



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE LOS AUDITORIOS DE LA UDLA,  
MEDIANTE MODELOS PREDICTIVOS Y MEDICIONES *IN SITU*.

Autores

Alexandra Estefanía Rodríguez Silva  
José Andrés López Sánchez

Año  
2017



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE LOS AUDITORIOS DE LA UDLA,  
MEDIANTE MODELOS PREDICTIVOS Y MEDICIONES *IN SITU*.

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

Profesora Guía

Msc. María Bertomeu Rodríguez

Autores

Alexandra Estefanía Rodríguez Silva

José Andrés López Sánchez

Año

2017

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”.

---

María Bertomeu Rodríguez

Máster en gestión y evaluación de la contaminación acústica

C.I. 175677316-2

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Héctor Merino Navarro

Master en postproducción digital

C.I. 175678556- 2

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

---

José Andrés López Sánchez

C.I. 180324842-4

---

Alexandra Estefanía Rodríguez Silva

C.I. 180339507-6

## AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora de tesis María Bertomeu, por su tiempo compartido e impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional por haber guiado y aportado sus conocimientos y experiencias lo que permitió culminar con la elaboración de esta tesis. A Héctor Merino Navarro por sus recomendaciones para las mejoras de este proyecto.

## DEDICATORIA

A Dios por darme la salud, la sabiduría y el don del entendimiento, para lograr culminar mi carrera. A mi madre Marianita y Sylvia por sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mi padre Fernando y Patricio por su apoyo incondicional, y su ejemplo de perseverancia y superación que lo caracterizan; lo cual, me ha permitido culminar mi objetivo propuesto.

## RESUMEN

La caracterización acústica de los recintos de concentración masiva se ha convertido en una prioridad con el fin de determinar el comportamiento del sonido para dar calidad auditiva, en el caso de este trabajo de titulación se realizó un análisis acústico de los Auditorios de la Universidad de las Américas, con mediciones *in situ* y con simulaciones predictivas con el software *E.A.S.E. (Electro Acoustics Simulation for Engineers)*, comparando los resultados obtenidos en cada uno de ellos en los siguientes parámetros: C50, C80, Vivacidad (TRmid), Calor (BR), Brillo (Br), STI, STIPA, con el fin de determinar una buena caracterización acústica y los distintos tipos de análisis. Después de haber obtenido los resultados de los diferentes parámetros evaluados, tanto de forma *in situ* como a través de simulación, se logra concluir que los valores obtenidos del tiempo de reverberación difieren entre sí, comprobado que no se pudo determinar con exactud el coeficiente de absorción y la forma de instalación de los material en cada auditorio.

## ABSTRACT

The acoustic characterization of the enclosures of massive concentration has turned into a priority in order to determine the behavior of the sound to give auditory quality, In case of this work of thesis there was realized an acoustic analysis the University of the Americas' auditoriums, with measurements in-situ and with simulaciones predictive with the software E.A.S.E. (Electro Acoustics Simulation for Engineers), comparing the results obtained in each of them in the following parameters: C50, C80, vivacity (RTmid), warmth (BR), brightness (Br), STI, STIPA, In order to determine a good characterization and the different types of analysis. After having obtained the results of the different evaluated parameters, so much of it forms in situ like across simulation, is achieved to conclude that the values obtained of the time of reverberation differ between if, verified that there could not decide with exactud the coefficient of absorption and the form of installation of material in every audience.

## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.2.1 Descripción de la situación actual y planteamiento del problema. .	3
1.2.2 Hipótesis.....	4
1.3 Alcance.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
2. Marco teórico.....	5
2.5 Parámetros acústicos.....	5
2.5.1 Criterios temporales.....	5
2.5.1.2 Tiempo de reverberación medio o vivacidad (RTmid).....	8
2.5.2 Criterios energéticos y de inteligibilidad.....	10
2.6 Parámetros geométricos y arquitectónicos.....	15
2.6.1 Longitudes.....	16
2.6.2 Áreas.....	16
2.6.3 Volúmenes.....	16
2.7 Software <i>E.A.S.E. (Electro acoustics simulation for</i>	

<i>engineers</i> ).....	16
<b>3. Metodología.....</b>	<b>17</b>
3.1 Normativas base.....	17
3.2 Reservación y conocimiento de salas.....	17
3.3 Materiales de los auditorios.....	18
3.4 Medición en cada auditorio.....	20
3.4.1 Instrumentación.....	21
3.4.1.1 Sonómetro Cesva SC310.....	21
3.4.1.2 Amplificador marca cesva.....	21
3.4.1.3 Calibrador cesva.....	22
3.4.1.4 Fuente dodecaédrica cesva.....	22
3.4.1.5 Sonómetro NTi.....	23
3.4.1.6 Talkbox NTi.....	23
3.4.1.7 Medidor láser de distancias BOSCH GLM 50.....	24
3.4.1.8 Anemómetro.....	24
3.4.1.9 Equipamiento extra.....	25
3.4.2 Hoja de campo.....	25
3.4.3 Tiempo de reverberación.....	26
3.4.3.1 Método de ruido Interrumpido.....	26
3.4.3.2 Número de muestras o número de caídas.....	26
3.4.3.3 Posición de la fuente.....	26
3.4.3.4 Posición de los micrófonos.....	27
3.4.3.5 Comprobación de la calibración de equipos.....	27

3.4.4 Mediciones.....	28
3.4.5 Índice de transmisión verbal (STI).....	28
3.4.5.1 Método de STI. ....	28
3.4.5.2 Número de muestras o número de caídas. ....	29
3.4.5.3 Posición de la fuente. ....	29
3.4.5.4 Posición de los micrófonos. ....	29
3.4.6 Procedimiento y operación de los equipos.....	29
3.4.6.1 Toma de humedad y temperatura. ....	29
3.4.6.1.1 Pasos para la toma de humedad y temperatura:.....	29
3.4.6.2 Medida del volumen, área y longitud de la sala.....	30
3.4.6.3 Captura del tiempo de reverberación. ....	30
3.4.6.3.1 Se realizó el siguiente proceso de conexión. ....	30
3.4.6.3.2 Pasos de medición de T60. ....	31
3.4.6.3.3 Descarga de datos del sonómetro CESVA SC310.....	31
3.4.6.4 Captura de STI y STIPA. ....	32
3.4.6.4.1 Descarga de datos del sonómetro NTi XL2.....	32
<b>4. Cálculos y obtención de los parámetros.....</b>	<b>33</b>
4.1 Obtención del tiempo de reverberación.....	33
4.1.1 Obtención de la claridad (C80 - C50). ....	34
4.1.2 Obtención del calor (BR), brillo (Br), vivacidad (RTmid).....	35
4.1.3 Obtención del ruido de fondo.....	36
4.2 Obtención del STI. ....	37
4.2.1 Obtención del STIPA. ....	38

5. Simulación en el software <i>E.A.S.E.</i> .....	38
5.1 Proceso de simulación de auditorios. ....	38
5.1.1 Simulación del tiempo de reverberación (T60) con el software <i>E.A.S.E.</i> .....	41
5.1.1 Simulación del C50, C80, STI, STIPA con el software <i>E.A.S.E.</i> ..	42
6. Análisis de resultados.....	45
6.1 Valores recomendados para los auditorios según los parámetros acústicos.....	45
6.2 Resultados obtenidos del auditorio de la sede Queri.....	46
6.2.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio Queri. ....	46
6.2.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos. ....	47
6.2.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición <i>in situ</i> . ....	47
6.2.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones <i>in situ</i> . ....	48
6.2.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones <i>in situ</i> utilizando la fuente omnidireccional y sistema de refuerzo sonoro. ....	49
6.2.3 Resultados de STI y STIPA.....	52
6.2.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el software <i>E.A.S.E.</i> .....	54
6.2.4.1 Modelado en el software <i>E.A.S.E.</i> .....	54
6.2.4.2 Parámetros acústicos, C80, C50, RTmid, BR y Br. Obtenidos de las simulaciones <i>E.A.S.E.</i> utilizando la fuente omnidireccional.....	55

6.2.4.3 STI simulado en el software EASE.....	57
6.2.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.....	58
<b>6.3 Resultados obtenidos del auditorio de la sede UDLA</b>	
<b>Park.....</b>	<b>58</b>
6.3.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio.....	58
6.3.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.....	60
6.3.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición <i>in situ</i> y con sistema de refuerzo sonoro.....	60
6.3.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones <i>in</i> <i>situ</i> .....	60
6.3.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones <i>in situ</i> utilizando la fuente omnidireccional.....	61
6.3.3 Resultados de STI y STIPA.....	64
6.3.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el <i>software</i> EASE.....	65
6.3.4.1 Modelado en el <i>software</i> E.A.S.E.....	65
6.3.4.2 Parámetros acústicos obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional.....	66
6.3.4.3 STI simulado en el software EASE.....	68
6.3.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.....	69
<b>6.4 Resultados obtenidos del auditorio de la sede</b>	
<b>Granados 1.....</b>	<b>69</b>
6.4.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio.....	69
6.4.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.....	71

6.4.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición <i>in situ</i> .	71
6.4.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones <i>in situ</i> .	72
6.4.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones <i>in situ</i> utilizando la fuente omnidireccional.	73
6.2.3 Resultados de STI y STIPA.	75
6.4.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el <i>software</i> EASE.	78
6.4.4.1 Modelado en el <i>software</i> E.A.S.E.	78
6.4.4.2 Parámetros acústicos, C80, C50, RTmid, BR y Br. Obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional.	78
6.4.4.3 STI simulado en el <i>software</i> EASE.	80
6.4.4.3.1 STIPA simulado en el <i>software</i> EASE.	81
6.5 Resultados obtenidos del auditorio de la Granados 2.	81
6.5.1 Descripción del espacio, forma en planta del Auditorio.	81
6.5.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.	83
6.5.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición <i>in situ</i> .	83
6.5.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones <i>in situ</i> .	83
6.5.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones <i>in situ</i> utilizando la fuente omnidireccional.	84

6.5.3 Resultados de STI y STIPA. ....	87
6.5.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el <i>software</i> EASE. ....	90
6.5.4.1 Modelado en el <i>software</i> E.A.S.E. ....	90
6.5.4.2 Parámetros acústicos, C80, C50, RTmid, BR y Br. Obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional. ....	91
6.5.4.3 STI simulado en el <i>software</i> EASE. ....	92
6.5.4.3.1 STIPA simulado en el <i>software</i> EASE. ....	93
6.6 Resultados obtenidos del auditorio de la Granados completo. ....	93
6.6.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos. ....	95
6.6.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición <i>in situ</i> . ....	95
6.6.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones <i>in situ</i> . ....	95
6.6.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones <i>in situ</i> utilizando la fuente omnidireccional. ....	97
6.6.3 Resultados de STI y STIPA. ....	99
6.6.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el <i>software</i> EASE. ....	102
6.6.4.1 Modelado en el <i>software</i> E.A.S.E. ....	102
6.6.4.2 Parámetros acústicos obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional. ....	103

6.6.4.3 STI simulado en el software EASE.....	104
6.6.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.....	105
7. Recopilación y comparación de los valores de parámetros acústicos de los auditorios.....	106
7.1 Comparación vivacidad (RTmid) de los auditorios.....	106
7.2 Comparación calor (BR) de los auditorios.....	107
7.3 Comparación Brillo (Br) de los auditorios.....	108
7.4 Comparación C50 de los auditorios.....	109
7.5 Comparación C80 de los auditorios.....	110
8.6 Comparación STI de los auditorios.....	111
8.7 Comparación del ruido de fondo de los auditorios.....	112
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	114
8.1 Conclusiones.....	114
8.2 Recomendaciones.....	117
9. Referencias .....	119
10. Anexos .....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas NC - ruido de fondo.....	15
Figura 2. Sonómetro Cesva SC310.....	21
Figura 3. Amplificador CESVA AP602.....	21
Figura 4. Calibrador Cesva.....	22
Figura 5. Fuente dodecaédrica Cesva.....	22
Figura 6. Sonómetro NTi. ....	23
Figura 7. Talkbox NTi. ....	24
Figura 8. Medidor láser BOSCH.....	24
Figura 9. Anemómetro.....	25
Figura 10. Conexión fuente omnidireccional. ....	31
Figura 11. Resumen proceso de medición de los auditorios.....	33
Figura 12. Extracción datos RT. ....	34
Figura 13. Extracción datos C50 y C80.....	35
Figura 14. Extracción parámetros acústicos.....	36
Figura 15. Extracción promedio T20.....	36
Figura 16. Extracción prom. log. ruido de fondo.....	37

Figura 17. Extracción datos STI. ....	37
Figura 18. Extracción datos STIPA.....	38
Figura 19. Categorización STI.....	38
Figura 20. Creación nuevo proyecto E.A.S.E.....	39
Figura 21. Guardar nuevo proyecto E.A.S.E.....	40
Figura 22. Gráfica de espacios arquitectonicos en el E.A.S.E.....	40
Figura 23. Materiales E.A.S.E.....	41
Figura 24. Demostración de la simulación del T60 en el E.A.S.E.....	42
Figura 25. Demostración simulación C50, C80, STI, STIPA en el E.A.S.E.....	43
Figura 26. Demostración simulación en el E.A.S.E.....	44
Figura 27. Demostración simulación C50 en el E.A.S.E.....	44
Figura 28. Forma en planta auditorio Queri.....	46
Figura 29. Auditorio Queri.....	47
Figura 30. Curvas NC - ruido de fondo – Queri.....	49
Figura 31. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con fuente omnidireccional – Queri.....	51
Figura 32. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con sistema de	

refuerzo sonoro - Queri.....	51
Figura 33. Simulación con el software <i>E.A.S.E.</i> - Queri .....	55
Figura 34. Simulación STI – Queri.....	57
Figura 35. Simulación con el software <i>E.A.S.E.</i> STIPA- Queri.....	58
Figura 36. Forma en planta auditorio UDLA Park.....	59
Figura 37. Auditorio UDLA Park. ....	59
Figura 38. Curvas NC - ruido de fondo - UDLA Park.....	61
Figura 39. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con fuente omnidireccional - UDLA Park.....	63
Figura 40. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con sistema de refuerzo sonoro UDLA Park.....	63
Figura 41. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> - UDLA Park. ....	66
Figura 42. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> del STI.....	68
Figura 43. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STIPA - UDLA Park....	69
Figura 44. Forma en planta auditorio Granados 1.....	70
Figura 45. Auditorio Granados 1.....	71
Figura 46. Curvas NC - ruido de fondo - Granados 1.....	72

Figura 47. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con fuente omnidireccional - Granados 1.....	74
Figura 48. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con sistema de refuerzo sonoro - Granados 1.....	74
Figura 50. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STI- Granados 1.....	80
Figura 51. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STIPA - Granados 1...	81
Figura 52. Forma en planta auditorio Granados 2.....	82
Figura 53. Auditorio Granados 2.....	82
Figura 54. Curvas NC - Ruido de fondo - Granados 2. ....	84
Figura 55. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con fuente omnidireccional - Granados 2.....	86
Figura 56. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con sistema de refuerzo sonoro - Granados 2.....	86
Figura 57. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> - Granados 2. ....	90
Figura 58. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STI - Granados 2.....	92
Figura 59. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STIPA - Granados 2...	93
Figura 62. Curvas NC - Ruido de fondo - Granados completo.....	96

Figura 63. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con fuente omnidireccional - Granados completo. ....	98
Figura 64. Parámetros acústicos de medición <i>in situ</i> con sistema de refuerzo sonoro - Granados completo. ....	98
Figura 65. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> - Granados completo. ....	102
Figura 66. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STI - Granados completo. ....	104
Figura 67. Simulación con el <i>software E.A.S.E.</i> STIPA - Granados completo. ....	105
Figura 68. Comparación vivacidad de auditorios.....	107
Figura 70. Comparación brillo de los auditorios. ....	109
Figura 72. Compación C80 de los auditorios.....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores recomendados de los parámetros acústicos asociados a salas de conciertos correspondientes a valoración subjetiva.....	9
Tabla 2. Valores recomendados de C80, C50, STI, STIPA.....	14
Tabla 3. Valores de curvas NC - recomendadas según el tipo de espacio. ....	15
Tabla 4. Materiales generales de los auditorios. ....	18
Tabla 5. Número mínimo de posiciones de micrófono en función al número de sillas considerando la Normativa ISO 3382-1. ....	26
Tabla 6. Número mínimo de combinaciones, posiciones y muestras de instrumentos de medición según la Normativa ISO 3382-2. ....	27
Tabla 7. Valores recomendados de los parámetros acústicos.....	45
Tabla 8. Dimensiones auditorio – Queri. ....	47
Tabla 9. Curvas NC - Ruido de fondo – Queri.....	48
Tabla 10. Valores T20, C50, C80, medición <i>in situ</i> – Queri.....	50

Tabla 11. Resultados parámetros acústicos – Queri.....	52
Tabla 12. Resultados STI – Queri. ....	53
Tabla 13. Resultados STIPA – Queri.....	54
Tabla 14. Resultados de parámetros acústicos con el <i>software</i> <i>E.A.S.E.</i> – Queri. ....	56
Tabla 15. Dimensiones auditorio UDLA Park. ....	60
Tabla 16. Curvas NC - ruido de fondo - UDLA Park.....	60
Tabla 17. Valores T20, C50, C80, medición in-situ - UDLA Park. ....	62
Tabla 18. Resultados parámetros acústicos - UDLA Park.....	64
Tabla 19. Resultados STI - UDLA Park. ....	65
Tabla 20. Resultados STIPA - UDLA Park. ....	65
Tabla 21. Resultados de parámetros acústicos con el <i>software E.A.S.E.</i> - UDLA Park. ....	67
Tabla 22. Dimensiones del auditorio - Granados 1. ....	71
Tabla 23. Curvas NC - ruido de fondo - Granados 1. ....	72
Tabla 24. Valores T20, C50, C80, medición <i>in situ</i> - Granados 1. ....	73
Tabla 25. Resultados parámetros acústicos - Granados 1.....	75

Tabla 26. Resultados STI Granados 1. ....	76
Tabla 27. Resultados STIPA Granados 1.....	77
Tabla 28. Resultados de parámetros acústicos con el <i>software</i> E.A.S.E. – Granados 1.....	79
Tabla 29. Dimensiones del auditorio - Granados 2. ....	83
Tabla 30. Curva NC - ruido de fondo - Granados 2.....	84
Tabla 31. Valores T20, C50, C80, medición <i>in situ</i> - Granados 2. ....	85
Tabla 32. Resultados parámetros acústicos - Granados 2.....	87
Tabla 33. Resultados STI - Granados 2. ....	88
Tabla 34. Resultados STIPA - Granados 2. ....	89
Tabla 35. Resultado de parámetros acústicos con el <i>software</i> E.A.S.E. - Granados 2.....	91
Tabla 36. Dimensiones del auditorio - Granados completo.....	95
Tabla 37. Curvas NC - ruido de fondo - Granados completo. ....	96
Tabla 38. Valores T20, C50, C80, mediciones <i>in situ</i> - Granados completo. ....	97
Tabla 39. Resultados parámetros acústicos - Granados completo.....	99

Tabla 40. Resultados STI - Granados completo.....	100
Tabla 41. Resultados STIPA - Granados completo.....	101
Tabla 42. Resultados de parámetros acústicos con el <i>software</i> E.A.S.E. - Granados completo .....	103
Tabla 43. Comparación parámetros de los auditorios.....	106

## **1. Introducción.**

### **1.1 Antecedentes.**

El análisis y estudio de los parámetros acústicos de salas se ha ido desarrollando debido al interés del hombre por identificar cómo las estructuras físicas y los materiales de construcción utilizados en determinados recintos, influyen notablemente en la forma de propagación del sonido, afectando la calidad del mismo. La acústica arquitectónica estudia los fenómenos relacionados a una propagación sonora conveniente, ideal y eficaz del sonido en un recinto (Cortés, 2014). Ya sean estos una sala de concierto, o una sala de palabra, su aplicación requiere de cualidades acústicas apropiadas, y funcionales que permiten la inteligibilidad en un recinto (Castellanos Balderas, 2015).

A finales del siglo XIX se comenzó los principios teóricos de la acústica arquitectónica, desarrollados por Harvard: W. C. Sabine (Fernández, 2013), y con el paso del tiempo se han realizado estudios de gran relevancia sobre las cualidades acústicas de un recinto y sus distintas propiedades relacionadas con el comportamiento del sonido.

Mundialmente existen diversos estudios que sustentan este tipo de análisis, como al Análisis acústico de la tipología teatral a la italiana, a través del estudio del Teatro Principal de Valencia, (Pérez y Sevillano, 2009), donde consideraron la acústica arquitectónica, dando un aporte ampliando al conocimiento sobre el comportamiento acústico de la tipología teatral barroca italiana, consideraron importante el uso de la normativa de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) UNE-EN ISO 3382-1, “ Medición de parámetros acústicos en recintos, Parte 1 Salas de espectáculos ” (2009), que especifica los métodos de medición del tiempo de reverberación a partir del ruido interrumpido y respuesta impulsiva, la cual presenta el procedimiento, instrumentación, métodos de evaluación tanto de parámetros acústicos en

salas de espectáculo y como recintos comunes, a su vez estudios como este ha permitido que se propaguen el análisis a todo tipo de recintos.

