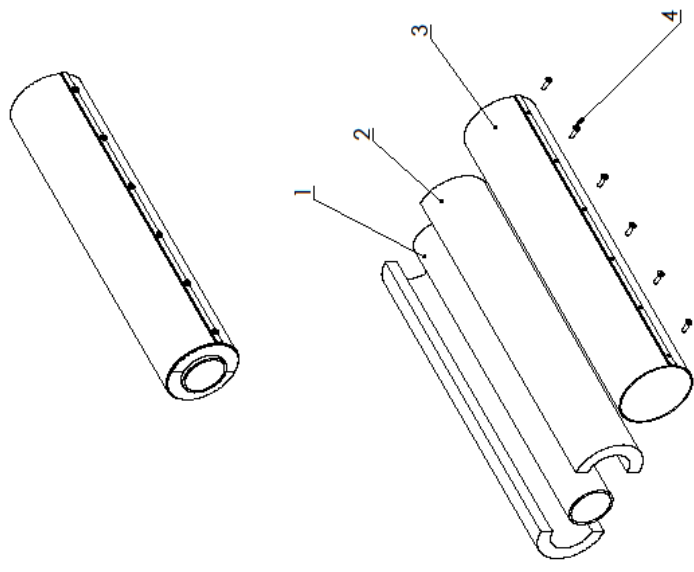


		PLANO No: 1	ESCALA: 1:100	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
DISEÑO: MARIO JAVIER CALDERÓN CECILIA AUGUSTO MOHICA		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
APROBADO: JORGE LUIS CHACÓN VILLAZO		UNIDADES DE: Metros		
FECHA: 15/02/2014		PLANO GENERAL		



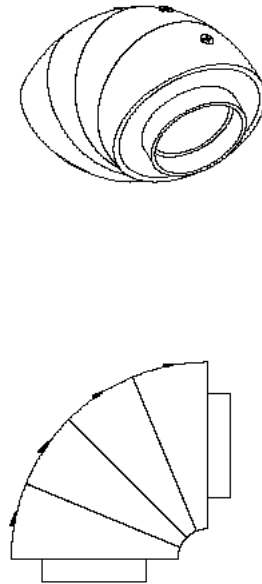
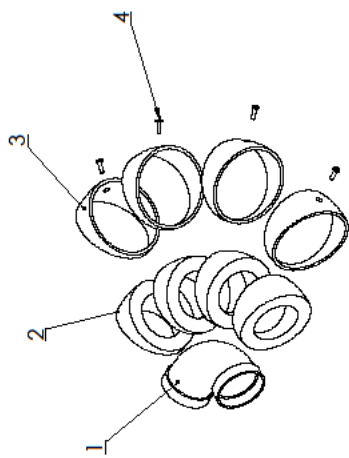
Nº	Descripción
1	Cañuela aislante ϕ interno 5 pulg espesor 1,5 pulg
2	Soporte colgante
3	Codo a 90° ϕ 5 pulg
4	Reduccion 5 pulg- 2 pulg
5	Codo a 90° ϕ 2 pulg
6	Valvula de compuerta ϕ 2 pulg
7	Tubería de acero ϕ 2 pulg
8	Cañuela aislante ϕ interno 2 pulg espesor 1,5 pulg
9	Tubería de acero ϕ 5 pulg

	PLANO No:	02	ESCALA	1:100	UNIVERSIDA INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE		CEAR AUGUSTO MONCADA		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJ: MARLO JAHRE CALDERON AUTORA: JORGE LUIS CHACON VELASCO	FECHA:		15/05/2014	UNIDADES:	METROS
					ISOMETRIA DEL ESCAPE CONJUNTO