Según Ferreyra y Elías se han considerado la norma ISO 3382 dentro de sus comparaciones del comportamiento acústico de un recinto, de igual manera que (Hidalgo, 2009), ya que dicha metodología es indispensable para el análisis de los parámetros acústicos en salas y en este caso se lo utilizó para salas de concierto de teatros de Bogotá.

Mansilla, Sato, Rodiño y Arias, quienes creyeron conveniente realizar una comparación de las características acústica de auditorios, teatros, estudios de grabación, etc., con las mediciones y cálculos manuales; y realizaron simulaciones utilizando *softwares* como: EASERA Pro v1.2, Aurora v4.4, en Adobe Audition 3.0 y Dirac v3.0.

Según (Gramez y Boubenider, 2016) realizaron evaluaciones en una sala de conferencias del ruido interior y exterior ambiental, el aislamiento exterior, el tiempo de reverberación considerando normas internacionales para una sala de conferencias.

De igual manera se han realizado análisis exhaustivos acerca de templos representativos del período colonial del sur del Perú donde se basaron en determinar los principales parámetros acústicos objetivos e influyen en la calidad acústica centrándose específicamente en parámetros como la Definición (D50) para la palabra hablada; Claridad (C80), Tiempo Central (TS) para la música, Tiempo de Reverberación (TR) y Tiempo de Decaimiento Temprano (EDT). (Rolando y Dianderas, 2010). Concluyendo que la posición de la fuente sonora durante el proceso de medición si afecta los resultados obtenidos en relación con los parámetros acústicos con excepción del TR. (Jiménez, 2010).

También se han considerado importante analizar el parámetro STI, en salas de palabra, donde el diseño acústico para salas de enseñanza es necesario con el fin de obtener una correcta inteligibilidad como se muestra en el estudio de

(Sommerhoff, 2012). O el análisis modal en aulas universitarias de la Universidad Tecnológica Nacional, República Argentina mediante espectrogramas bidimensionales. (Ferreyra et al, 2009).

Actualmente se empieza a mostrar interés del análisis acústico a nivel de nuestro país, tomando como punto de partida análisis acústicos realizados ya en el Distrito Metropolitano de Quito como la evaluación de parámetros acústicos en: El Teatro Nacional Sucre, La Casa de la Música, entre otras.

## **1.2 Justificación.**

Es de suma importancia el análisis de los parámetros acústicos en salas de música o de palabra. El evaluar y entender el comportamiento de las cualidades acústicas de un recinto, ayuda a cimentar bases para una mejora acústica, electroacústica y arquitectónica.

Hay que destacar que la evaluación permite plantear mejoras que son necesarias para potencializar el mensaje sonoro, ya sea hablado o musical dentro de recintos de concentración masiva, por lo que esta evaluación marca el comienzo para la implementación de futuras mejoras en los auditorios de la Universidad de las Américas.

Debemos considerar que una sala mal acondicionada o sin acondicionar puede distorsionar el mensaje sonoro, así como introducir coloraciones que provoquen la pérdida de la calidad en la percepción del sonido. El mejoramiento acústico de salas ya construidas sirve de hito para la determinación de errores ya realizados, en planificación, desarrollo y construcción de los auditorios. Ayudando al desarrollo y conocimiento de los parámetros que se deben considerar, al construir recintos de uso múltiple teniendo en cuenta su geometría y naturaleza acústica, como características propias de una sala con el fin de garantizar el confort acústico para los propósitos y expectativas deseadas.

### **1.2.1 Descripción de la situación actual y planteamiento del problema.**

Los diferentes auditorios de la Universidad de las Américas, ubicados en las sedes Granados, Queri y Udlá Park. Cumplen un papel importante en eventos de gran relevancia, sin embargo, carecen de fichas técnicas donde se muestre información de las características acústicas de cada una de las salas. Con el fin de beneficiar el proceso de elección de salas para cada evento ya sean de palabra o música, se desea evaluar las diferentes salas o auditorios de la Universidad, de una manera técnica y comparar si las mediciones realizadas *in situ* juntamente con las simulaciones por medio del *software* E.A.S.E. llegan a coincidir, beneficiando notablemente los eventos y programas que en un futuro se realicen dentro de dichos auditorios ya que se podrá determinar con mayor exactitud cuál de ellos es idóneo para una determinada actividad. A su vez, la existencia de fichas técnicas facilitará el proceso de sonorización y la problemática de luchar contra la acústica del lugar podrá ser prevista.

### **1.2.2 Hipótesis.**

Se considera que las mediciones de campo serán más seguras y confiables que las simulaciones realizadas mediante el *software* E.A.S.E. Esto es posible ya que en los ensayos de campo se considerarán parámetros adicionales como: temperatura, viento, materiales de construcción de los auditorios, etc.

### **1.3 Alcance.**

El presente proyecto tiene como propósito fundamental la comparación de las características acústicas de los auditorios de la Universidad de las Américas ubicados en la sede Granados, Queri y Udlá Park, considerando como base de la investigación, mediciones en cada auditorio, basándose en cálculos geométricos de áreas y volúmenes, como parte de un análisis gráfico frente a un cálculo predictivo mediante *software* E.A.S.E., se van a utilizar los principales parámetros asociados: energéticos, inteligibilidad y reverberación, a su vez permitirá de esta manera evaluar y categorizar el propósito acústico para el cual está idealizada cada sala, esto se plasmará en una ficha técnica, así como su criterio de diseño en función de su uso determinado.

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

- Comparar de los resultados de las evaluaciones acústicas de los auditorios de la UDLA, obtenidos mediante modelos predictivos y mediciones en cada recinto.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Evaluar los parámetros acústicos obtenidos en las mediciones *in situ* considerando: Tiempo de reverberación (T20), Vivacidad (RTmid), Calor (BR), Brillo (Br), C50, C80, S/N, STI, STIPA.
- Simular mediante el *software* E.A.S.E. los diferentes auditorios de la UDLA.
- Elaborar una hoja de cálculo para ingresar los datos obtenidos de los ensayos *in situ* y la simulación por medio del *software* E.A.S.E.
- Comparar mediante gráficas estadísticas, cada uno de los parámetros analizados.
- Elaborar de una ficha técnica de cada uno de los auditorios donde se determine y especifique el mejor uso que se puede dar a cada uno de los recintos.

## **2. Marco teórico.**

### **2.5 Parámetros acústicos.**

#### **2.5.1 Criterios temporales.**

Los criterios temporales analizan y evalúan el tiempo en el que la energía sonora interactúa en el espacio.

### 2.5.1.1 Tiempo de reverberación (RT) = T60.

Una variedad de autores define al tiempo de reverberación como la permanencia del sonido, aun después de ser interrumpido desde la fuente sonora, siendo este lapso de tiempo en el que la energía se demora en ser absorbida por el medio y las superficies del recinto. Técnicamente, se define como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se para, hasta que el nivel de presión sonora establecido en la sala haya disminuido en 60 dB (Higini Arau, 1999). Existen varias fórmulas para el cálculo del tiempo de reverberación. La fórmula de Sabine aceptada internacionalmente destacándose por su sencillez de cálculo, la misma que utiliza la teoría acústica estadística y despreciando el efecto de la absorción producida por el aire es la siguiente:

$$RT = 10,161 \frac{V}{A_{tot}} \text{ (en segundos)}$$

(Ecuación 1)

Donde:

V = volumen del recinto (m<sup>3</sup>)

A tot = absorción total del recinto

Los valores de absorción de un material se definen por el coeficiente de absorción ( $\alpha$ ). Donde los valores se encuentran comprendidos entre: cero (material totalmente reflectante) y uno (material totalmente absorbente).

$$\alpha = \frac{\text{energía absorbida}}{\text{energía incidente}}$$

(Ecuación 2)

La absorción total de un material se obtiene mediante la multiplicación de su coeficiente de absorción  $\alpha$  por su superficie  $S$ , como el recinto se encuentra rodeado de diferentes superficies absorbentes,  $A_{tot}$  se lo obtiene mediante la suma de todas las absorciones individuales.

$$A_{tot} = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

(Ecuación 3)

A partir de  $A_{tot}$  es posible obtener el valor del coeficiente medio de absorción de la siguiente manera:

$$\underline{\alpha} = \frac{A_{tot}}{S_t}$$

(Ecuación 4)

Donde:

$$S_t = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

*= superficie total del recinto (paredes + techo + suelo)*

(Ecuación 5)

Expresando finalmente de esta manera el tiempo de reverberación.

$$RT = \frac{0,161 V}{\underline{\alpha} * S_t}$$

(Ecuación 6)

El RT se calcula a partir de la curva de decaimiento energético, medida en un punto cualquiera de una sala. Para la valoración del cálculo del tiempo de reverberación se obtendrá bajo mediciones *in situ* apoyados en la normativa

internacional UNE EN ISO 3382 Medición de Parámetros acústicos en recintos, Parte 1: Salas de espectáculos.

#### **2.5.1.1.2 T20 y T30.**

Es posible obtener el Tiempo de Reverberación de una sala a partir de la pendiente de caída de los primeros 20 dB o a partir de la pendiente de caída de los primeros 30 dB. Dichos datos son, respectivamente, el T20 y el T30.

El T20 nos brinda una información mucho más cercana a la primera impresión de reverberación mientras que el T30 se acercará más al T60, aunque no tenga tanto en cuenta la reverberación tardía como el T60. Se debe considerar que tanto el T20 como el T30 se aproximan más a la impresión subjetiva de reverberación que el mismo T60.

#### **2.5.1.2 Tiempo de reverberación medio o vivacidad (RTmid).**

El criterio acústico establece que para sala llena y para un volumen determinado, el valor de reverberación medio RTmid esta comprendido entre los valores de RT de 500 y 1000 Hz (Higini Arau, 1999). Estos valores son escogidos con relación a la aplicación de uso que se le vaya a dar a la sala. Este parámetro es evaluado a partir del tiempo de reverberación obtenido de las bandas frecuenciales mencionadas y se calcula con la siguiente ecuación.

$$RT_{mid} = \frac{RT(500 \text{ Hz}) + RT(1KHz)}{2} [s]$$

(Ecuación 7)

#### **2.5.1.2 Calidez y brillo.**

Al igual que la reverberación media o vivacidad (RTmid), el brillo y la calidez se obtienen a partir del tiempo de reverberación (RT), siendo la calidez un indicador acústico de la respuesta de la sala en frecuencias graves, para lo cual se utiliza la relación entre el valor medio del RT a frecuencias graves entre

(125 Hz + 250 Hz), y el valor medio del RT de las frecuencias de (500 Hz y 1 KHz).

$$Calor (BR) = \frac{RT (125 Hz) + RT (250 Hz)}{RT (500 Hz) + RT (1 KHz)}$$

(Ecuación 8)

Para la determinación del brillo de una sala se relaciona el tiempo de reverberación entre la adición de dos bandas de octava de frecuencias agudas y la suma de dos bandas de octava de frecuencia media, por lo tanto, se utiliza la relación entre el valor medio del RT a frecuencias agudas entre (2 KHz + 4 KHz), y el valor medio del RT de las frecuencias de (500 Hz y 1 KHz).

$$Brillo (Br) = \frac{RT (2KHz) + RT (4 KHz)}{RT (500 Hz) + RT (1 KHz)}$$

(Ecuación 9)

### 2.5.1.2.1 Valores recomendados de los parámetros acústicos.

Tabla 1.

*Valores recomendados de los parámetros acústicos asociados a salas de conciertos correspondientes a valoración subjetiva.*

Parámetros Acústicos	Valor recomendado	Valoración subjetiva
Tiempo de reverberación medio RTmid (500 Hz - 1KHz), sala ocupada.	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto). 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente). 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia).	Grado de viveza de la sala.
Calidez acústica (BR), sala ocupada.	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s). 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s).	Riqueza en sonidos graves, melosidad y suavidad de música.
Brillo (Br), sala ocupada.	Br ≥ 0,87.	Riqueza en sonidos agudos.

## 2.5.2 Criterios energéticos y de inteligibilidad.

### 2.5.2.1 Claridad (C50).

La claridad es un parámetro físico que pretende determinar la distinción de sonidos sucesivos, considerando el sonido directo, primeras reflexiones y decaimiento sobrante. Es una relación entre la energía temprana y tardía, tomando un tiempo de  $x$ . Técnicamente el parámetro C50 mide la relación entre la energía sonora recibida durante los primeros 50 milisegundos después de recibir el sonido directo (este incluido) y la energía restante.

$$C50 = 10 \log \left[ \frac{\int_0^{50} P^2 dt}{\int_{50}^{\infty} P^2 dt} \right] [dB]$$

(Ecuación 10)

Relaciona los valores energéticos acumulados.

$$Ct = 1 + e^{-\frac{13,8 * t}{T60}}$$

(Ecuación 11)

Relaciona en su cálculo al tiempo de reverberación.

Para la obtención de un valor promedio del C50 es necesario aplicar la siguiente fórmula, en donde se realiza una ponderación de los valores de determinadas frecuencias como se muestra a continuación.

$$C50 \text{ promedio} = 0,15 * C50 (500 \text{ Hz}) + 0,25 * C50 (1 \text{ KHz}) + 0,35 * C50 (2 \text{ KHz}) + 0,25 * C50 (4 \text{ KHz})$$

(Ecuación 12)

El C50 es un parámetro que utiliza para la evaluación verbal y a su vez este valor obtenido debe ser mayor a 2. ( $C50 \geq 2$ ).

### 2.5.2.2 Claridad musical (C80).

Según Cremer, el C80 se mide como la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 80 ms calculados en una banda de frecuencias de 125 Hz y 4 KHz, se expresa en escala logarítmica de dB. (Carrión, 1998).

$$C80 = 10 \log \left[ \frac{\int_0^{80} P^2 dt}{\int_{80}^{\infty} P^2 dt} \right] [dB]$$

(Ecuación 13)

$$\underline{C80(3)} = \frac{C80(500 \text{ Hz}) + C80(1 \text{ KHz}) + C80(2 \text{ KHz})}{3} [dB]$$

(Ecuación 14)

Esta ecuación se utiliza para obtener un valor promedio de la claridad musical en las frecuencias señaladas.

El valor recomendado de  $-2 \leq C80(3) \leq 2$  dB.

### 2.5.2.3 STI (Speech transmission index).

El STI fue definido por Houtgast y Steeneken en la primera mitad de la década de los 70. Se caracteriza por tomar valores comprendidos entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (Inteligibilidad óptima).

Su cálculo es muy complejo y laborioso (Sarmiento A, 2002):

1. Se transmite en el recinto un conjunto de señales moduladas en amplitud, con un índice de modulación conocido min. Se definen 7 frecuencias portadoras, correspondientes a las frecuencias centrales de las bandas de octavas normalizadas entre 125 y 8000 Hz, y cada una de estas señales es modulada con las siguientes frecuencias  $F_m$ : 0.63, 0.8, 1.0, 1.25, 1.6, 2.0, 2.5,

3.15, 4, 5, 6.3, 8, 10 y 12.5 Hz. Puede comprobarse que se trabaja, por tanto, con un conjunto de 98 señales.

2. Se mide la reducción que experimenta el índice de modulación para cada una de las señales utilizadas. Esta reducción del índice de modulación es debida a la reverberación y el ruido de fondo, y se traduce en una pérdida de inteligibilidad. La expresión utilizada para medir la reducción del índice de modulación, asociada a cada par de frecuencias  $F_m$  y  $F_0$ , es:

$$m(F_m, F_0) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi * F_m * f(F_0)}{13.8}\right)^2}} * \frac{1}{(1 + 10^{\frac{-S/N(F_0)}{10}})}$$

(Ecuación 15)

donde:

$f(F_0)$ : Función representativa de la reverberación de la sala. Se le puede asignar el valor del Tiempo de reverberación o el de EDT.

$S/N(F_0)$ : Relación señal-ruido correspondiente a la banda centrada en  $F_0$ .

Puesto que hay 14 frecuencias  $F_m$  y 7  $F_0$ , habrá 98 valores  $m(F_m, F_0)$ , que serán truncados para permanecer en el rango de valores (-15,15) dB, de forma que STI no supere los márgenes (0,1).

3. Se calcula la relación señal-ruido aparente media correspondiente a cada banda de octava (frecuencias  $F_0$ ). Para ello, primero se obtiene la relación señal-ruido aparente asociada a cada índice  $m(F_m, F_0)$ :

$$(S/N)_{ap}(F_0, F_m) = 10 \log \left( \frac{m(F_m, F_0)}{1 - m(F_m, F_0)} \right)$$

(Ecuación 16)

Y finalmente:

$$\underline{(S/N)}_{ap} (Fo) = \frac{\sum_{Fm} (\underline{(S/N)})_{ap} (Fm, Fo)}{14}$$

(Ecuación 17)

4. Se deduce la relación señal-ruido aparente media global, teniendo en cuenta el distinto efecto de cada banda de frecuencias sobre la inteligibilidad:

$$\begin{aligned} (S/N)_{ap} = & 0.01 \cdot (S/N)_{ap} (125 \text{ Hz}) + 0.042 \cdot (S/N)_{ap} (250 \text{ Hz}) + 0.129 \cdot (S / N)_{ap} \\ & (500 \text{ Hz}) + 0.2 \cdot (S / N)_{ap} (1 \text{ KHz}) + 0.312 \cdot (S/N)_{ap} (2 \text{ KHz}) + 0.25 \cdot (S/N)_{ap} (4 \\ & \text{KHz}) + 0.057 \cdot (S/N)_{ap} (8 \text{ KHz}). \end{aligned}$$

(Ecuación 18)

5. Y finalmente se calcula el STI mediante:

$$STI = \frac{(S/N)_{ap} + 15}{30}$$

(Ecuación 19)

#### **2.5.2.3.1 STIPA.**

Considerado como una versión de STI, el Índice de Transmisión de síntesis para sistemas de direccionamiento público (instalaciones como sistemas de la evacuación de la voz y sistemas de notificación de la masa), usa un método simplificado y una señal de prueba, considerando el mismo proceso de cálculo del STI.

Tabla 2.

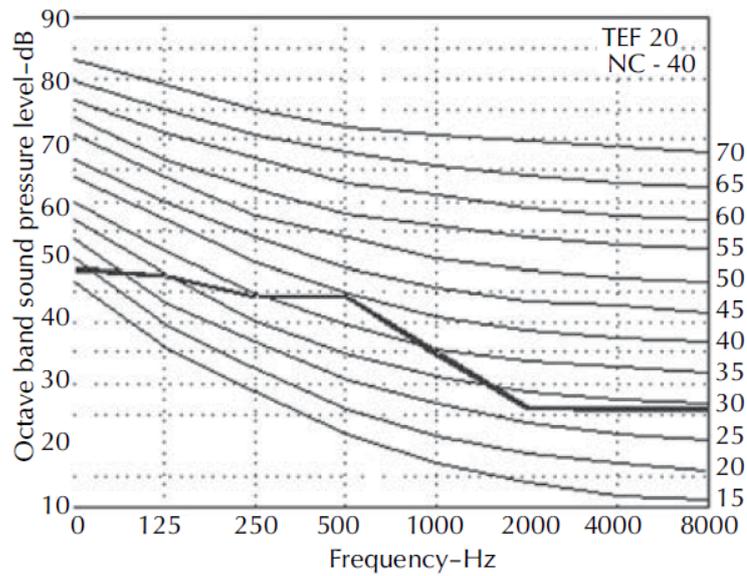
Valores recomendados de C80, C50, STI, STIPA.

Parámetros Acústicos	Valor recomendado	Valoración subjetiva
Claridad musical media C80(3)	$-2 \leq C80(3) \leq +2$ dB	Grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical.
Claridad de la voz C50	$C50 > 2$ dB	Grado de separación entre diferentes sonidos individuales integrantes de una palabra.
STI ó STIPA	$STI \geq 0,65$	Grado de inteligibilidad de la palabra.

### Ruido de Fondo.

Se considera ruido de fondo a cualquier sonido indeseado. El ruido decrece la inteligibilidad del lenguaje al elevar el umbral de audición del escucha, y al mismo tiempo enmascara la información (Lawrence E. kinsler 1995).

Para evaluar el grado de molestia que un ruido ambiental provoca sobre el espectador se comparan los niveles existentes en la sala vacía, con todas las instalaciones en funcionamiento con un conjunto de curvas de referencia denominadas NC (*Noise criteria*). Estas curvas son usadas también para establecer el nivel de ruido máximo recomendado en distintos espacios en función de su uso (Higini Arau, 1999).



*Figura 1. Curvas NC - ruido de fondo.*

Tomado de (Handbook for Sound Engineers 4th, s.f).

Tabla 3.

*Valores de curvas NC - recomendadas según el tipo de espacio.*

<b>Espacio.</b>	<b>Curva NC Recomendada.</b>
Salas de conferencias / Aula	20-30
Biblioteca	30-35
Restaurante	35-40
Cafetería	40-45
Polideportivo	40-50

## **2.6 Parámetros geométricos y arquitectónicos.**

Con relación al uso de los auditorios existe una variedad de formas y tipologías de diseño. Siendo su geometría un parámetro esencial al momento de relacionar los cálculos de volumen y capacidad de personas, parámetros esenciales al instante de evaluar acústicamente factores propios de la sala como el tiempo de reverberación capacidad de absorción acústica de la audiencia, etc. Dada a la tendencia arquitectónica actual y debido a la facilidad y eficiencia de formas de construcción Cúbicas las variables a calcular son.

### 2.6.1 Longitudes.

- a) Largo promedio del área de audiencia.
- b) Ancho promedio del área de audiencia.
- c) Altura promedio del área de audiencia.
- d) Largo promedio del área de escenario.
- e) Ancho promedio del área de escenario.
- f) Altura promedio del área de audiencia.
- g) Distancia del escenario hasta el oyente más lejano desde el centro del recinto.

### 2.6.2 Áreas.

- a) Área del escenario.
- b) Área de audiencia.
- c) Áreas extras.

### 2.6.3 Volúmenes.

Volumen aproximado de la sala.

En el caso de existir escenario se considera solo las áreas existentes en el recinto para la medición de los parámetros geométricos mencionados.

## 2.7 Software E.A.S.E. (Electro acoustics simulation for engineers).

El *software* de predicción E.A.S.E. sirve como herramienta para el diseño y simulación acústica de recintos arquitectónicos. Las simulaciones cuentan con la implementación de distintos materiales con sus respectivos coeficientes de absorción y la opción de ingreso de nuevos materiales, así como la introducción de sistemas de refuerzo sonoro como altavoces que sirven para simular salas multiusos. (Renkus – Heinz, 2004).

Los resultados son presentados de forma visual y en tablas de datos que constan de una serie de parámetros acústicos indispensables para el análisis y comportamiento del sonido en espacios cerrados.

### **3. Metodología.**

Para la creación de la comparación acústica de estos auditorios y simulación mediante software, se aplicará una metodología comparativa basada en un procedimiento sistemático de actividades, en las cuales se buscará y comparará parámetros cuantitativos obtenidos de los auditorios de la Universidad de las Américas. Este proceso que se llevará a cabo mediante mediciones *in situ* y con simulaciones de *software* (E.A.S.E.), con el fin de encontrar y relacionar: similitudes, diferencias, ventajas y desventajas que existen al momento de analizar las características que se usan en la actualidad. Para cuantificar los parámetros de los recintos de concentración masiva, establecer un análisis detallado que ayude al desarrollo y conocimiento sobre las formas de caracterizar una sala.

Conforme a la metodología que se aplica en el desarrollo descrito anteriormente se procederá de la siguiente forma:

A continuación, procederemos a describir la obtención de datos a través de las mediciones *in situ*, donde se consideró utilizar ciertos estándares.

#### **3.1 Normativas base:**

- Para la obtención del Tiempo de Reverberación se utilizará la Normativa UNE-EN ISO 3382-1 Medición de Parámetros acústicos en recintos, Parte 1: Salas de espectáculos.

Adicionalmente, a partir del valor de tiempo de reverberación por medio de cálculos matemáticos se obtendrá los siguientes parámetros: Claridad musical (C80), Claridad de la palabra (C50), Tiempo de reverberación medio o vivacidad (RTmid), brillo (Br), calor (BR).

- Para la obtención del STI se utilizará la Norma UNE-EN ISO 9921 Ergonomía Evaluación de la comunicación verbal y la medida del STI se describe en la norma CEI 60268-16 (STI).

#### **3.2 Reservación y conocimiento de salas.**

La reservación de los recintos para el conocimiento y análisis del lugar en la cual se va a desarrollar las mediciones es de gran importancia, para reunir

información básica como la ubicación de los auditorios y contactos de las personas encargadas, también es necesario conocer el aforo de la sala. Para determinar el número de muestras y combinaciones de fuente sonómetro que se van a realizar según los parámetros ya establecidos en la normativa ISO 3382 parte 1, para elegir los equipos a utilizarse en la medición, lo cual ayuda a definir el procedimiento a efectuarse al momento asistir a la medición, así como para analizar posibles inconvenientes que pudieran perturbar con el desarrollo efectivo de las mediciones en las fechas planificadas.

### 3.3 Materiales de los auditorios.

Tabla 4.

*Materiales generales de los auditorios.*

Auditorio	Elemento	# de Elemento	Material
Queri	Piso	1	Porcelanato
	Techo	1	Gypsum
	Paredes laterales	1	Cemento y gypsum
	Pared posterior	1	Gypsum
	Pared Frontal	1	Cemento y gypsum
	Asientos/Butacas	240	Aglomerado revestido de esponja y tela con estructura metálica.
	Escenario	n/n	
	Cortinas o telones	2	n/n
	Puertas	2	De triplex y metálica
	Graderíos	n/n	n/n
	Pasillos	n/n	n/n
	Otros	n/n	n/n

Udla Park	Piso	1	Alfombra
	Techo	1	Madera
	Paredes laterales	1	Gypsum
	Pared posterior	1	Fibra de vidrio cubierta de tela
	Pared Frontal	1	Cemento y gypsum
	Asientos/Butacas	324	Tela
	Escenario	1	Madera y gypsum
	Cortinas o telones	4	Tela
	Puertas	4	Madera
	Graderíos	1	Alfombra
	Pasillos	n/n	n/n
	Otros	n/n	n/n

Granados 1	Piso	1	Porcelanato
	Techo	1	Armstrong
	Paredes laterales	1	Cemento y gypsum
	Pared posterior	1	Aglomerado revestido de esponja y tela con estructura metálica.
	Pared Frontal	1	Madera
	Asientos/Butacas	135	Aglomerado revestido de esponja y tela con estructura metálica.
	Escenario	n/n	n/n
	Cortinas o telones	2	Tela
	Puertas	2	Madera
	Graderíos	n/n	n/n
	Pasillos	n/n	n/n
	Otros	n/n	n/n

Granados 2	Piso	1	Porcelanato
	Techo	1	Armstrong
	Paredes laterales	2	Cemento y gypsum
	Pared posterior	1	Cemento y gypsum
	Pared Frontal	1	Aglomerado revestido de esponja y tela con estructura metálica.
	Asientos/Butacas	135	Aglomerado revestido de esponja y tela con estructura metálica.
	Escenario	n/n	n/n
	Cortinas o telones	2	Tela
	Puertas	2	Madera
	Graderíos	n/n	n/n
	Pasillos	n/n	n/n
	Otros	n/n	n/n

Granados Completo	Piso	1	Porcelanato
	Techo	1	Armstrong
	Paredes laterales	2	Cemento y gypsum
	Pared posterior	1	Cemento y gypsum
	Pared Frontal	1	Madera
	Asientos/Butacas	270	Aglomerado revestido de esponja y tela con estructura metálica.
	Escenario	n/n	n/n
	Cortinas o telones	4	Tela
	Puertas	4	Madera
	Graderíos	n/n	n/n
	Pasillos	n/n	n/n
	Otros	n/n	n/n

### 3.4 Medición en cada auditorio.

Las mediciones en cada auditorio son realizadas considerando los criterios de la normativa ISO 3382 parte 1 donde explica el método de medición, posiciones de fuente, sonómetro y número mínimo de puntos según el aforo o dimensión del auditorio. En las mediciones *in situ* se tomó muestras de tiempo de reverberación con el método de ruido interrumpido y niveles de ruido de fondo, a su vez se realizó la medición de STI y STIPA con el fin de identificar la inteligibilidad del recinto.

### 3.4.1 Instrumentación.

La instrumentación utilizada para este proyecto cumple con los requisitos de las normas CEI contempladas en las ISO 3382:

#### 3.4.1.1 Sonómetro Cesva SC310.

Nos permite utilizar varias opciones de medición de las cuales se va a utilizar la medición de tiempo de reverberación en tercios de octava.



*Figura 2.* Sonómetro Cesva SC310.

#### 3.4.1.2 Amplificador marca cesva.

El amplificador CESVA AP602 de la fuente de sonido omnidireccional, posee en su programación un generador de ruido blanco y rosa, un ecualizador gráfico por tercio de octava y un amplificador de potencia (“AP602 - Amplifier for Omni-directional Sound Source - CESVA instruments,” 2015).



*Figura 3.* Amplificador CESVA AP602.

### 3.4.1.3 Calibrador cesva.

Este proceso es necesario e indispensable realizarlo al principio y al final de la medición, con el objetivo de comprobar el nivel de presión acústica a la frecuencia de 1 KHz, con fin de comparar los valores de inicio y final los mismos que no deben tener una diferencia mayor o menor a 0,5 dB.



*Figura 4. Calibrador Cesva*

### 3.4.1.4 Fuente dodecaédrica cesva.

Altavoz Omnidireccional BP012 que asegura una emisión omnidireccional del ruido reproducido y que es capaz de desarrollar 123 dB de potencia acústica (PWL).



*Figura 5. Fuente dodecaédrica Cesva.*

### 3.4.1.5 Sonómetro NTi.

Se utilizará este sonómetro ya que cumple con las siguientes Normas IEC 61672, IEC 60651, IEC 60804, ANSI S1.4, ANSI S1.43. A su vez, permite medir el nivel sonoro, analizar a tiempo real RTA, análisis FFT, tiempo de reverberación RT60, polaridad, tiempo de delay (retardo), inteligibilidad del habla STIPA, análisis con precisión de 1/12 de octava, *noise curves*, nivel RMS / THD+N, *audio spectrum* y tiene osciloscopio.



Figura 6. Sonómetro NTi.

### 3.4.1.6 Talkbox NTi.

Emisor de señales acústicas para mediciones de inteligibilidad del habla en sistemas de evacuación y el anuncio, así como para el nivel de alineación de los sistemas de audio de teleconferencia u otro. Permite realizar la evaluación completa de extremo a extremo de la inteligibilidad de la voz STIPA de micrófono del orador a los oídos del oyente.



*Figura 7.* Talkbox NTi.

#### **3.4.1.7 Medidor láser de distancias BOSCH GLM 50.**

Nos brinda la ventaja de medir distancias con exactitud, será utilizado específicamente para medir las dimensiones de los distintos auditorios.



*Figura 8.* Medidor láser BOSCH.

#### **3.4.1.8 Anemómetro.**

Cumpliendo con la normativa ISO 3382 es necesario realizar una medición de la temperatura [-10; 45 °C] y la humedad relativa del recinto [<85 %], con el fin

de que los valores obtenidos se encuentren dentro de lo recomendado para poder realizar una medición exitosa.



*Figura 9. Anemómetro.*

#### **3.4.1.9 Equipamiento extra.**

- Trípode de sonómetro Cesva SC310.
- Cable *Speak On*.
- Cable de poder para el amplificador Cesva AP602.
- Trípode de fuente dodecaédrica.
- Cableado de conexionado.
- Extensión eléctrica.
- Regleta de toma corrientes.
- Flexómetro.
- Protectores auditivos.

#### **3.4.2 Hoja de campo.**

Con el fin de facilitar el registro de cada una de las mediciones, se llevó a cabo la elaboración de una hoja de campo que nos ayudó a registrar de manera

ordenada los valores obtenidos en los ensayos de campo. Esta hoja se modificó dependiendo del auditorio en el cual se realizó la medición, las mismas se encuentran adjuntas en la sección de ANEXOS en Anexo 1.

### 3.4.3 Tiempo de reverberación.

#### 3.4.3.1 Método de ruido Interrumpido.

Según la Normativa UNE-EN ISO 3382-1 Medición de Parámetros acústicos en recintos, Parte 1: Salas de espectáculos. Existen dos métodos de medición de tiempo de reverberación: método del ruido interrumpido y el método de la respuesta impulsiva integrada. Nosotros utilizaremos por motivos de instrumentación el primer método, como nuestro propósito de medición es de ingeniería y de precisión, se cubrirá desde 100 Hz hasta 5000 Hz en tercios de octava.

#### 3.4.3.2 Número de muestras o número de caídas.

Se deberán plantear dependiendo al tamaño de la sala un mínimo de 6 a 10 posiciones representativas de micrófono.

#### 3.4.3.3 Posición de la fuente.

La posición de fuente se ubicará donde se encuentran habitualmente las fuentes en mediciones *in situ*. Es necesario ubicar por lo menos dos posiciones de fuente a una altura mínima de 1,5 m por encima del suelo.

Tabla 5.

*Número mínimo de posiciones de micrófono en función al número de sillas considerando la Normativa ISO 3382-1.*

Número de asientos.	Número de posiciones de micrófono.
500	6
1000	8
2000	10

### 3.4.3.4 Posición de los micrófonos

Si no existe ninguna inconformidad con la geometría de la sala, las posiciones de micrófono se ubicarán en la zona de audiencia. Para la medición de tiempo de reverberación es necesario que el muestreo realizado sea representativo de la totalidad del espacio, y se deben escoger puntos alejados entre ellos a una distancia de al menos una media longitud de onda. Según nuestro rango de estudio, aproximadamente 2 m, se deben ubicar a su vez los micrófonos al menos a un cuarto de longitud de onda (1 m), de superficies reflectantes incluido el suelo.

A su vez, ningún micrófono debe estar demasiado cerca de la fuente, evitando influencias de la fuente mediante un sonido directo. En las salas de conferencias y conciertos es conveniente ubicar los micrófonos a una altura de 1,2 m por encima del suelo correspondiente a la altura de los oídos de los oyentes sentados en asientos tipo.

Tabla 6.

*Número mínimo de combinaciones, posiciones y muestras de instrumentos de medición según la Normativa ISO 3382-2.*

	Control	Ingeniería	Precisión
<b>Combinaciones fuente - micrófono</b>	2	6	12
<b>Posiciones de la fuente.</b>	>1	>2	>2
<b>Posiciones de micrófono.</b>	>2	>2	>3
<b>Número de decrecimientos en cada posición (método de ruido interrumpido).</b>	1	2	3

### 3.4.3.5 Comprobación de la calibración de equipos.

Se realizará la comprobación de la calibración del sonómetro, este proceso es necesario e indispensable realizarlo al principio y al final de la medición, con el objetivo de comprobar el nivel de presión acústica por medio de un calibrador acústico, este valor será medido y registrado en la hoja de campo, con el objetivo de que al finalizar la medición, los dos valores deben tener una

diferencia menor o igual a 0,5 dB, caso contrario se rechazara los resultados obtenidos en la medición, considerando como valor de referencia a 1 Pascal = 94 dB-SPL de nivel de presión sonora, con una señal de entrada de 1 KHz.

Al momento de medir la presión acústica en el recinto y los tiempos de reverberación, con el objetivo de evitar lesiones auditivas, todas las personas presentes utilizaran protección auditiva.

#### **3.4.4 Mediciones.**

##### **3.4.5.1 T20.**

Cuando existe una diferencia de 35 dB entre el ruido de fondo y el ruido rosa modificado interrumpido de la fuente. El valor de T20 será el que se considere para el cálculo y análisis de resultados, debido a que puede existir dificultades al momento de excitar toda la sala por su volumen extenso, además el T30 se considera cuando existe una diferencia de 45 dB entre el ruido de fondo y el ruido rosa modificado interrumpido de la fuente.

##### **3.4.5.3 RF (Ruido de Fondo).**

Se obtiene por medio de mediciones *in situ*, siendo el primer parámetro a obtener, el cual debe tener 35 dB (para el T20) por debajo del ruido rosa modificado, generado por la fuente omnidireccional.

#### **3.4.5 Índice de transmisión verbal (STI).**

##### **3.4.5.1 Método de STI.**

Según la Norma UNE-EN ISO 9921 Ergonomía Evaluación de la comunicación verbal y la medida del STI, se describe en la norma CEI 60268-16. Existen dos métodos de evaluación de la inteligibilidad del habla: subjetivos y objetivos, dentro de nuestra evaluación utilizaremos el método de evaluación objetivo "Índice de Transmisión verbal" (STI o STIPA). Este método se basa en el cálculo de la relación señal a ruido en siete bandas de frecuencias de octavas significativas, considerando a las frecuencias centrales que varían entre 125 Hz a 8 KHz.

#### **3.4.5.2 Número de muestras o número de caídas.**

Se realizaron un promedio de caídas entre 29 a 41, para la medición en cada auditorio dependiendo el aforo de cada auditorio, ubicando el sonómetro en las butacas ya establecidas de los auditorios.

#### **3.4.5.3 Posición de la fuente.**

La posición del talk box se ubicó donde se encuentran habitualmente las fuentes naturales, es necesario ubicar por lo menos dos posiciones de fuente a una altura mínima de 1,5 m por encima del suelo.

#### **3.4.5.4 Posición de los micrófonos.**

Los micrófonos se ubicaron en la zona de audiencia de manera representativa con la totalidad del espacio de audiencia, (en vista que la norma no determina limitaciones en cuanto a las posiciones, más allá de lo que diga, se va a proceder a respetar las ubicaciones usadas en el muestreo del RT).

#### **3.4.6 Procedimiento y operación de los equipos.**

##### **3.4.6.1 Toma de humedad y temperatura.**

Se realizó la toma de dos muestras de humedad y temperatura, la primera antes de iniciar la medición y la segunda al finalizar la medición con el fin de comprobar si existe algún cambio durante la medición, dichos resultados se escribieron en la hoja de campo correspondiente a cada medición.

##### **3.4.6.1.1 Pasos para la toma de humedad y temperatura:**

- 1.- Encender el anemómetro
- 2.- Ubicar en modo TEMP
- 3.- Esperar durante un minuto que el termómetro identifique la temperatura y registrar el valor
- 4.- Ubicar en modo HUMIDITY

5.- Esperar durante un minuto que el higrómetro identifique la temperatura y registrar el valor.

#### **3.4.6.2 Medida del volumen, área y longitud de la sala.**

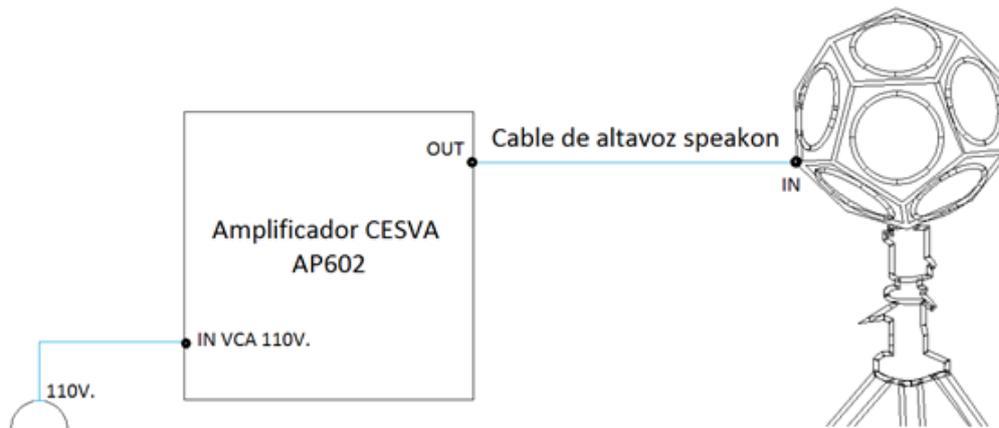
Por medio del medidor láser BOSCH GLM50, se procedió a tomar los parámetros físicos del lugar como: ancho, largo y alto de la audiencia; ancho, largo y alto del escenario, distancia del escenario al oyente más remoto, área del escenario, audiencia, orquesta, volumen total de la sala, relación espacial de pasillos, relación espacial de accesos, relación espacial de gradas. No se consideró espacios adicionales como camerinos, baños, etc.

#### **3.4.6.3 Captura del tiempo de reverberación.**

Se conectó el amplificador CESVA AP602 a la corriente eléctrica y se conecta el cable (*Speak on*) del amplificador a la fuente, se ubica la fuente en los 4 puntos definidos en la hoja de campo.

Una vez ya ubicado la fuente dodecaédrica en el punto propuesto, se procedió a encender el sonómetro, comprobando la calibración del mismo, valores que fueron registrados en la hoja de campo tanto al inicio como al final de la medición. Antes de realizar la medición se asigna el modo de medición el cual utilizamos fue en T. REVERBERACIÓN  $\frac{1}{3}$  el cual corresponde al tiempo de reverberación medido para tercios de octava.

#### **3.4.6.3.1 Se realizó el siguiente proceso de conexión.**



*Figura 10.* Conexión fuente omnidireccional.