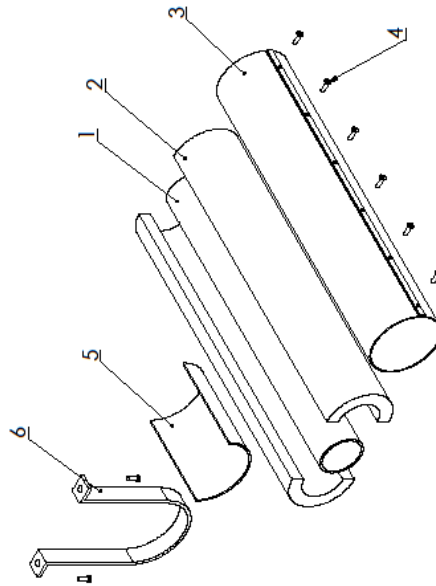
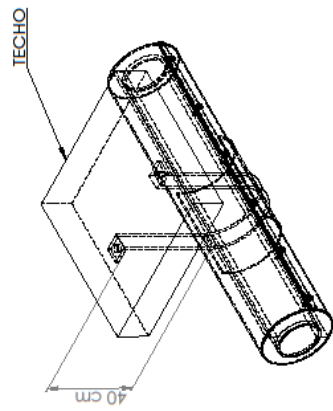
Nº	ITEM	DESCRIPCION
1	TUBERIA DE ACERO	Ø 5 PULG
2	CAÑUELA DE LANA DE ROCA	ESPESOR 1,5 PULG
3	FOIL DE ALUMINIO	ESPESOR 0,4 mm
4	TORNILLOS AUTORROSCANTES	M8x20

	PLANO No:	03	A3	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE			
DISEÑ:	MARLO JAHIR CALDERON	CEAS AUGUSTO MONCADA		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
APROB:	JORGE LUIS CHACON VELASCO			
FECHA:	15/05/2014	ESCALA:	1:100	DETALLE 1 : AISLAMIENTO DE TUBERIAS



Nº	ITEM	DESCRIPCION
1	CODO DE ACERO	Ø 5PULG
2	CAÑUELA DE LANA DE ROCA	ESPESOR 1,5 PULG
3	FOIL DE ALUMINIO	ESPESOR 0,4 mm
4	TORNILLOS AUTORROSCANTES	M8x20

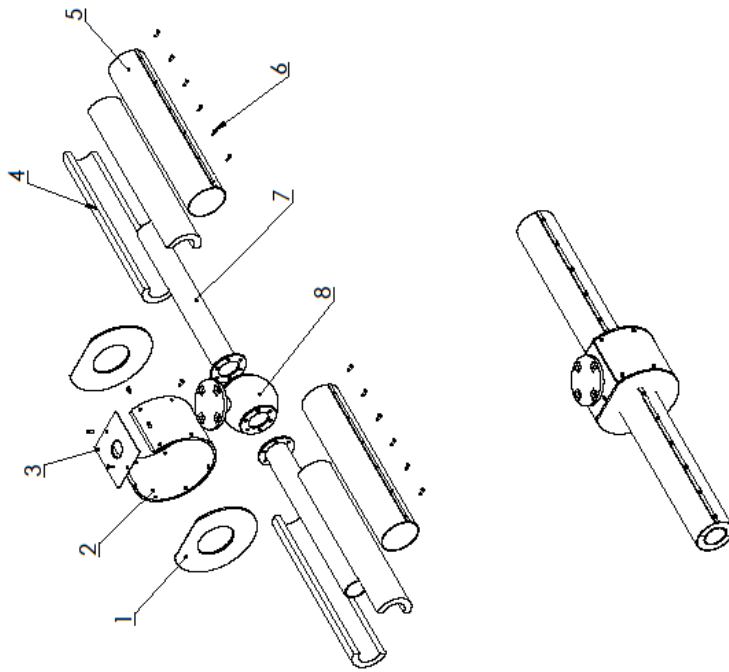
	PLANO No:	04	A3	UNIVERSIDA INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE			
ENL:	MARLO JAMES CALDRON	CEGAR AUGUSTO MOMICADA	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
AREA:	JORGE LUIS CHACON VELAZCO			
FECHA:	15/05/2014	ESCALA:	1:100	DETALLE 2 - AISLAMIENTO DE CODOS



Nº	ITEM	DESCRIPCION
1	TUBERIA DE ACERO	Ø 5 PULG
2	CAÑUELA DE LANA DE ROCA	ESPESOR 1,5 PULG
3	FOIL DE ALUMINIO	ESPESOR 0,4 mm
4	TORNILLOS AUTORROSCANTES	M8x20
5	ASIENTO	----
6	COLGANTE	40 cm AL TECHO