#### **3.4.6.3.2 Pasos de medición de T60.**

- 1.- Registro del Ruido de Fondo (presionando el botón OK en el sonómetro)
- 2.- Encender la fuente con el botón PLAY del amplificador.
- 3.- Registrar el nivel máximo instantáneo (presionando nuevamente el botón OK del sonómetro).
- 4.- Apagar la fuente con el botón STOP del amplificador.
- 5.- El sonómetro procederá a calcular el tiempo de reverberación.
- 6.- Registro y grabación de la medición presionando la tecla MENÚ seleccionando la opción GUARDAR con el botón OK.
- 7.- Se realizó este proceso 9 veces con 4 posiciones de fuente.

**NOTA:** Se utilizó el sistema de refuerzo sonoro existente en cada auditorio donde se conectó directamente el amplificador a la consola o altavoces, con el fin de excitar el auditorio con mayor potencia.

#### **3.4.6.3.3 Descarga de datos del sonómetro CESVA SC310.**

Después de realizar la medición es necesario extraer los datos obtenidos con el sonómetro CESVA SC310, por lo que se detallará los pasos a realizar para

poder descargarlos con éxito. Es necesario recalcar que para poder realizar este proceso nuestro ordenador debe tener el software "CESVA CAPTURE Studio", para que pueda reconocer al sonómetro.

- 1.- Ingresar al software "CESVA CAPTURE Studio".
- 2.- Crear una nueva sesión desde la pestaña Archivo.
- 3.- Ingresar a la carpeta de trabajo de desde la pestaña Configuración PC.
- 4.- Buscar la carpeta donde guardamos nuestra medición.
- 5.- Descargar los archivos.
- 6.- Convertir los archivos a la extensión de texto (.txt).
- 7.- Visualizarlos por medio de Microsoft Excel.

#### **3.4.6.4 Captura de STI y STIPA.**

Se procedió a ubicar el Talkbox en una posición donde se ubicaría un orador, escogimos el centro del escenario, tomando en cuenta la normativa IEC60268-16 sistema de equipo de sonido, parte 16: Valoración objetiva de la inteligibilidad del habla mediante el índice de transmisión de voz. Se consideró configurar en modo STI y ed4.0, en el sonómetro.

Para la toma del STI se realizaron registros únicamente con el talkbox, mientras que para obtener el STIPA se realizó el registro mediante la transmisión de la señal modulada por medio del talkbox + el sistema de refuerzo sonoro.

##### **3.4.6.4.1 Descarga de datos del sonómetro NTi XL2.**

Después de realizar la medición es necesario extraer los datos obtenidos con el sonómetro NTi, por lo que se detallará los pasos a realizar para poder descargarlos con éxito.

- 1.- Conectar el sonómetro a un computador mediante un cable USB.

- 2.- El sonómetro mostrará en su pantalla una ventana donde debemos seleccionar el modo MASS STORAGE.
- 3.- En el computador debemos abrir la carpeta "projects".
- 4.- Copiar y pegar los archivos del sonómetro en el computador.
- 5.- Para poder visualizar los archivos se deben importar los archivos con Microsoft Excel.

### Resumen del proceso de medición en los auditorios



**Figura 11.** Resumen proceso de medición de los auditorios.

## 4. Cálculos y obtención de los parámetros.

### 4.1 Obtención del tiempo de reverberación.

Se extraen los valores de  $T_{20}$  de la medición realizada de cada muestra obtenida en bandas de tercio de octavas. Se debe realizar un promedio frecuencial de los valores de  $T_{20}$  considerando todas las muestras con valores.

De la siguiente manera:

				R270			R271			R272			R273		
T20 PROM	RF LogtProm	Frecuencia		T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel
1,65	44,92	100	Hz	1,23	44	85,7	1,23	44	85,7	1,19	45,6	88,1	2,68	45,9	83,5
1,39	44,11	125	Hz	0,62	44,9	88,9	0,62	44,9	88,9	1,64	46,9	92	1,11	47,2	92,7
1,43	36,42	160	Hz	1,47	35,1	91,4	1,47	35,1	91,4	1,65	37	89,6	1,7	42,1	91,9
1,35	34,58	200	Hz	1,81	32,3	88,4	1,81	32,3	88,4	1,25	33,9	87,1	1,87	37,8	90,6
1,15	32,55	250	Hz	1,01	30,9	85,7	1,01	30,9	85,7	1,17	32,5	83,7	1,33	33,3	85
1,12	29,57	315	Hz	1,12	24,9	83	1,12	24,9	83	1,28	27,7	80,2	0,98	30,9	82,5
1,03	29,78	400	Hz	0,81	24	86,5	0,81	24	86,5	0,93	25,6	79,8	1,44	29,7	80,1
1,19	25,49	500	Hz	1,32	22,4	82,9	1,32	22,4	82,9	0,95	23,9	79,4	1,32	26,9	79,1
1,18	22,87	630	Hz	1,24	21,4	77,9	1,24	21,4	77,9	1,27	21,3	77,2	1,34	26,5	79,4
1,07	20,74	800	Hz	0,96	20	77,6	0,96	20	77,6	1,1	19,8	76,5	1,09	23,9	77,5
1,06	17,53	1000	Hz	0,95	17,3	77,8	0,95	17,3	77,8	1,37	17,7	75,3	1,1	21,5	76,2
1,12	16,77	1250	Hz	1,02	17,1	76,7	1,02	17,1	76,7	1,28	16,2	74,6	1,01	20,4	74,9
1,09	15,22	1600	Hz	0,88	16,6	80	0,88	16,6	80	1,25	16,4	74,6	1,01	19,9	77,4
1,06	12,17	2000	Hz	0,74	13,9	78,4	0,74	13,9	78,4	1,27	13,2	74,7	1,11	14,8	75,7
1,08	10,79	2500	Hz	0,95	11,8	75	0,95	11,8	75	1,18	11,5	71,9	0,93	13,2	73,8
1,00	10,27	3150	Hz	0,8	11,8	75,3	0,8	11,8	75,3	1,06	11,2	68,6	0,96	12,6	71,8
1,05	9,54	4000	Hz	0,97	10,6	73,5	0,97	10,6	73,5	1,21	10,6	68,7	1,18	10,6	70,1
0,99	9,57	5000	Hz	1,09	10,2	76	1,09	10,2	76	0,99	10,6	72,3	1,06	10,6	72,1
PROMEDIO	1,17														

Figura 12. Extracción datos RT.

#### 4.1.1 Obtención de la claridad (C80 - C50).

Para la obtención de la claridad se aplicó la siguiente ecuación:

$$C80 = -1 + e^{(13,8 \cdot 0,08)/T20}$$

(Ecuación 17)

$$C50 = -1 + e^{(13,8 \cdot 0,05)/T20}$$

(Ecuación 18)

Frecuencia	Hz	T20 PROM	CLARIDAD C50	CLARIDAD C80
100	Hz	1,654	0,52	0,95
125	Hz	1,391	0,64	1,21
160	Hz	1,433	0,62	1,16
200	Hz	1,345	0,67	1,27
250	Hz	1,149	0,82	1,61
315	Hz	1,119	0,85	1,68
400	Hz	1,034	0,95	1,91
500	Hz	1,189	0,79	1,53
630	Hz	1,177	0,80	1,55
800	Hz	1,071	0,90	1,80
1000	Hz	1,056	0,92	1,84
1250	Hz	1,124	0,85	1,67
1600	Hz	1,09	0,88	1,75
2000	Hz	1,063	0,91	1,83
2500	Hz	1,08	0,89	1,78
3150	Hz	1,001	0,99	2,01
4000	Hz	1,053	0,93	1,85
5000	Hz	0,985	1,01	2,07
<b>PROMEDIO</b>		<b>1,17</b>	<b>0,90</b>	<b>1,73</b>

Figura 13. Extracción datos C50 y C80.

#### 4.1.2 Obtención del calor (BR), brillo (Br), vivacidad (RTmid).

Para la obtención de los siguientes parámetros se aplicó las siguientes fórmulas:

$$\text{Calor (BR)} = \frac{\text{TR}(125 \text{ Hz}) + \text{TR}(250 \text{ Hz})}{\text{TR}(500 \text{ Hz}) + \text{TR}(1000 \text{ Hz})}$$

(Ecuación 19)

$$\text{Brillo (Br)} = \frac{\text{TR}(2000 \text{ Hz}) + \text{TR}(4000 \text{ Hz})}{\text{TR}(500 \text{ Hz}) + \text{TR}(1000 \text{ Hz})}$$

(Ecuación 20)

$$\text{Vivacidad (RTmid)} = \frac{\text{TR}(500 \text{ Hz}) + \text{TR}(1000 \text{ Hz})}{2}$$

(Ecuación 21)

Vivacidad (RTmid)	Calor (BR)	Brillo (Br)
1,12	1,13	0,94

Figura 14. Extracción parámetros acústicos.

Después de la extracción de los datos de T20 se realizó un promedio del mismo por frecuencias, de cada una de las muestras obtenidas.

T20 PROM	RF LogtProm	Frecuencia	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	
1.65	44.92	100	Hz	1.23	44	85.7	1.23	44	85.7	1.19	45.6	88.1	2.68	45.9	83.5
1.39	44.11	125	Hz	0.62	44.9	88.9	0.62	44.9	88.9	1.64	46.9	92	1.11	47.2	92.7
1.43	38.42	160	Hz	1.47	35.1	91.4	1.47	35.1	91.4	1.65	37	89.6	1.7	42.1	91.9
1.35	34.58	200	Hz	1.81	32.3	88.4	1.81	32.3	88.4	1.25	33.9	87.1	1.87	37.8	90.6
1.15	32.55	250	Hz	1.01	30.9	85.7	1.01	30.9	85.7	1.17	32.5	83.7	1.33	33.3	85
1.12	29.57	315	Hz	1.12	24.9	83	1.12	24.9	83	1.28	27.7	80.2	0.98	30.9	82.5
1.03	29.78	400	Hz	0.81	24	86.5	0.81	24	86.5	0.93	25.6	79.8	1.44	29.7	80.1
1.19	25.49	500	Hz	1.32	22.4	82.9	1.32	22.4	82.9	0.95	23.9	79.4	1.32	26.9	79.1
1.18	22.87	630	Hz	1.24	21.4	77.9	1.24	21.4	77.9	1.27	21.3	77.2	1.34	26.5	79.4
1.07	20.74	800	Hz	0.96	20	77.6	0.96	20	77.6	1.1	19.8	76.5	1.09	23.9	77.5
1.06	17.53	1000	Hz	0.95	17.3	77.8	0.95	17.3	77.8	1.37	17.7	75.3	1.1	21.5	76.2
1.12	16.77	1250	Hz	1.02	17.1	76.7	1.02	17.1	76.7	1.28	16.2	74.6	1.01	20.4	74.9
1.09	15.22	1600	Hz	0.88	16.6	80	0.88	16.6	80	1.25	16.4	74.6	1.01	19.9	77.4
1.06	12.17	2000	Hz	0.74	13.9	78.4	0.74	13.9	78.4	1.27	13.2	74.7	1.11	14.8	75.7
1.08	10.79	2500	Hz	0.95	11.8	75	0.95	11.8	75	1.18	11.5	71.9	0.93	13.2	73.8
1.00	10.27	3150	Hz	0.8	11.8	75.3	0.8	11.8	75.3	1.06	11.2	68.6	0.96	12.6	71.8
1.05	9.54	4000	Hz	0.97	10.6	73.5	0.97	10.6	73.5	1.21	10.6	68.7	1.18	10.6	70.1
0.99	9.57	5000	Hz	1.09	10.2	76	1.09	10.2	76	0.99	10.6	72.3	1.06	10.6	72.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.17</b>														

Figura 15. Extracción promedio T20.

Para la obtención de los parámetros se decidió ocupar el T20 PROM, debido a que en el T30PROM no se logró obtener valores en las primeras frecuencias.

#### 4.1.3 Obtención del ruido de fondo.

Se realiza la recopilación de los valores de ruido de fondo de cada una de las muestras, se realizó una promedio logarítmico de cada muestra.

E17  $= (10 \cdot \text{LOG}10((1/12) \cdot (10^{(0,1 \cdot 17)}) + (10^{(0,1 \cdot N17)}) + (10^{(0,1 \cdot R17)}) + (10^{(0,1 \cdot V17)}) + (10^{(0,1 \cdot Z17)}) + (10^{(0,1 \cdot AD17)}) + (10^{(0,1 \cdot AH17)}) + (10^{(0,1 \cdot AL17)}) + (10^{(0,1 \cdot 17)}))$

T20 PROM	RF LogProm	Frecuencia	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	T20	Ruido de Fondo	Max. Nivel	
1,65	44,92	100	Hz	1,23	44	85,7	1,23	44	85,7	1,19	45,6	88,1	2,68	45,9	83,5
1,39	44,11	125	Hz	0,62	44,9	88,9	0,62	44,9	88,9	1,64	46,9	92	1,11	47,2	92,7
1,43	38,42	160	Hz	1,47	35,1	91,4	1,47	35,1	91,4	1,65	37	89,6	1,7	42,1	91,9
1,35	34,58	200	Hz	1,81	32,3	88,4	1,81	32,3	88,4	1,25	33,9	87,1	1,87	37,8	90,6
1,15	32,55	250	Hz	1,01	30,9	85,7	1,01	30,9	85,7	1,17	32,5	83,7	1,33	33,3	85
1,12	29,57	315	Hz	1,12	24,9	83	1,12	24,9	83	1,28	27,7	80,2	0,98	30,9	82,5
1,03	29,78	400	Hz	0,81	24	86,5	0,81	24	86,5	0,93	25,6	79,8	1,44	29,7	80,1
1,19	25,49	500	Hz	1,32	22,4	82,9	1,32	22,4	82,9	0,95	23,9	79,4	1,32	26,9	79,1
1,18	22,87	630	Hz	1,24	21,4	77,9	1,24	21,4	77,9	1,27	21,3	77,2	1,34	26,5	79,4
1,07	20,74	800	Hz	0,96	20	77,6	0,96	20	77,6	1,1	19,8	76,5	1,09	23,9	77,5
1,06	17,53	1000	Hz	0,95	17,3	77,8	0,95	17,3	77,8	1,37	17,7	75,3	1,1	21,5	76,2
1,12	16,77	1250	Hz	1,02	17,1	76,7	1,02	17,1	76,7	1,28	16,2	74,6	1,01	20,4	74,9
1,09	15,22	1600	Hz	0,88	16,6	80	0,88	16,6	80	1,25	16,4	74,6	1,01	19,9	77,4
1,06	12,17	2000	Hz	0,74	13,9	78,4	0,74	13,9	78,4	1,27	13,2	74,7	1,11	14,8	75,7
1,08	10,79	2500	Hz	0,95	11,8	75	0,95	11,8	75	1,18	11,5	71,9	0,93	13,2	73,8
1,00	10,27	3150	Hz	0,8	11,8	75,3	0,8	11,8	75,3	1,06	11,2	68,6	0,96	12,6	71,8
1,05	9,54	4000	Hz	0,97	10,6	73,5	0,97	10,6	73,5	1,21	10,6	68,7	1,18	10,6	70,1
0,99	9,57	5000	Hz	1,09	10,2	76	1,09	10,2	76	0,99	10,6	72,3	1,06	10,6	72,1
PROMEDIO	1,17														

Figura 16. Extracción prom. log. ruido de fondo.

#### 4.2 Obtención del STI.

Este valor ya es calculado por medio del sonómetro NTi XL2, por lo que solamente se realizó la identificación de un intervalo entre los valores mínimos y máximos del STI de las muestras obtenidas.

Registro	STI	Laeq	CALIDAD	FILA
0	0,5	61,3	DÉBIL	1
2	0,32	59,5	POBRE	1
4	0,39	58,2	POBRE	1
6	0,39	60,5	POBRE	3
8	0,29	59,7	DEFICIENTE	3
10	0,27	59	DEFICIENTE	3
12	0,63	58,4	BUENA	5
14	0,37	56,9	POBRE	5
16	0,3	58,8	DEFICIENTE	5
18	0,73	74,7	BUENA	7
20	0,65	73,6	BUENA	7
22	0,33	58,1	POBRE	7
24	0,23	57,5	DEFICIENTE	9
26	0,31	57,1	POBRE	9
28	0,58	57,1	DÉBIL	9

valor min	0,23
valor max	0,73

Figura 17. Extracción datos STI.

#### 4.2.1 Obtención del STIPA.

De la misma manera se realizó la extracción de los datos de la medición de STIPA, y su identificación de calidad.

Registro	STIPA	Laeq	CALIDAD	FILA
1	0,62	73,4	BUENA	1
3	0,73	74,5	BUENA	1
5	0,83	80,3	EXCELENTE	1
7	0,69	74,2	BUENA	3
9	0,73	75,1	BUENA	3
11	0,8	76,2	EXCELENTE	3
13	0,68	73,9	BUENA	5
15	0,7	74,8	BUENA	5
17	0,73	74,7	BUENA	5
19	0,36	56,7	POBRE	7
21	0,68	74,4	BUENA	7
23	0,63	74,3	BUENA	7
25	0,63	73	BUENA	9
27	0,64	72,2	BUENA	9
29	0,57	72,5	DÉBIL	9

valor min	0,36
valor max	0,83

Figura 18. Extracción datos STIPA.

$STI \leq 0,3$	DEFICIENTE	
$0,3 \leq STI \leq 0,45$	POBRE	
$0,45 \leq STI \leq 0,6$	DÉBIL	
$0,6 \leq STI \leq 0,75$	BUENA	
$0,75 \leq STI \leq 0,9$	EXCELENTE	

Figura 19. Categorización STI.

## 5. Simulación en el software E.A.S.E.

### 5.1 Proceso de simulación de auditorios.

A continuación, se detalla el procedimiento de ejecución del E.A.S.E. e inicio y creación de un nuevo proyecto. Al iniciar la ejecución del software en el escritorio de la computadora se despliega la ventana donde se encuentra la

carpeta de “*Start Working*”, se selecciona dicha carpeta y luego se despliega la ventana donde se procede a seleccionar “*Create Project*” y luego create “*Empty Project*”.

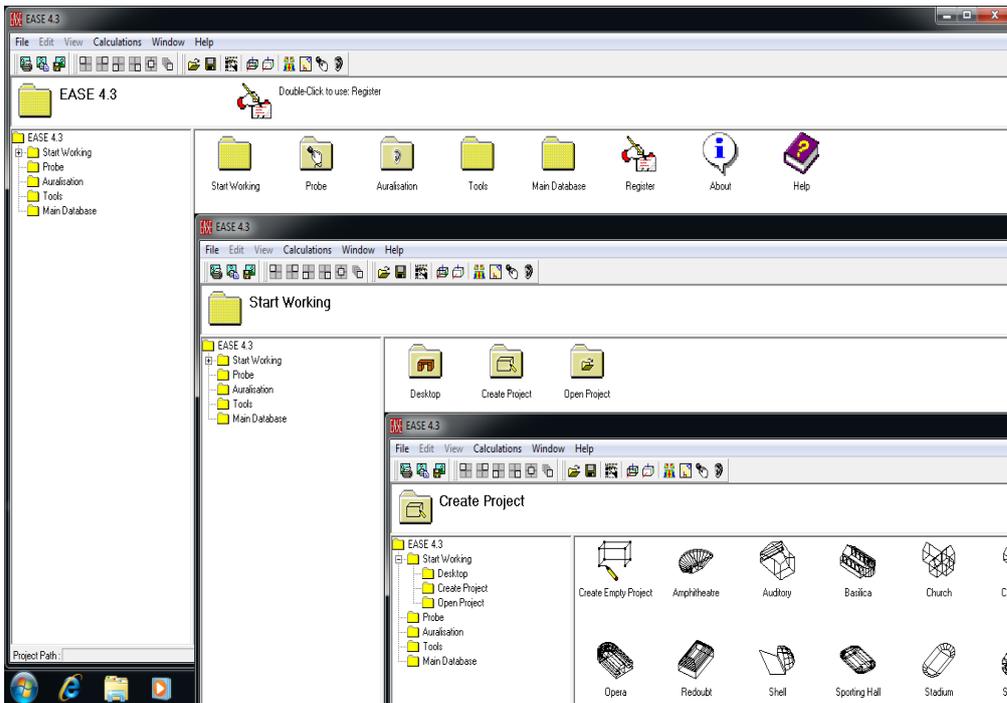


Figura 20. Creación nuevo proyecto E.A.S.E.

Al seleccionar “*Empty Project*” se despliega la venta de opciones de proyecto donde se puede escribir el nombre y agregar la ubicación de destino de archivo del nuevo proyecto.

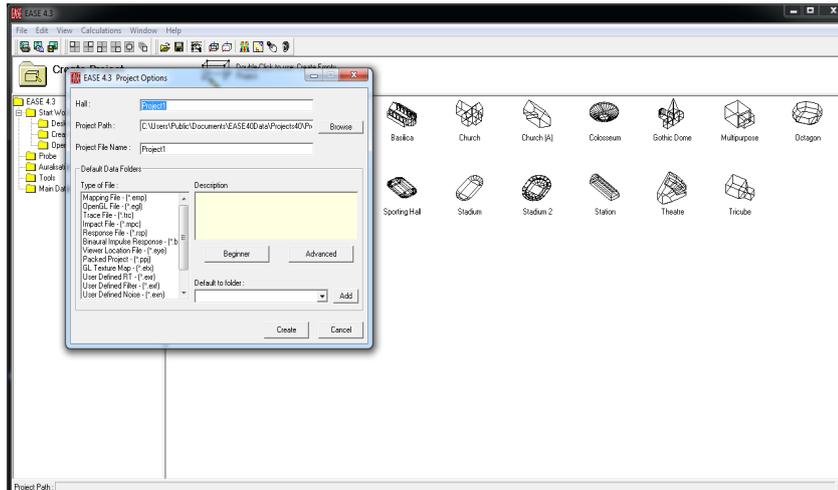


Figura 21. Guardar nuevo proyecto E.A.S.E.

Culminado con este proceso se procede a trabajar en el escritorio de trabajo del programa que consta de las herramientas necesarias para la graficación de espacios arquitectónicos. La graficación se basa en función a la inserción de vértices en planos de tres dimensiones, para luego darles una superficie determinada definiendo al mismo tiempo el tipo de material de construcción de dicha superficie.

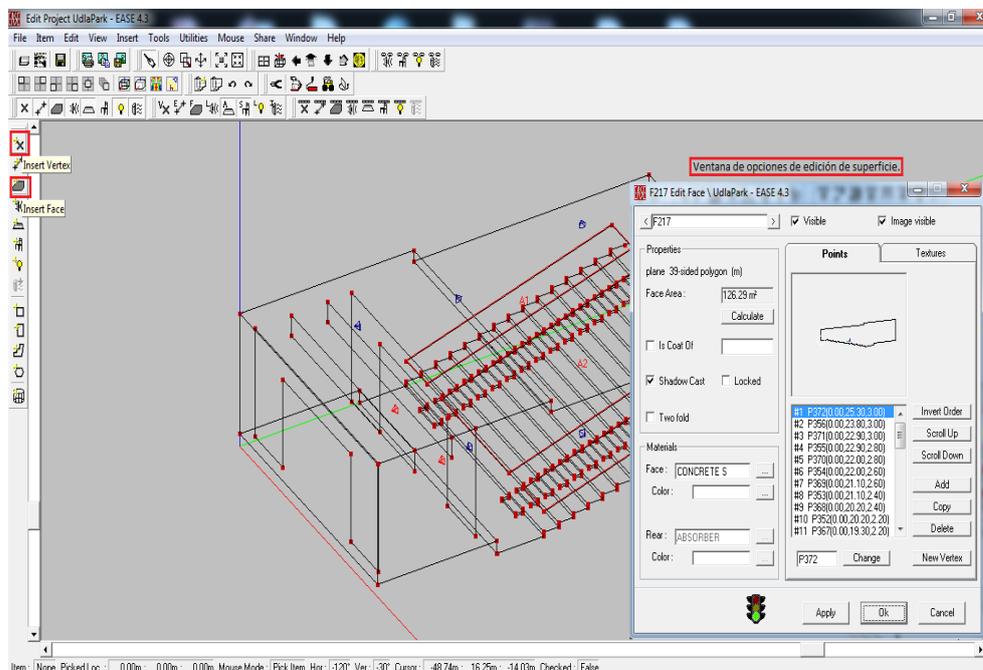


Figura 22. Gráfica de espacios arquitectónicos en el E.A.S.E.

*E.A.S.E.* consta con una amplia gama de materiales y la opción de agregar nuevos materiales, así como la opción de nuevos modelos de altavoces, para hacer simulaciones más completas.

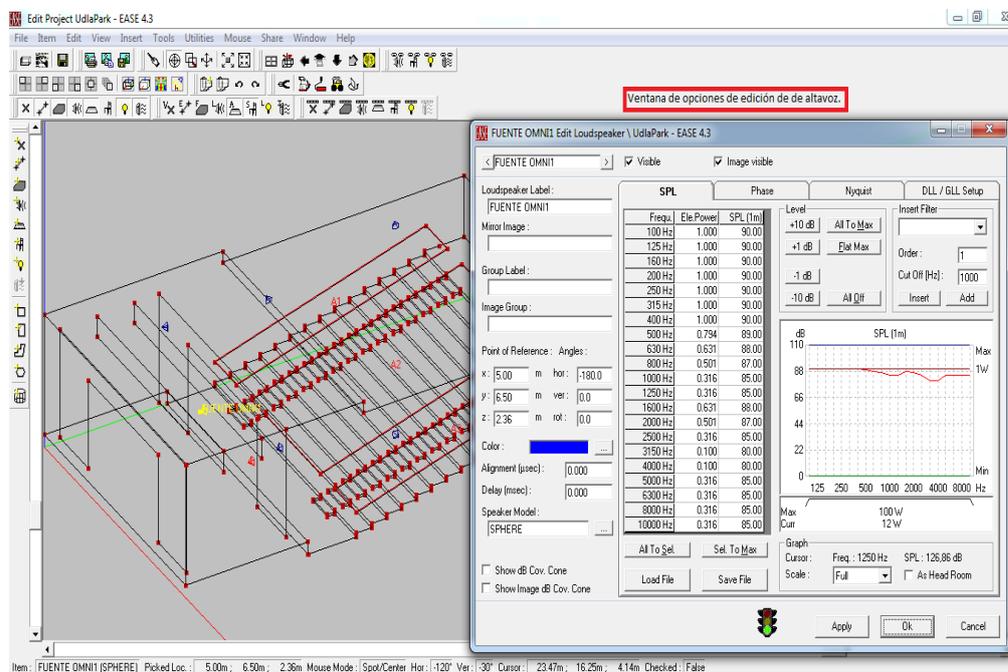


Figura 23. Materiales *E.A.S.E.*

### 5.1.1 Simulación del tiempo de reverberación (T60) con el software *E.A.S.E.*

En la pestaña de "Edit" se encuentra la opción de "Room Data" donde se puede insertar el ruido de fondo, temperatura, humedad y presión atmosférica obtenido de las mediciones *in situ* y es donde se encuentra calculado el tiempo de reverberación, coeficiente de absorción, volumen y superficie efectiva del recinto.

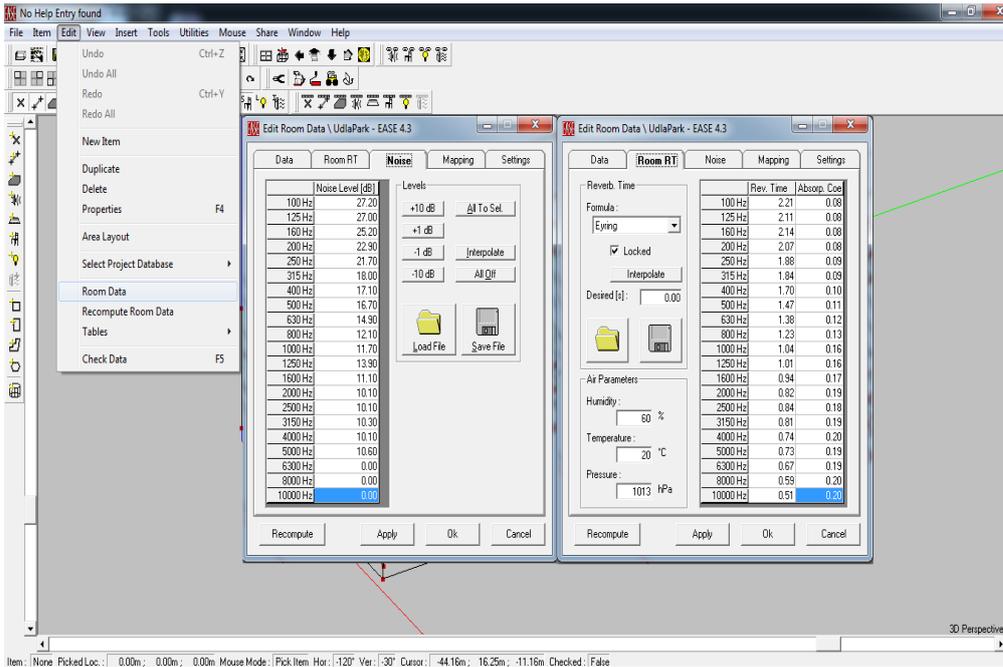


Figura 24. Demostración de la simulación del T60 en el *E.A.S.E.*

### 5.1.1 Simulación del C50, C80, STI, STIPA con el software *E.A.S.E.*

Para los cálculos de C50, C80, STI, STIPA en el programa *E.A.S.E.* consta de la opción de mapeo ubicado en la barra de herramientas, donde se despliega una ventana que posee las propiedades de cálculo para cada uno de los parámetros ya mencionados, así como la selección de las áreas de audiencia o asientos donde se requiere mapear y la resolución de mapeo.

Esta ventana permite seleccionar el número de altavoces que participen en la predicción para así determinar qué tipo de parámetros se va a calcular.

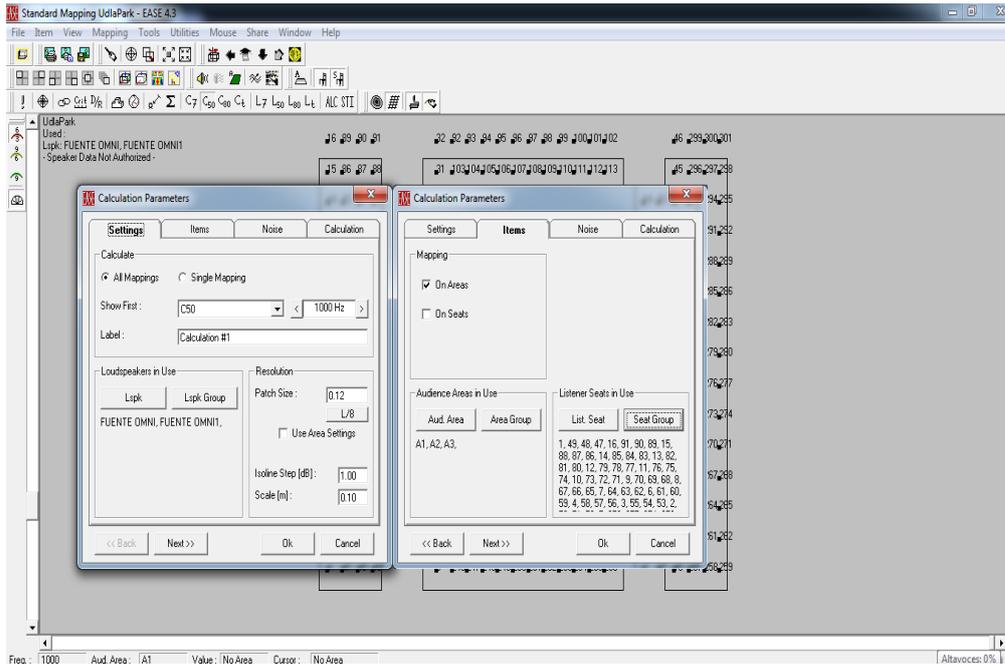


Figura 25. Demostración simulación C50, C80, STI, STIPA en el E.A.S.E.

Al aceptar todos los parámetros previstos se despliega el mapeo con una interfaz de colores que varían en función al valor calculado, también se despliega una ventana donde se encuentra una gráfica del parámetro calculado sea este C50, C80, STI, STIPA. Donde posee la opción de exportar tanto la gráfica como los valores a un archivo Excel.

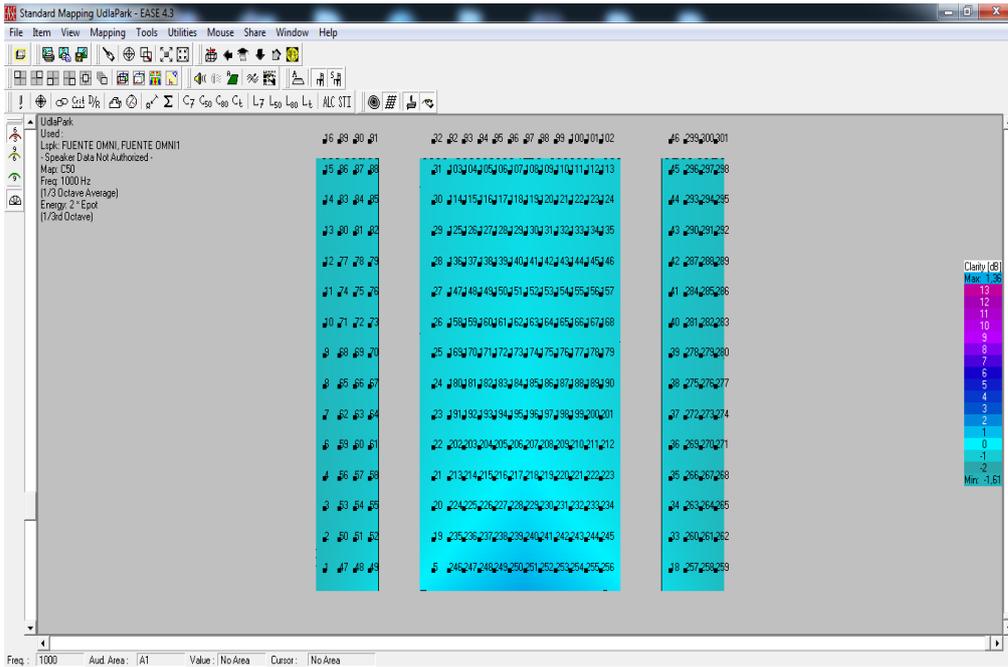


Figura 26. Demostración simulación en el E.A.S.E.

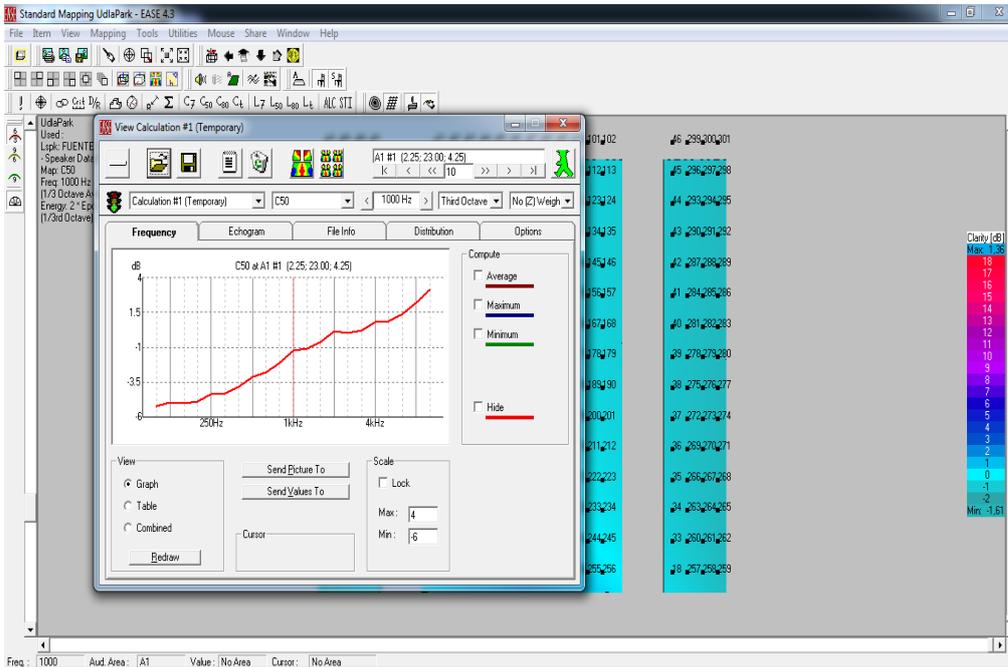


Figura 27. Demostración simulación C50 en el E.A.S.E.

## 6. Análisis de resultados.

A continuación, se procederá a analizar los resultados obtenidos tanto en la medición *in situ* y en la simulación realizada en el software E.A.S.E. Este proceso nos permitirá identificar el uso correcto que se debe dar a cada Auditorio de la Universidad de las Américas, considerando los parámetros acústicos y sus resultados tanto de manera gráfica como numérica.

### 6.1 Valores recomendados para los auditorios según los parámetros acústicos.

Tabla 7.

*Valores recomendados de los parámetros acústicos.*

Parámetros Acústicos	Valor recomendado	Valoración subjetiva
Tiempo de reverberación medio RTmid (500 Hz - 1KHz), sala ocupada	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (sala de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (sala de conferencia)	Grado de viveza de la sala
Calidez acústica (BR), sala ocupada	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	Riqueza en sonidos graves, melosidad y suavidad de música
Brillo (Br), sala ocupada	Br ≥ 0,87	Riqueza en sonidos agudos
Claridad musical media C80(3)	-2 ≤ C80(3) ≤ +2 dB	Grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical.
Claridad de la voz C50	C50 > 2 dB	Grado de separación entre diferentes sonidos individuales integrantes de una palabra
STI	STI ≥ 0,65	Grado de inteligibilidad de la palabra

## 6.2 Resultados obtenidos del auditorio de la sede Queri.

### 6.2.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio Queri.

Existe un variedad de formas que proporcionan distintos resultados en la acústica de un recinto, en el caso del auditorio de la sede Queri existe una variación de la altura desde el escenario hasta el aforo que va de 6,23 metros, a 3,78 metros con relación de decrecimiento de pendiente de 1 metro aproximadamente, lo cual no aporta en la geometría y generación de primeras reflexiones en el techo debido a su inclinación con mayor ángulo en el escenario, y a la falta de distribución de los asientos a diferente niveles a modo de terraza, lo que perjudica la recepción del sonido directo.

Plano de planta del auditorio de la sede Queri; plano de plata trapezoidal en forma de abanico.

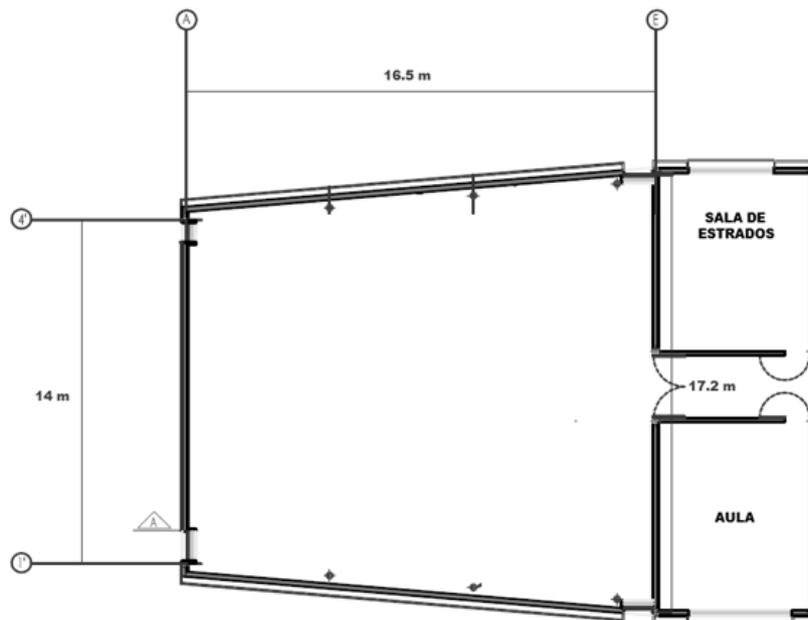


Figura 28. Forma en planta auditorio Queri.



Figura 29. Auditorio Queri.

#### 6.2.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.

Con relación al número de sillas de la sala, la cifra que se da no es exacta ya que puede ir variando en función al tipo de evento a realizarse en el recinto, el mismo que puede o no hacerse uso de las sillas, y su número varía con relación al aforo. Para el caso analizado. La medición *in situ* se realizó con las sillas colocadas.

Tabla 8.

*Dimensiones auditorio – Queri.*

Auditorio Queri.		
Volumen m <sup>3</sup>	Superficie m <sup>2</sup>	Número de sillas
931,57	855,11	240

#### 6.2.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición *in situ*.

Resultados obtenidos a partir de mediciones in-situ del Auditorio de la Sede Queri de la UDLA, utilizando la fuente omnidireccional con el objeto de excitar acústicamente a la sala.

### 6.2.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones *in situ*.

En la Tabla N.º 9 y el la Figura N.º 29, se presentan los resultado obtenidos y evaluación del ruido de fondo del auditorio de acuerdo a los índices de valoración de ruido representado gráficamente para determinar si el ruido de fondo de la sala es el adecuado con relación al uso de la misma.

Tabla 9.