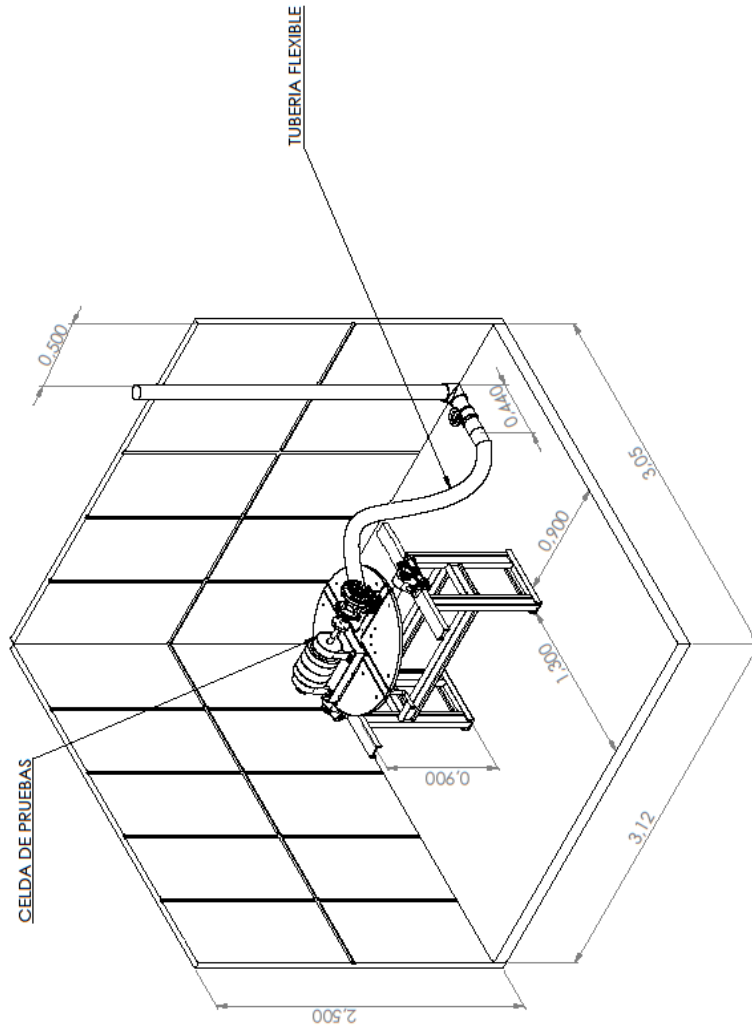


PLANO No:	05	A3	UNIVERSIDA INDUSTRIAL DE SANTANDER
NOMBRE			ESCUOLA DE INGENIERIA MECANICA
DRILL:	MAELO JAHR CALDERON	CEAR AUGUSTO MONCADA	
APROB:	JORGE LUIS CHACON VELASCO		
FECHA:	13/05/2014	ESCALA:	1:100
			DETALLE 3 : SOPORTE DE TUBERIA

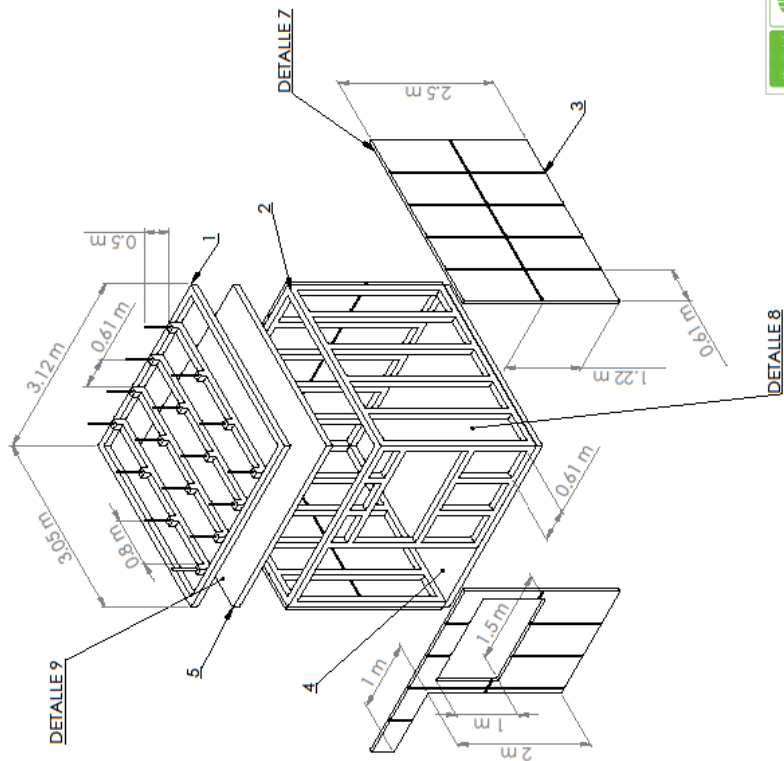


Nº	ITEM	DESCRIPCION
1	REMATE FRONTAL	ESESOR 0,4 mm
2	ENCAPSULADO DE ALUMINIO	ESESOR 0,4 mm
3	TAPA SUPERIOR	ESESOR 0,4 mm
4	CAÑUELA DE LANA DE ROCA	ESESOR 1,5 PULG
5	FOIL DE ALUMINIO	ESESOR 0,4 mm
6	TORNILLOS AUTORROSCANTES	M8x20
7	TUBERIA DE ACERO	Ø 2PULG
8	VALVULA	V. DE CORTE Ø 2 PULG