*Curvas NC - Ruido de fondo – Queri.*

Ruido de fondo Queri y curvas NC.													
	NC-15	NC-20	NC-25	NC-30	NC-35	NC-40	NC-45	NC-50	NC-55	NC-60	NC-65	NC-70	RF
<b>63HZ</b>	47	51	54	57	60	64	67	71	74	77	80	84	44,9
<b>125 HZ</b>	36	40	44	48	52	56	60	64	67	71	75	79	44,1
<b>250 HZ</b>	29	33	37	41	45	50	54	58	62	67	71	75	32,5
<b>500 HZ</b>	22	26	31	35	40	45	49	54	58	63	68	72	25,5
<b>1 KHZ</b>	17	22	27	31	36	41	46	51	56	61	66	71	17,5
<b>2 KHZ</b>	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	12,2
<b>4 KHZ</b>	12	17	22	28	33	38	43	48	53	58	63	68	9,5
<b>8 kHZ</b>	11	16	21	27	32	37	42	47	52	57	62	68	9,6

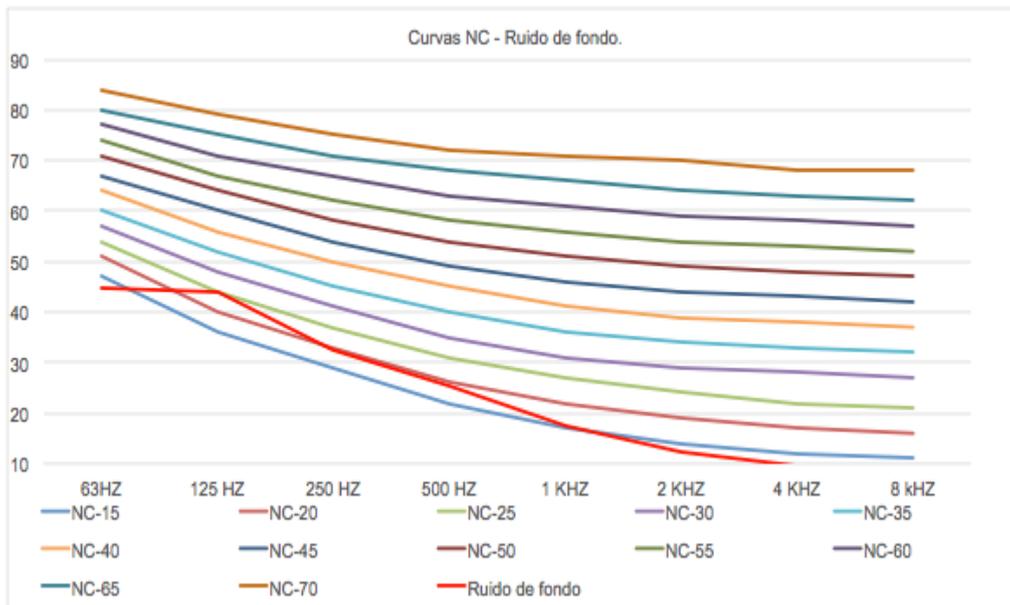


Figura 30. Curvas NC - ruido de fondo – Queri.

### 6.2.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones *in situ* utilizando la fuente omnidireccional y sistema de refuerzo sonoro.

En la Tabla. N.º 10 se detalla los valores de T20, C50 y C80, obtenidos en las mediciones *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

En la Figura N.º 30 y la Figura N.º 31, se presenta una comparación entre los valores obtenidos frecuencialmente de T20, C50 y C80, *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 10.

Valores T20, C50, C80, medición *in situ* – Queri.

		<b>Medición <i>in situ</i> Queri.</b>					
		<b>con fuente omnidireccional.</b>			<b>con sistema de refuerzo sonoro.</b>		
<b>Frec.</b>	<b>Hz</b>	<b>T20 PROM</b>	<b>C50</b>	<b>C80</b>	<b>T20 PROM</b>	<b>C50</b>	<b>C80</b>
<b>100</b>	<b>Hz</b>	1,65	0,52	0,95	1,31	0,69	1,32
<b>125</b>	<b>Hz</b>	1,39	0,64	1,21	1,48	0,59	1,11
<b>160</b>	<b>Hz</b>	1,43	0,62	1,16	2,03	0,40	0,72
<b>200</b>	<b>Hz</b>	1,35	0,67	1,27	1,02	0,97	1,95
<b>250</b>	<b>Hz</b>	1,15	0,82	1,61	1,46	0,60	1,13
<b>315</b>	<b>Hz</b>	1,12	0,85	1,68	1,66	0,52	0,94
<b>400</b>	<b>Hz</b>	1,03	0,95	1,91	1,20	0,78	1,51
<b>500</b>	<b>Hz</b>	1,19	0,79	1,53	1,37	0,65	1,24
<b>630</b>	<b>Hz</b>	1,18	0,80	1,55	1,63	0,53	0,97
<b>800</b>	<b>Hz</b>	1,07	0,90	1,80	1,12	0,85	1,68
<b>1000</b>	<b>Hz</b>	1,06	0,92	1,84	1,39	0,64	1,21
<b>1250</b>	<b>Hz</b>	1,12	0,85	1,67	2,77	0,28	0,49
<b>1600</b>	<b>Hz</b>	1,09	0,88	1,75	2,96	0,26	0,45
<b>2000</b>	<b>Hz</b>	1,06	0,91	1,83	1,64	0,52	0,96
<b>2500</b>	<b>Hz</b>	1,08	0,89	1,78	1,53	0,57	1,06
<b>3150</b>	<b>Hz</b>	1,00	0,99	2,01	1,44	0,61	1,15
<b>4000</b>	<b>Hz</b>	1,05	0,93	1,85	1,38	0,65	1,23
<b>5000</b>	<b>Hz</b>	0,99	1,01	2,07	1,25	0,74	1,42
<b>Promedio</b>	<b>Hz</b>	1,17	0,90	1,73	1,59	0,60	1,14

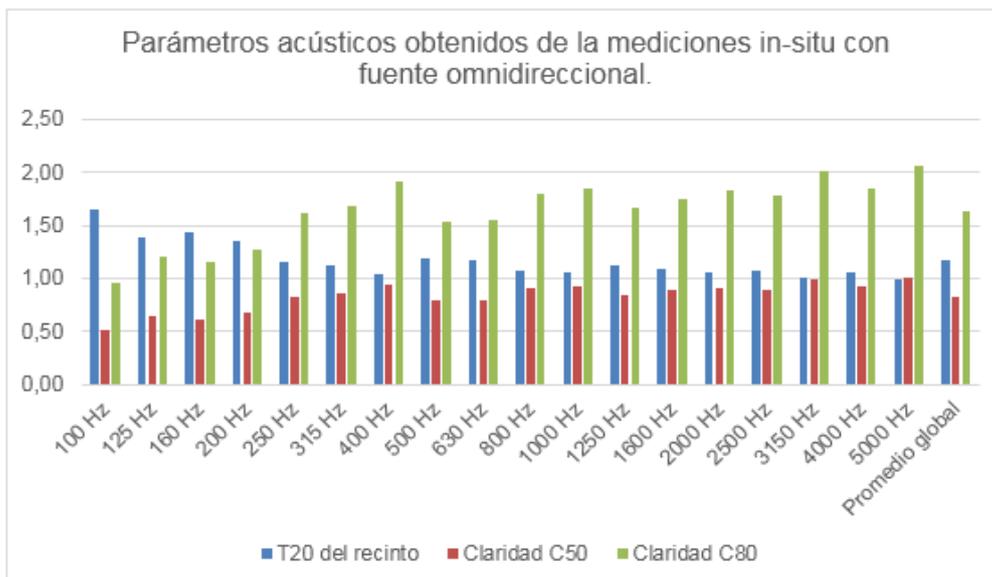


Figura 31. Parámetros acústicos de medición *in situ* con fuente omnidireccional – Queri.

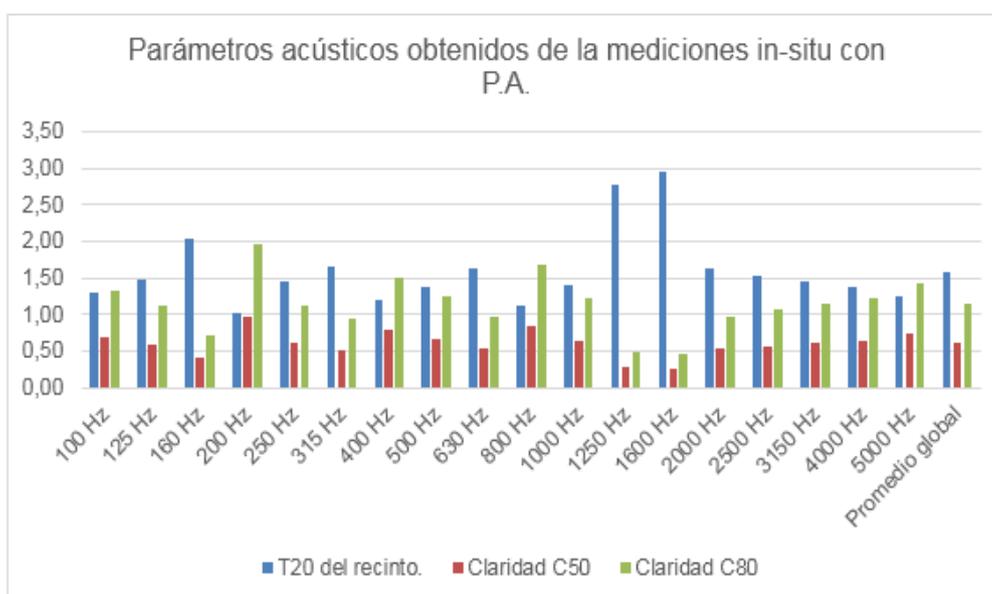


Figura 32. Parámetros acústicos de medición *in situ* con sistema de refuerzo sonoro - Queri.

En la Tabla N.º 11 se muestra los valores obtenidos de vivacidad (RTmid), calor (BR), brillo (Br), valores calculados a partir de los valores medios de T20 presentados con anterioridad. Según se puede observar los valores obtenidos

de vivacidad (RTmid) no cumple con los valores recomendados en la medición *in situ*, pero con sistema de refuerzo sonoro cumple con los valores de una sala polivalente. La calidez acústica (BR) cumple con los valores recomendados solamente para la medición *in situ*, mientras que con sistema de refuerzo sonoro no cumple, y el brillo (Br) se encuentra dentro de los valores recomendados, tanto para la medición *in situ* como con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 11.

*Resultados parámetros acústicos – Queri.*

Parámetros Queri	Calculado con:		Valor recomendado.
	<i>In situ</i>	sistema de refuerzo sonoro.	
<b>Vivacidad (RTmid)</b>	1,12	1,38	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (sala de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (sala de conferencia)
<b>Calor (BR)</b>	1,13	1,07	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)
<b>Brillo (Br)</b>	0,94	1,09	Br ≥ 0,87

### 6.2.3 Resultados de STI y STIPA

En la Tabla N° 12 Resultados STI Queri, se puede observar que tiene una calidad mucho más baja de inteligibilidad en relación con el STIPA mostrado en la Tabla N° 13, ya que el STI fue medido solamente con el Talk box, mientras que en el STIPA se consideró el sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 12.

*Resultados STI – Queri.*

Registro	STI	Laeq	CALIDAD	FILA
0	0,5	61,3	DÉBIL	1
2	0,32	59,5	POBRE	1
4	0,39	58,2	POBRE	1
6	0,39	60,5	POBRE	3
8	0,29	59,7	DEFICIENTE	3
10	0,27	59	DEFICIENTE	3
12	0,63	58,4	BUENA	5
14	0,37	56,9	POBRE	5
16	0,3	58,8	DEFICIENTE	5
18	0,73	74,7	BUENA	7
20	0,65	73,6	BUENA	7
22	0,33	58,1	POBRE	7
24	0,23	57,5	DEFICIENTE	9
26	0,31	57,1	POBRE	9
28	0,58	57,1	DÉBIL	9

Tabla 13.

*Resultados STIPA – Queri.*

Registro	STIPA	Laeq	CALIDAD	FILA
1	0,62	73,4	BUENA	1
3	0,73	74,5	BUENA	1
5	0,83	80,3	EXCELENTE	1
7	0,69	74,2	BUENA	3
9	0,73	75,1	BUENA	3
11	0,8	76,2	EXCELENTE	3
13	0,68	73,9	BUENA	5
15	0,7	74,8	BUENA	5
17	0,73	74,7	BUENA	5
19	0,36	56,7	POBRE	7
21	0,68	74,4	BUENA	7
23	0,63	74,3	BUENA	7
25	0,63	73	BUENA	9
27	0,64	72,2	BUENA	9
29	0,57	72,5	DÉBIL	9

#### **6.2.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el software E.A.S.E.**

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de las simulaciones en el software de predicción acústica E.A.S.E. del Auditorio de la Sede Queri de la UDLA.

##### **6.2.4.1 Modelado en el software E.A.S.E.**

En la Figura 32 se procedió a simular en software E.A.S.E, utilizando las mismas dimensiones del plano de construcción del auditorio Queri, procurando incluir materiales semejantes a los ya emplazados.

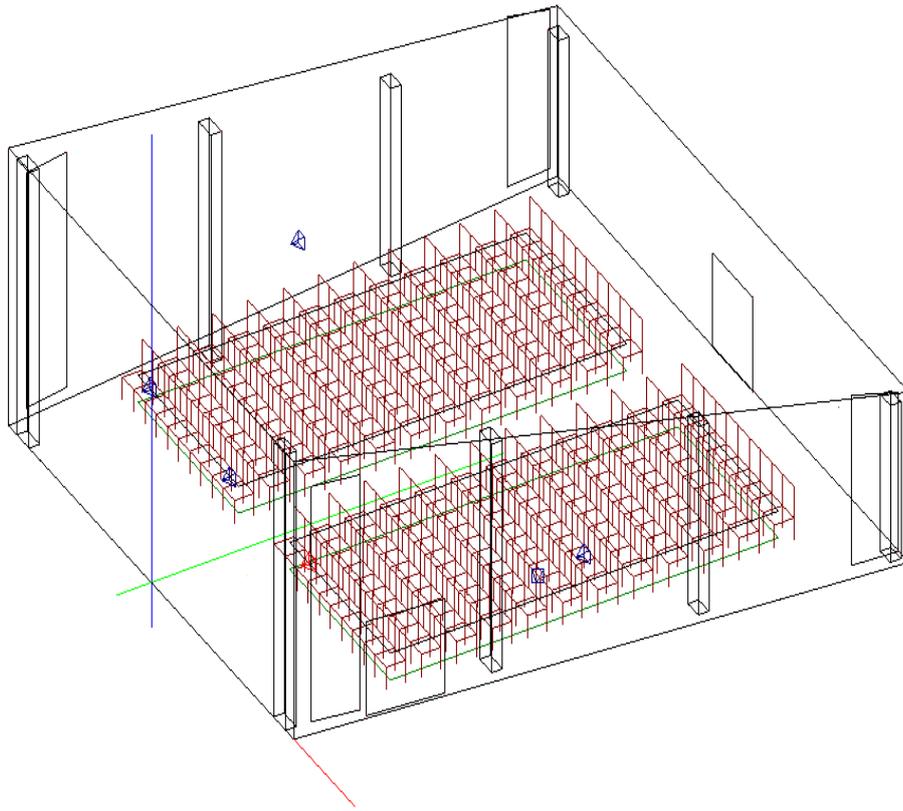


Figura 33. Simulación con el software E.A.S.E. – Queri

#### 6.2.4.2 Parámetros acústicos, C80, C50, RTmid, BR y Br. Obtenidos de las simulaciones E.A.S.E. utilizando la fuente omnidireccional.

En la tabla. 14 se detalla los valores de T20 obtenidos en las mediciones *in situ*, en la Figura. 33 se presenta una comparación entre los valores obtenidos frecuentemente de T20, C50 y C80, con el software E.A.S.E.

Tabla 14.

*Resultados de parámetros acústicos con el software E.A.S.E. – Queri.*

Simulación EASE Queri.							
Con fuente omnidireccional.					Con sistema de P.A.		
Frec.	Hz	T60 E.A.S.E	C50	C80	T60 E.A.S.E	C50	C80
100	Hz	1,38	1,78	3,78	1,38	-1,68	1,02
125	Hz	1,38	1,78	3,78	1,38	-1,65	1,05
160	Hz	1,55	1,27	3,13	1,55	-2,26	0,34
200	Hz	1,76	0,70	2,43	1,76	-2,92	-0,40
250	Hz	2,05	-0,02	1,59	2,05	-3,70	-1,27
315	Hz	2,69	-1,37	0,08	2,69	-5,09	-2,78
400	Hz	3,95	-3,26	-1,97	3,95	-6,98	-4,78
500	Hz	7,36	-6,21	-5,07	7,36	-9,91	-7,81
630	Hz	8,55	-7,35	-6,19	8,55	-10,75	-8,67
800	Hz	11,04	-8,65	-7,45	11,04	-11,76	-9,69
1000	Hz	14,53	-10,19	-8,95	14,53	-13,02	-10,96
1250	Hz	12,94	-9,41	-8,22	12,94	-12,58	-10,48
1600	Hz	11,41	-8,64	-7,48	11,41	-12,12	-9,97
2000	Hz	9,93	-7,86	-6,71	9,93	-11,60	-9,41
2500	Hz	8,88	-7,09	-5,97	8,88	-11,13	-8,91
3150	Hz	7,6	-6,16	-5,07	7,6	-10,47	-8,22
4000	Hz	6,18	-5,03	-3,93	6,18	-9,58	-7,28
5000	Hz	4,77	-4,57	-3,26	4,77	-8,40	-6,05
<b>Promedio</b>		6,55	-7,49	-6,91	6,55	-11,20	-9,39

### 6.2.4.3 STI simulado en el software EASE.

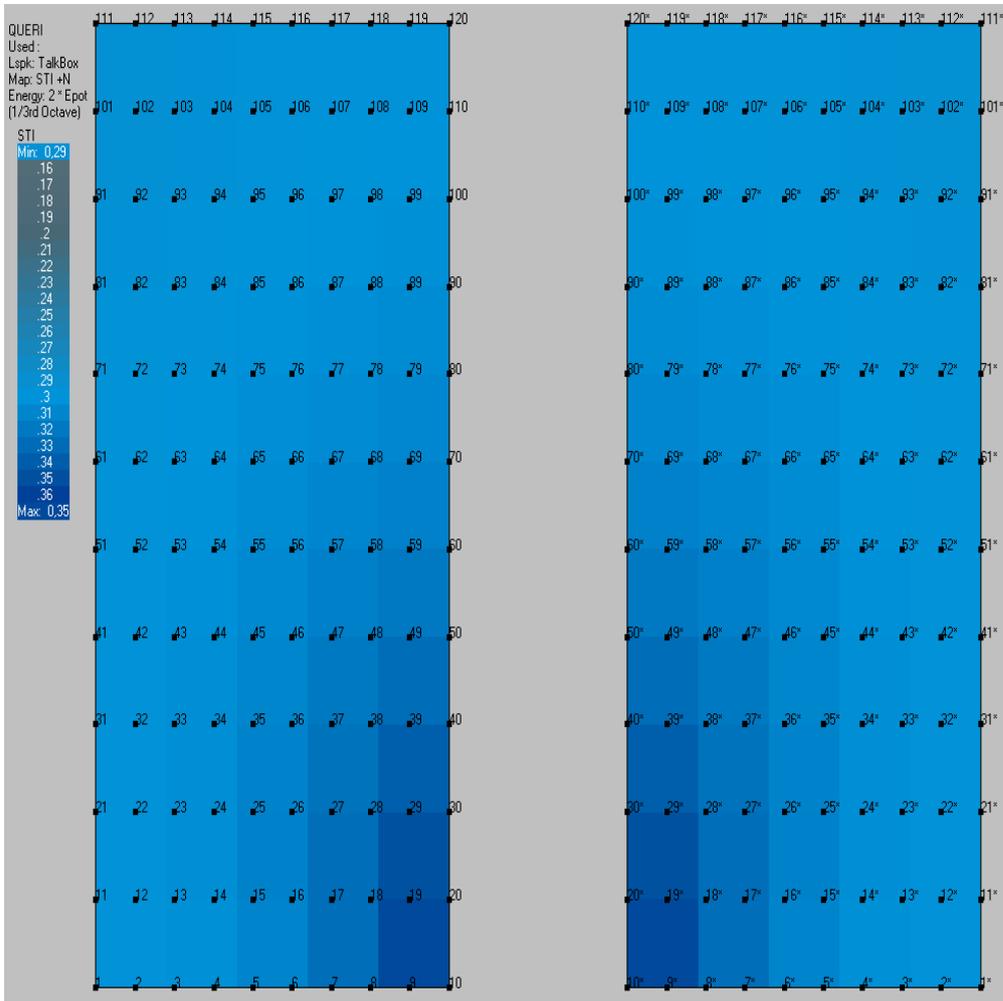


Figura 34. Simulación STI – Queri.

### 6.2.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.

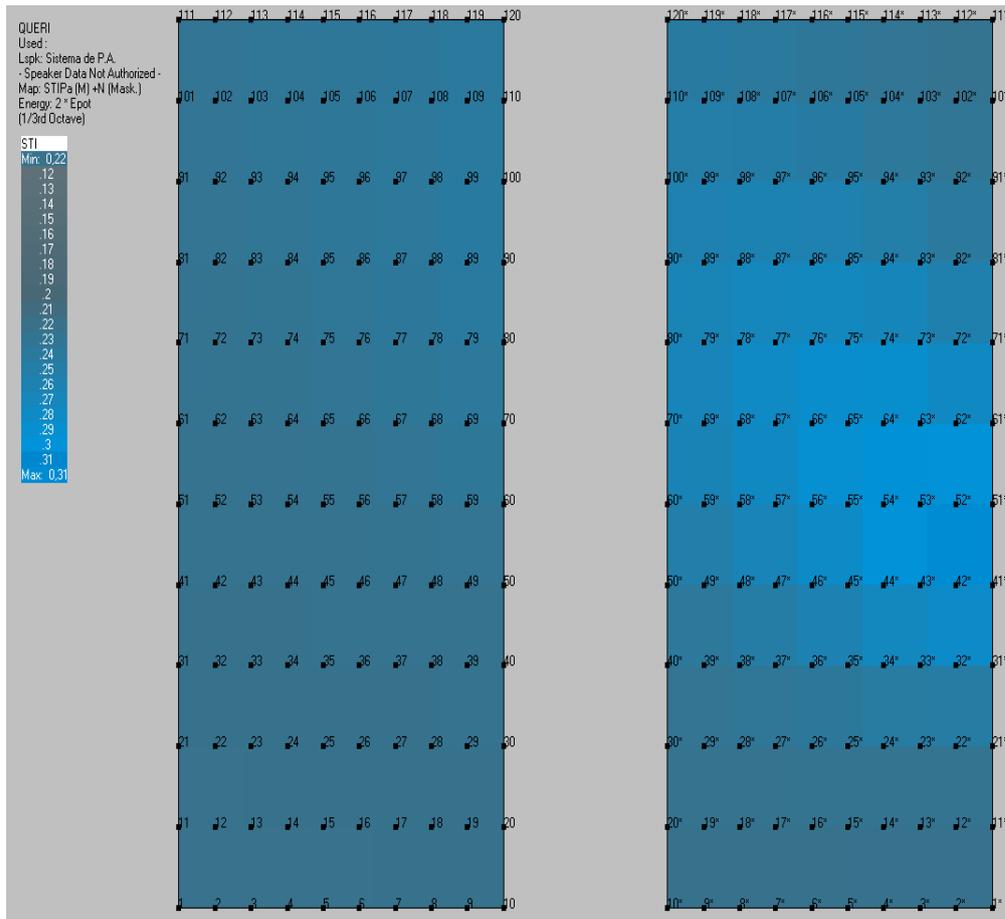


Figura 35. Simulación con el software E.A.S.E. STIPA- Queri.

## 6.3 Resultados obtenidos del auditorio de la sede UDLA Park.

### 6.3.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio.

Plano de planta del Auditorio de la UDLA Park; plano de planta de forma rectangular con piso a desnivel constituido por escalones, el auditorio UDLA Park posee una variación de altura en relación con la audiencia, desde el escenario posee una altura de 4,78m, y en la última fila de audiencia posee una altura de 2,51m, la diferencia de altura de audiencia beneficia de tal manera que permite a la audiencia tener una recepción directa del sonido. En la Figura 35. Se puede identificar el plano en planta del auditorio de la sede UDLA Park; y en la Figura 36. Imagen del auditorio.

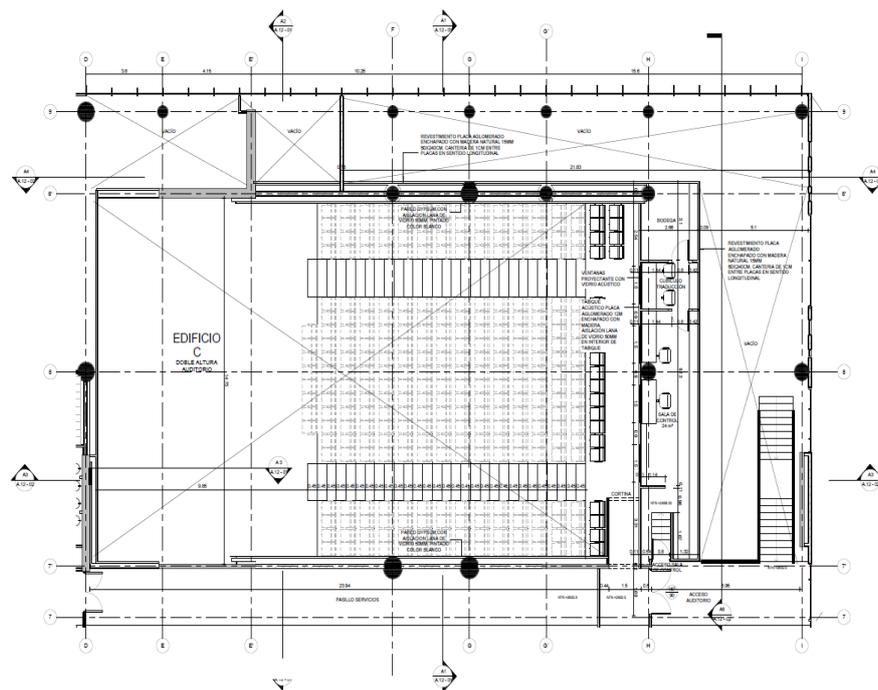


Figura 36. Forma en planta auditorio UDLA Park.



Figura 37. Auditorio UDLA Park.

### 6.3.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.

Tabla 15.

*Dimensiones auditorio UDLA Park.*

Auditorio UDLA Park.		
Volumen m <sup>3</sup>	Superficie m <sup>2</sup>	Número de sillas
1850,73	1703,17	324

### 6.3.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

Resultados obtenidos a partir de mediciones *in situ* del auditorio de la sede UDLA Park de la UDLA, utilizando la fuente omnidireccional con el objeto de excitar acústicamente a la sala.

#### 6.3.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones *in situ*.

En la Tabla N.º 16 y en la Figura N.º 37, se presentan los resultados obtenidos y evaluación del ruido de fondo del auditorio de acuerdo a los índices de valoración de ruido representado gráficamente para determinar si el ruido de fondo de la sala es el adecuado con relación al uso de la misma.

Tabla 16.

*Curvas NC - ruido de fondo - UDLA Park.*

Ruido de fondo UDLA Park y curvas NC.													
	NC-15	NC-20	NC-25	NC-30	NC-35	NC-40	NC-45	NC-50	NC-55	NC-60	NC-65	NC-70	RF
<b>63HZ</b>	47	51	54	57	60	64	67	71	74	77	80	84	27,2
<b>125 HZ</b>	36	40	44	48	52	56	60	64	67	71	75	79	27,0
<b>250 HZ</b>	29	33	37	41	45	50	54	58	62	67	71	75	21,7
<b>500 HZ</b>	22	26	31	35	40	45	49	54	58	63	68	72	16,7
<b>1 KHZ</b>	17	22	27	31	36	41	46	51	56	61	66	71	11,7
<b>2 KHZ</b>	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	10,1
<b>4 KHZ</b>	12	17	22	28	33	38	43	48	53	58	63	68	10,1
<b>8 KHZ</b>	11	16	21	27	32	37	42	47	52	57	62	68	10,6

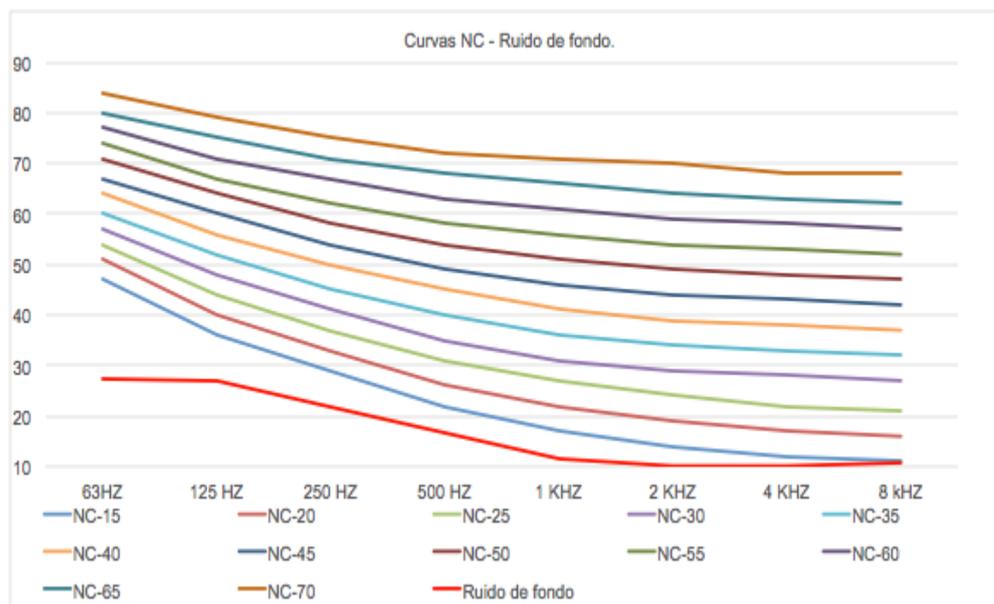


Figura 38. Curvas NC - ruido de fondo - UDLA Park.

### 6.3.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones *in situ* utilizando la fuente omnidireccional.

En la Tabla. N.º 17 se detalla los valores de T20, C50 y C80, obtenidos en las mediciones *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

En la Figura N.º 38 y la Figura N.º 39, se presenta una comparación entre los valores obtenidos frecuencialmente de T20, C50 y C80, *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 17.

Valores T20, C50, C80, medición in-situ - UDLA Park.

		Medición in-situ UDLA Park					
		con fuente omnidireccional.			con sistema de refuerzo sonoro.		
Frec.	Hz	T20 PROM	C50	C80	T20 PROM	C50	C80
100	Hz	0,82	1,32	2,84	0,82	1,32	2,84
125	Hz	0,89	1,17	2,47	0,89	1,17	2,47
160	Hz	0,88	1,19	2,51	0,88	1,19	2,51
200	Hz	0,75	1,52	3,38	0,75	1,52	3,38
250	Hz	0,77	1,45	3,21	0,77	1,45	3,21
315	Hz	0,59	2,25	5,60	0,59	2,25	5,60
400	Hz	0,59	2,25	5,58	0,59	2,25	5,58
500	Hz	0,59	2,25	5,60	0,59	2,25	5,60
630	Hz	0,75	1,50	3,34	0,75	1,50	3,34
800	Hz	0,76	1,47	3,25	0,76	1,47	3,25
1000	Hz	0,96	1,06	2,18	0,96	1,06	2,18
1250	Hz	1,17	0,81	1,58	1,17	0,81	1,58
1600	Hz	1,57	0,55	1,02	1,57	0,55	1,02
2000	Hz	1,46	0,60	1,13	1,46	0,60	1,13
2500	Hz	1,13	0,84	1,65	1,13	0,84	1,65
3150	Hz	1,15	0,82	1,61	1,15	0,82	1,61
4000	Hz	1,02	0,96	1,94	1,02	0,96	1,94
5000	Hz	0,82	1,33	2,86	0,82	1,33	2,86
Promedio		0,92	1,05	2,97	1,59	1,05	2,97

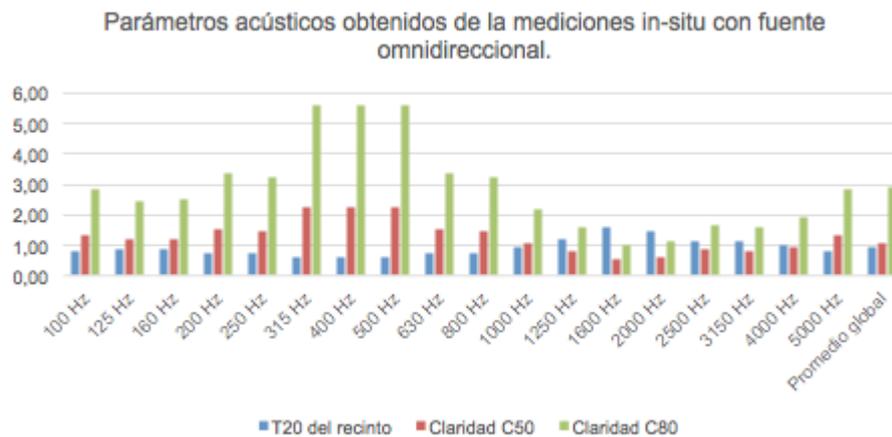


Figura 39. Parámetros acústicos de medición *in situ* con fuente omnidireccional

- UDLA Park.

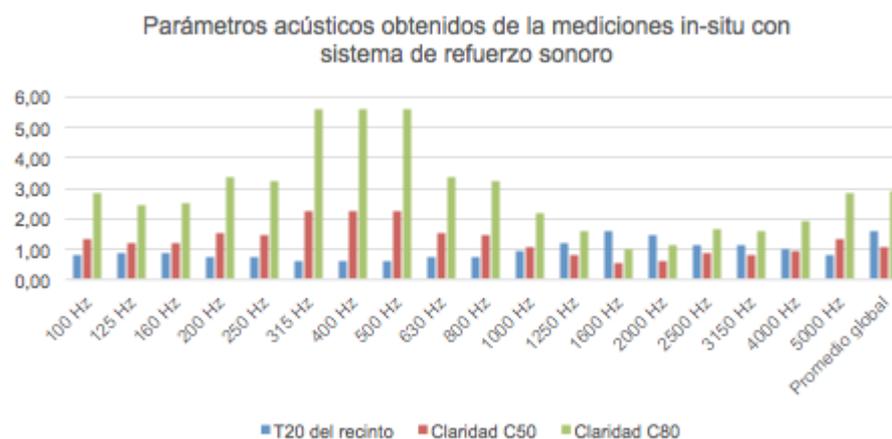


Figura 40. Parámetros acústicos de medición *in situ* con sistema de refuerzo sonoro UDLA Park.

En la Tabla N.º 18 se muestran los valores obtenidos de vivacidad (RTmid), calor (BR), brillo (Br), valores calculados a partir de los valores medios de T20 presentados con anterioridad. Según se puede observar, los valores obtenidos de vivacidad (RTmid) cumplen con los valores recomendados en la medición *in*

*situ* y con sistema de refuerzo sonoro para una sala de conferencias. La calidez acústica (BR) no cumple con los valores recomendados en la medición *in situ* ni con refuerzo sonoro, y el brillo (Br) se encuentra dentro de los valores recomendados, tanto para la medición *in situ* como con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 18.

*Resultados parámetros acústicos - UdlA Park.*

Parámetros UDLA Park	Calculado con:		Valor recomendado.
	<i>in situ</i>	sistema de refuerzo sonoro.	
Vivacidad (RTmid)	0,77	0,77	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (sala de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (sala de conferencia)
Calor (BR)	1,08	1,08	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)
Brillo (Br)	1,61	1,61	Br ≥ 0,87

### 6.3.3 Resultados de STI y STIPA.

En la Tabla N.º 19 Resultados STI UDLA Park, se puede observar que tiene una mejor calidad de inteligibilidad en el STIPA en relación con el STI, mostrado en la Tabla N.º 20, ya que el STI fue medido solamente con el Talk box, mientras que en el STIPA se consideró el sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 19.

*Resultados STI - UDLA Park.*

Registro	STI	Laeq	CALIDAD	FILA
0	0,45	57,7	DÉBIL	1
4	0,56	54,4	DÉBIL	3
8	0,39	54	POBRE	5
12	0,37	56	POBRE	7
16	0,34	54,6	POBRE	9
20	0,39	49,9	POBRE	11
24	0,29	48,6	DEFICIENTE	13
28	0,28	49,8	DEFICIENTE	15

Tabla 20.

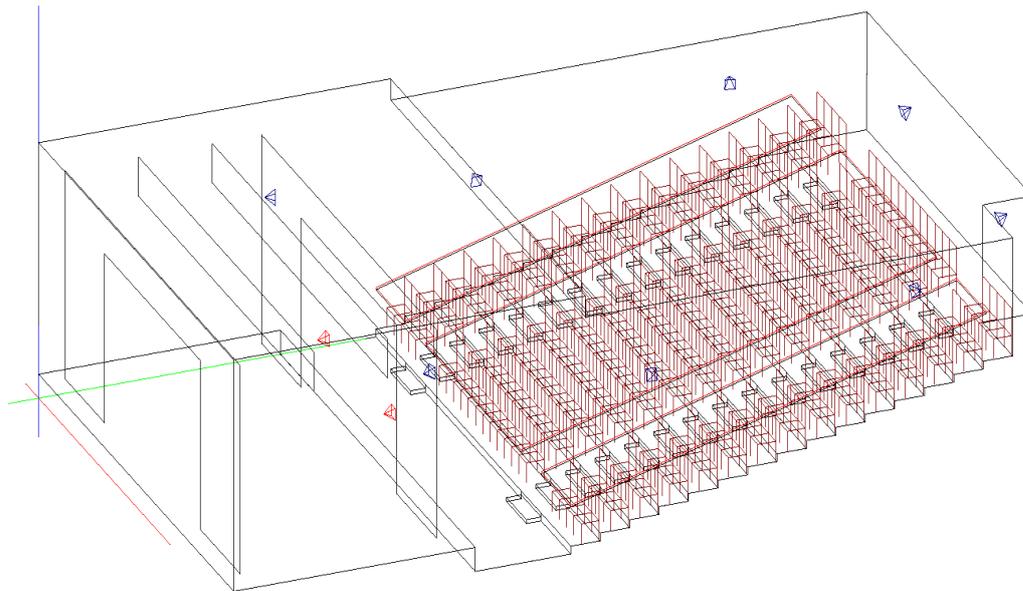
*Resultados STIPA - UDLA Park.*

Registro	STIPA	Laeq	CALIDAD	FILA
2	0,66	73,3	BUENA	1
6	0,68	71,3	BUENA	3
10	0,68	73,5	BUENA	5
14	0,73	72,4	BUENA	7
18	0,67	71,9	BUENA	9
22	0,67	72,9	BUENA	11
26	0,74	74,6	BUENA	13
30	0,65	72,3	BUENA	15

### 6.3.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el software EASE.

#### 6.3.4.1 Modelado en el software E.A.S.E.

En la Figura 40. Se puede observar la simulación del auditorio UDLA Park con el software E.A.S.E.



*Figura 41.* Simulación con el software E.A.S.E. - UDLA Park.

**6.3.4.2 Parámetros acústicos obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional.**

Tabla 21.