	PLANO No:	06	A3	UNIVERSIDA INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE			
DESI.	MARLO JAHIR CALDERON	CEGAR AUGUSTO MONCADA	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
APROJ.	JORGE LUIS CHACON VELASCO			
FECHA:	15/05/2014	ESCALA:	1:100	DETALLE 4 : AISLAMIENTO DE VALVULAS

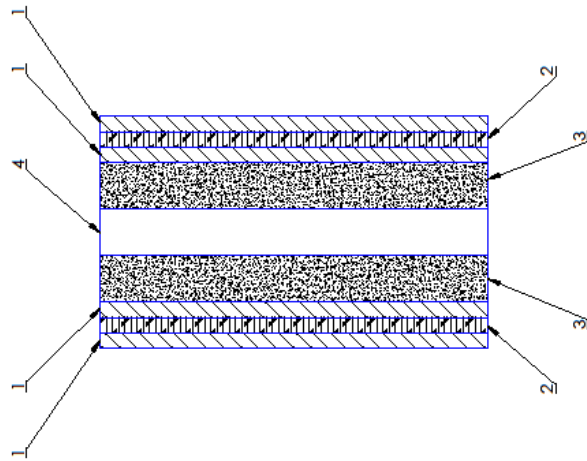


	PLANO No:	07	A3	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			
DISEÑO: MARLO JAHR CALDERON AYUDA: JORGE LUIS CHACON VELASCO	NOMBRE: CESAR AUGUSTO MONCADA			FECHA: 15/05/2014
MEDIDAS EN: Metros		DETALLE 5: CELDA		



No°	DESCRIPCION
1	Estructura colgante
2	Soporte metalico
3	Pared acustica
4	Piso acustico
5	Techo acustico

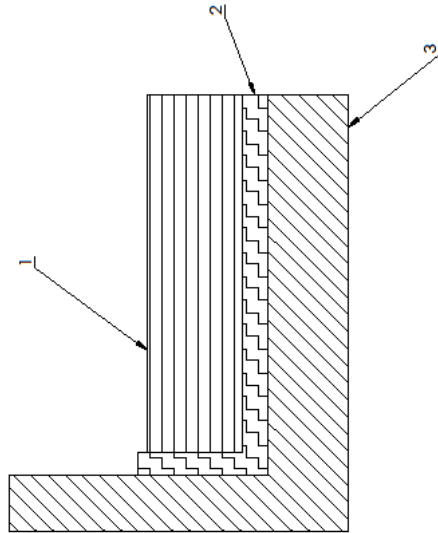
 PLANO No: 08 ESCALA: 1:100	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
	ESUELA DE INGENIERIA MECANICA
DISEÑADOR: MARLO JAHR CALDERON ASESOR: JORGE LUIS CHACON VELASCO	NOMBRE: CESAR AUGUSTO MONCADA
FECHA: 15/05/2014 UNIDADES: Metros	DETALLE 6 : SALA DE ENSAYOS



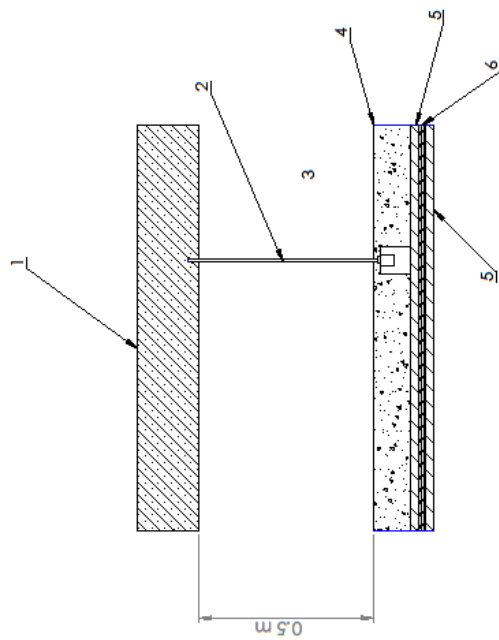
Nº	DESCRIPCION	ESPESOR
1	PLACA DE YESO LAMINADO	13 mm
2	LAMINA VISCOELASTICA	4 mm
3	LANA MINERAL DE ROCA	40 mm
4	AIRE	40 mm

		RANIO No: 09 A3	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
	DIBUJ: MARLO JAHIR CALDERON APROB: JORGE LUIS CHACON VELASCO	NOMBRE: CESAR AUGUSTO MONICADA	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
FECHA: 15/05/2014	ESCALA: 1:4	DETALLE 7 : AISLAMIENTO DE LA PARED	

Nº	DESCRIPCION
1	RECUBRIMIENTO DE CEMENTO
2	ACUSTIPLACA
3	LOSA DE CEMENTO

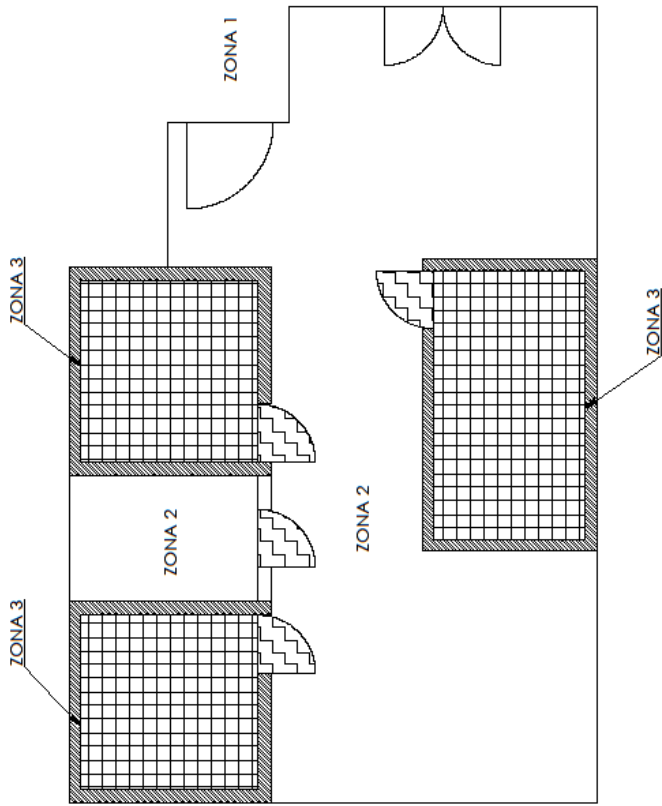


	PLANO No:	10	A3	UNIVERSIDA INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE			
DIBUJANTE: MARLO JAHR CALDERON	DISEÑADOR: CEAR AUGUSTO MONCADA			
APROBADO: JORGE LUIS CHACON VELASCO	ESCALA: 1:4	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
FECHA: 15/05/2014	DETALLE 8 : AISLAMIENTO DEL PISO			



Nº	DESCRIPCION	ESPESOR
1	TECHO	--
2	COLGANTES	--
3	CAMARA DE AIRE	50 cm
4	LANA DE ROCA	40 mm
5	YESO LAMINADO	13 mm
6	LAMINA VISCOELASTICA	3mm

	PLANO No: 11	A3	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE MARLO JAHIR CALDERON / CESAR AUGUSTO MONICADA APTEL / JORGE LUIS CHACON VELASCO		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
FECHA: 15/05/2014		ESCALA: 1:4	DETALLE 9 : AISLAMIENTO DEL TECHO



ZONA	DESCRIPCION	db
1	AREA DE SILENCIO	50
2	AREA LEVEMENTE RUIDOSA	70
3	AREA RUIDOSA	100
	ASLAMIENTO PAREDES AISLADAS	
	PUERTA ACUSTICA CONTRA INCENDIO	
	ASLAMIENTO AISLAMIENTO DEL TECHO Y SUELO	

 Universidad Industrial de Santander	PLANO No:	12	A3	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
	NOMBRE DRILL: MARLO JAIR CALDERON CESAR AUGUSTO MONICADA APROB: JORGE LUIS CHACON VELASCO			
ESCALA: 1:100		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
FECHA: 15/05/2014		AISLAMIENTO SOTANO		