*Resultados de parámetros acústicos con el software E.A.S.E. - UDLA Park.*

<b>Simulación EASE UDLA Park.</b>							
		<b>Con fuente omnidireccional.</b>			<b>Con sistema de P.A.</b>		
<b>Frec.</b>	<b>Hz</b>	<b>T60 E.A.S.E</b>	<b>C50</b>	<b>C80</b>	<b>T60 E.A.S.E</b>	<b>C50</b>	<b>C80</b>
100	Hz	2,21	-5,21	-2,45	2,21	-5,39	-2,56
125	Hz	2,11	-4,98	-2,19	2,11	-5,16	-2,31
160	Hz	2,14	-5,05	-2,27	2,14	-5,04	-2,26
200	Hz	2,07	-4,88	-2,09	2,07	-4,69	-1,96
250	Hz	1,88	-4,40	-1,56	1,88	-4,02	-1,31
315	Hz	1,84	-4,29	-1,44	1,84	-3,63	-0,99
400	Hz	1,7	-3,89	-0,99	1,7	-2,95	-0,35
500	Hz	1,47	-3,13	-0,13	1,47	-1,92	0,70
630	Hz	1,38	-2,79	0,25	1,38	-1,28	1,32
800	Hz	1,23	-2,17	0,97	1,23	-0,38	2,26
1000	Hz	1,04	-1,23	2,07	1,04	0,78	3,56
1250	Hz	1,01	-1,07	2,27	1,01	0,82	3,67
1600	Hz	0,94	-0,65	2,77	0,94	1,10	4,07
2000	Hz	0,82	0,16	3,76	0,82	1,75	4,97
2500	Hz	0,84	0,01	3,58	0,84	1,58	4,76
3150	Hz	0,81	0,23	3,85	0,81	1,73	4,98
4000	Hz	0,74	0,78	4,54	0,74	2,19	5,62
5000	Hz	0,73	0,86	4,64	0,73	2,52	5,92
<b>Promedio</b>		1,39	-0,53	1,90	1,39	1,07	3,08

### 6.3.4.3 STI simulado en el software EASE.

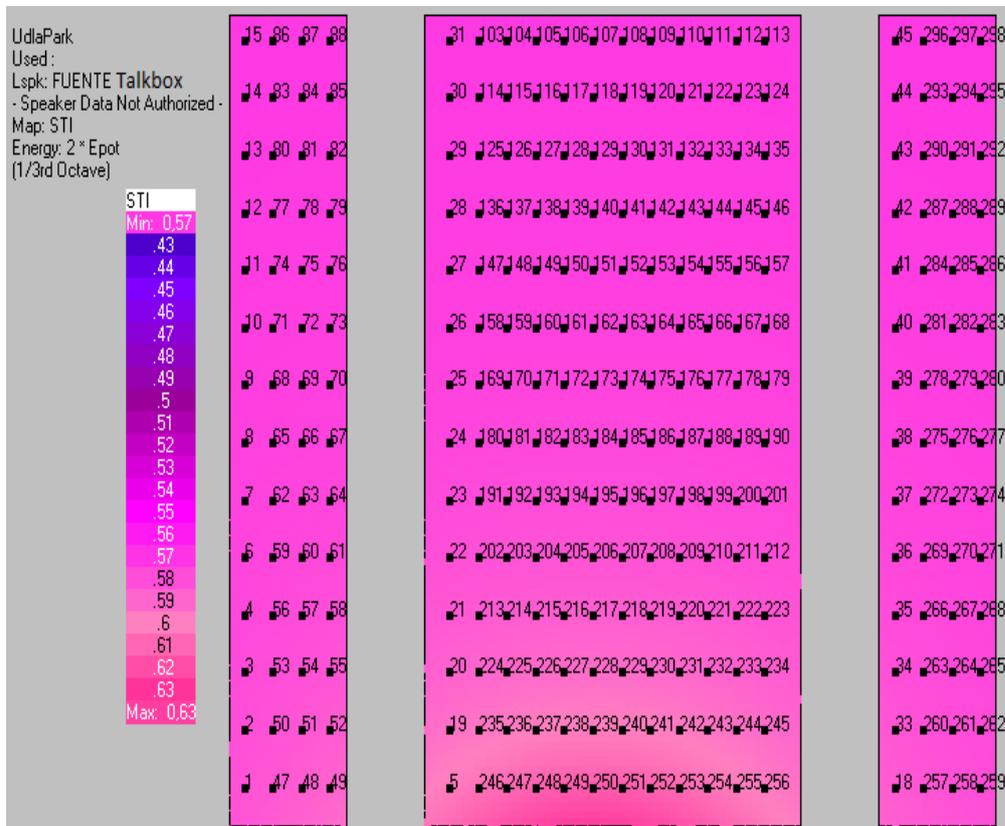


Figura 42. Simulación con el software E.A.S.E. del STI

### 6.3.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.

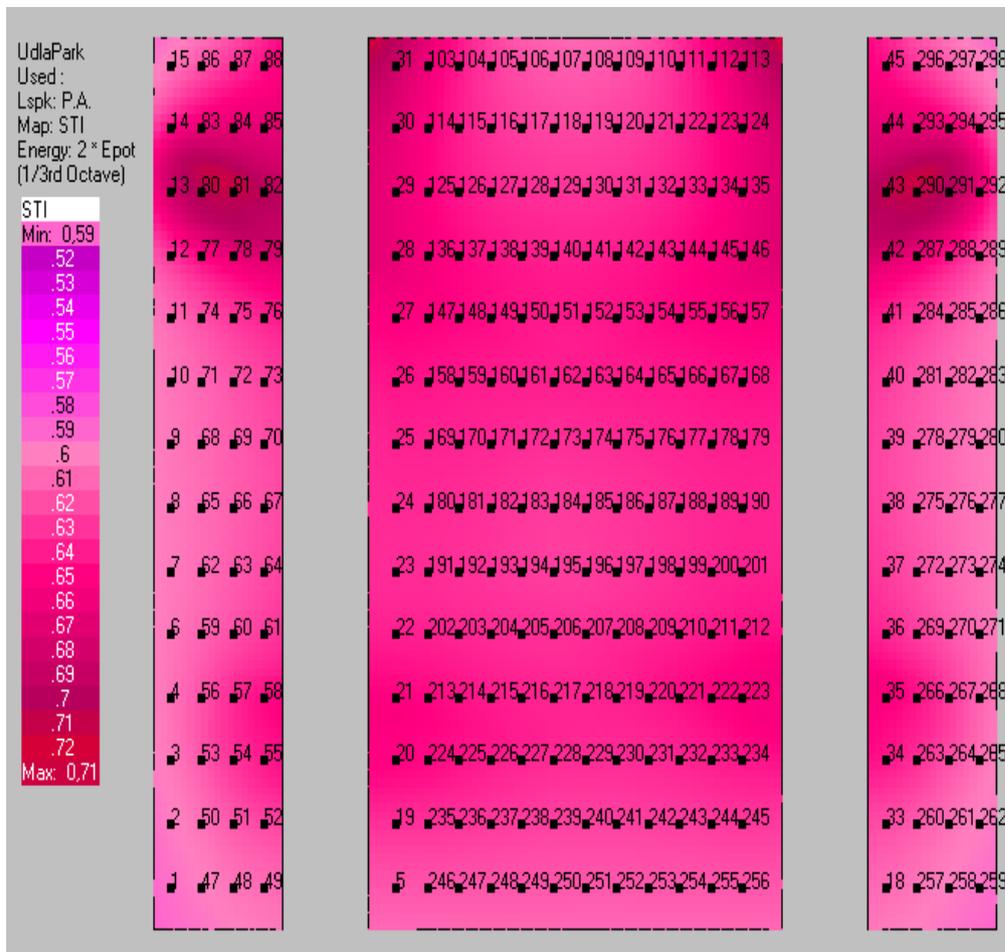


Figura 43. Simulación con el software E.A.S.E. STIPA - UDLA Park.

## 6.4 Resultados obtenidos del auditorio de la sede Granados 1.

### 6.4.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio.

A continuación, en la Figura 43. Se puede apreciar la forma en planta del auditorio Granados 1, donde se puede apreciar que su forma es casi un cuadrado, dando como desventaja la existencia de modos propios.

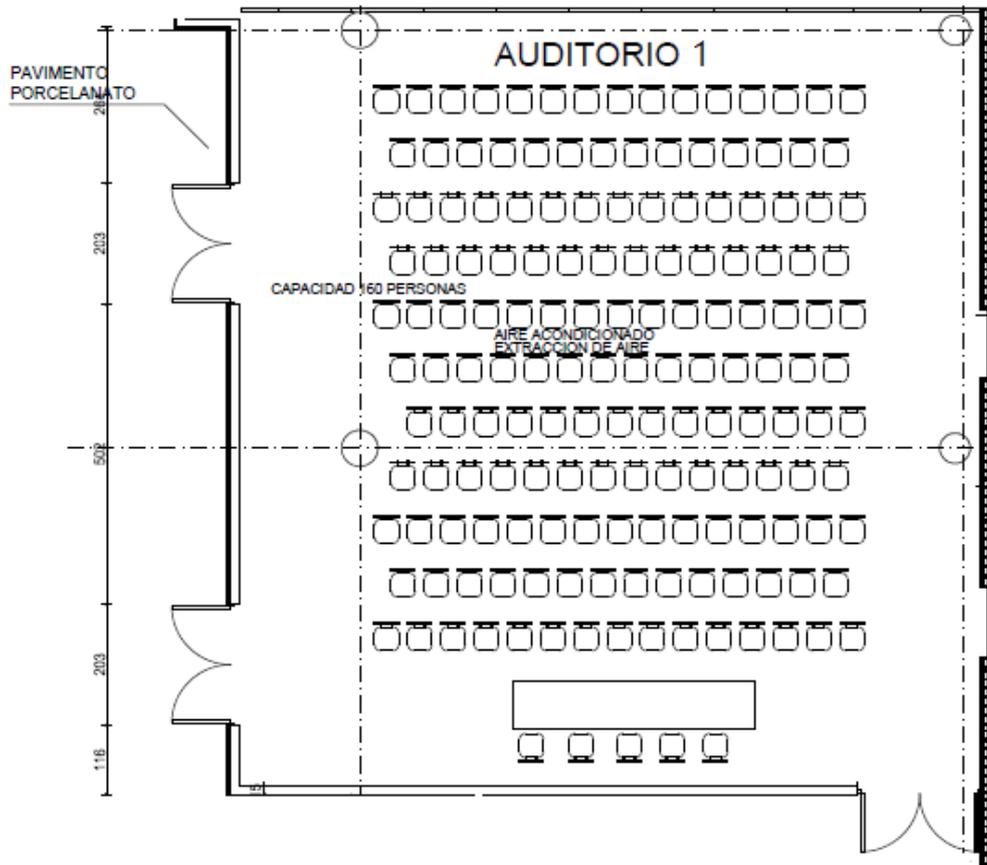


Figura 44. Forma en planta auditorio Granados 1.



Figura 45. Auditorio Granados 1.

#### 6.4.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.

En relación con el número de sillas de la sala, la cifra que se da no es exacta ya que puede ir variando en función al tipo de evento a realizarse en el recinto, el mismo que puede o no hacerse uso de las sillas, y su número varía con relación al aforo. Para el caso analizado. La medición *in situ* se realizó con las sillas colocadas.

Tabla 22.

*Dimensiones del auditorio - Granados 1.*

Auditorio Granados 1.		
Volumen m <sup>3</sup>	Superficie m <sup>2</sup>	Número de sillas
669,26	530,88	135

#### 6.4.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición *in situ*.

Resultados obtenidos a partir de mediciones *in situ* del auditorio de la sede Granados 1 de la UDLA, utilizando la fuente omnidireccional con el objeto de excitar acústicamente a la sala.

### 6.4.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones *in situ*.

En la Tabla N.º 23 y en la Figura N.º 45, se presentan los resultados obtenidos y evaluación del ruido de fondo del auditorio de acuerdo con los índices de valoración de ruido representado gráficamente para determinar si el ruido de fondo de la sala es el adecuado con relación al uso de la misma.

Tabla 23.

Curvas NC - ruido de fondo - Granados 1.

Ruido de fondo Granados 1 y Curvas NC.													
	NC-15	NC-20	NC-25	NC-30	NC-35	NC-40	NC-45	NC-50	NC-55	NC-60	NC-65	NC-70	RF
63HZ	47	51	54	57	60	64	67	71	74	77	80	84	38,2
125 HZ	36	40	44	48	52	56	60	64	67	71	75	79	39,5
250 HZ	29	33	37	41	45	50	54	58	62	67	71	75	34,9
500 HZ	22	26	31	35	40	45	49	54	58	63	68	72	31,3
1 KHZ	17	22	27	31	36	41	46	51	56	61	66	71	23,0
2 KHZ	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	21,7
4 KHZ	12	17	22	28	33	38	43	48	53	58	63	68	15,7
8 KHZ	11	16	21	27	32	37	42	47	52	57	62	68	13,6

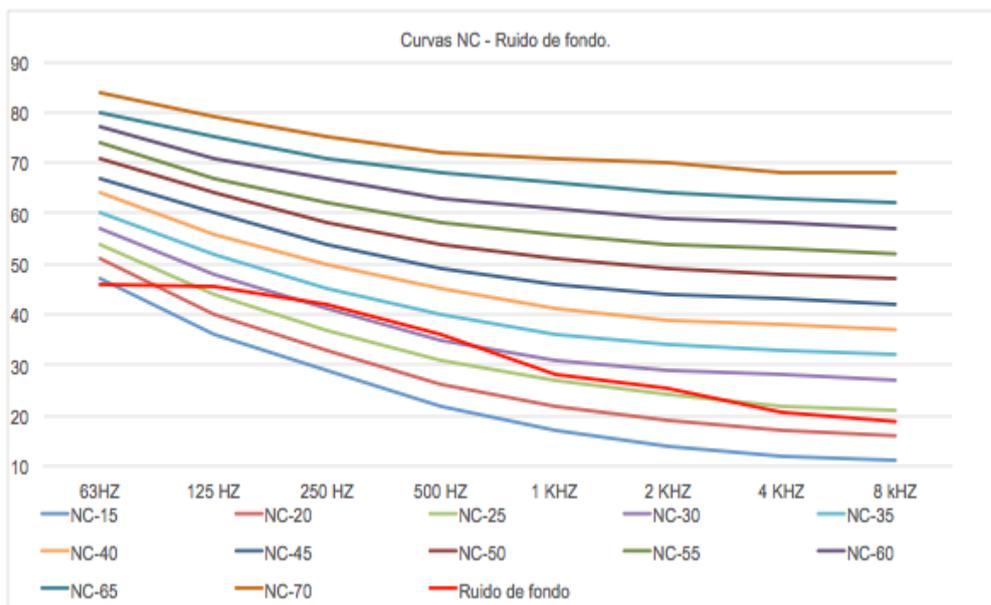


Figura 46. Curvas NC - ruido de fondo - Granados 1.

#### 6.4.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones *in situ* utilizando la fuente omnidireccional.

En la Tabla N.º 24 se detalla los valores de T20, C50 y C80, obtenidos en las mediciones *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

En la Figura N.º 46 y la Figura N.º 47, se presenta una comparación entre los valores obtenidos frecuencialmente de T20, C50 y C80, *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 24.

Valores T20, C50, C80, medición *in situ* - Granados 1.

		Medición <i>in situ</i> Granados 1.					
		con fuente omnidireccional.			con sistema de refuerzo sonoro.		
Frec.	Hz	T20 PROM	C50	C80	T20 PROM	C50	C80
100	Hz	1,43	0,62	1,16	1,31	0,70	1,33
125	Hz	1,75	0,48	0,88	1,35	0,67	1,27
160	Hz	1,75	0,48	0,88	1,72	0,49	0,90
200	Hz	1,55	0,56	1,04	1,42	0,63	1,18
250	Hz	1,28	0,71	1,36	1,31	0,69	1,32
315	Hz	1,69	0,51	0,93	1,40	0,64	1,20
400	Hz	1,46	0,61	1,13	1,24	0,75	1,44
500	Hz	1,48	0,59	1,11	1,56	0,55	1,03
630	Hz	1,64	0,52	0,96	1,71	0,50	0,91
800	Hz	1,60	0,54	0,99	1,73	0,49	0,89
1000	Hz	1,68	0,51	0,93	1,68	0,51	0,93
1250	Hz	1,73	0,49	0,89	1,74	0,49	0,89
1600	Hz	1,74	0,49	0,88	1,91	0,44	0,78
2000	Hz	1,69	0,51	0,92	1,94	0,43	0,77
2500	Hz	1,60	0,54	1,00	1,95	0,42	0,76
3150	Hz	1,48	0,59	1,11	1,83	0,46	0,83
4000	Hz	1,45	0,61	1,14	1,76	0,48	0,87
5000	Hz	1,30	0,70	1,35	1,54	0,56	1,04
<b>Promedio</b>		1,57	0,55	0,99	1,62	0,55	0,91

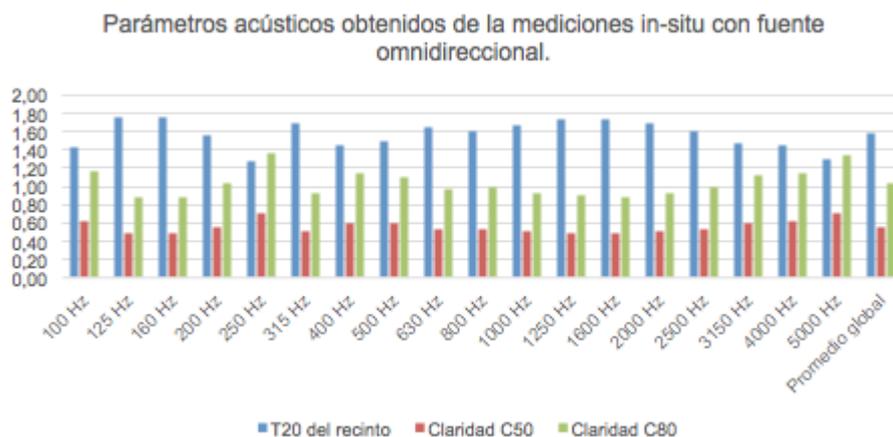


Figura 47. Parámetros acústicos de medición *in situ* con fuente omnidireccional - Granados 1.

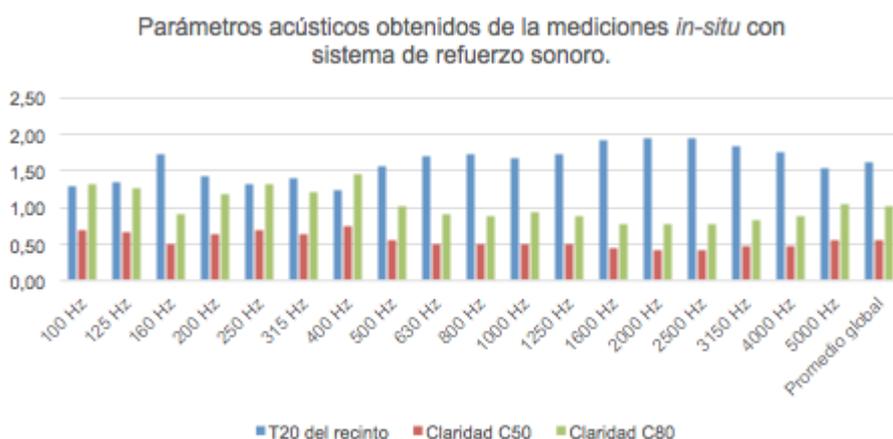


Figura 48. Parámetros acústicos de medición *in situ* con sistema de refuerzo sonoro - Granados 1

En la Tabla N.º 25 se muestra los valores obtenidos de vivacidad (RTmid), calor (BR), brillo (Br), valores calculados a partir de los valores medios de T20 presentados con anterioridad. Según se puede observar los valores obtenidos de vivacidad (RTmid) no cumple con los valores recomendados en la medición *in situ* ni con sistema de refuerzo sonoro. La calidez acústica (BR) tampoco cumple con los valores recomendados y el brillo (Br) se encuentra dentro de los

valores recomendados, tanto para la medición *in situ* como con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 25.

*Resultados parámetros acústicos - Granados 1.*

Parámetros Granados 1	Calculado con:		Valor recomendado
	<i>In situ</i>	sistema de refuerzo sonoro	
<b>Vivacidad (RTmid)</b>	1,58	1,62	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)
<b>Calor (BR)</b>	0,96	0,82	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)
<b>Brillo (Br)</b>	0,99	1,14	Br ≥ 0,87

### 6.2.3 Resultados de STI y STIPA.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de STI y STIPA obtenidos del Auditorio Granados 1.

Tabla 26.

*Resultados STI Granados 1.*

Registro	STI	Laeq	CALIDAD	FILA
2	0,26	62,9	DEFICIENTE	1
5	0,31	63,4	POBRE	1
8	0,31	67,6	POBRE	1
11	0,25	63,1	DEFICIENTE	3
14	0,28	63,5	DEFICIENTE	3
17	0,23	64	DEFICIENTE	3
20	0,28	62,8	DEFICIENTE	5
23	0,24	62,7	DEFICIENTE	5
26	0,25	63,4	DEFICIENTE	5
29	0,25	63,2	DEFICIENTE	7
32	0,26	64,1	DEFICIENTE	7
35	0,25	61,9	DEFICIENTE	7
38	0,23	62,8	DEFICIENTE	9
41	0,25	64,3	DEFICIENTE	9

Tabla 27.

*Resultados STIPA Granados 1.*

Registro	STI	Laeq	PROMEDIO	CALIDAD	FILA
0	0,62	78,1	0,63	BUENA	1
1	0,64	78,4			1
3	0,64	79,4	0,65	BUENA	1
4	0,66	79,3			1
6	0,6	78,4	0,59	DÉBIL	1
7	0,58	77,8			1
9	0,54	76,3	0,53	DÉBIL	3
10	0,52	76,3			3
12	0,55	77,2	0,55	DÉBIL	3
13	0,54	76,7			3
15	0,55	76,8	0,55	DÉBIL	3
16	0,54	76,3			3
18	0,47	76,7	0,48	DÉBIL	5
19	0,49	76,5			5
21	0,51	76,8	0,52	DÉBIL	5
22	0,52	76,2			5
24	0,52	77,1	0,53	DÉBIL	5
25	0,53	77,2			5
27	0,48	75,8	0,49	DÉBIL	7
28	0,49	75,8			7
30	0,48	75,1	0,49	DÉBIL	7
31	0,5	75			7
33	0,53	76,8	0,52	DÉBIL	7
34	0,51	76,8			7
36	0,47	76,2	0,49	DÉBIL	9
37	0,5	75,8			9
39	0,49	75,7	0,51	DÉBIL	9
40	0,52	75,1			9
42	0,51	75,7	0,53	DÉBIL	9
43	0,54	75,7			9

#### 6.4.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el software EASE.

##### 6.4.4.1 Modelado en el software E.A.S.E.

En la figura 48. Se puede observar la simulación del auditorio Granados 1 con el software E.A.S.E.

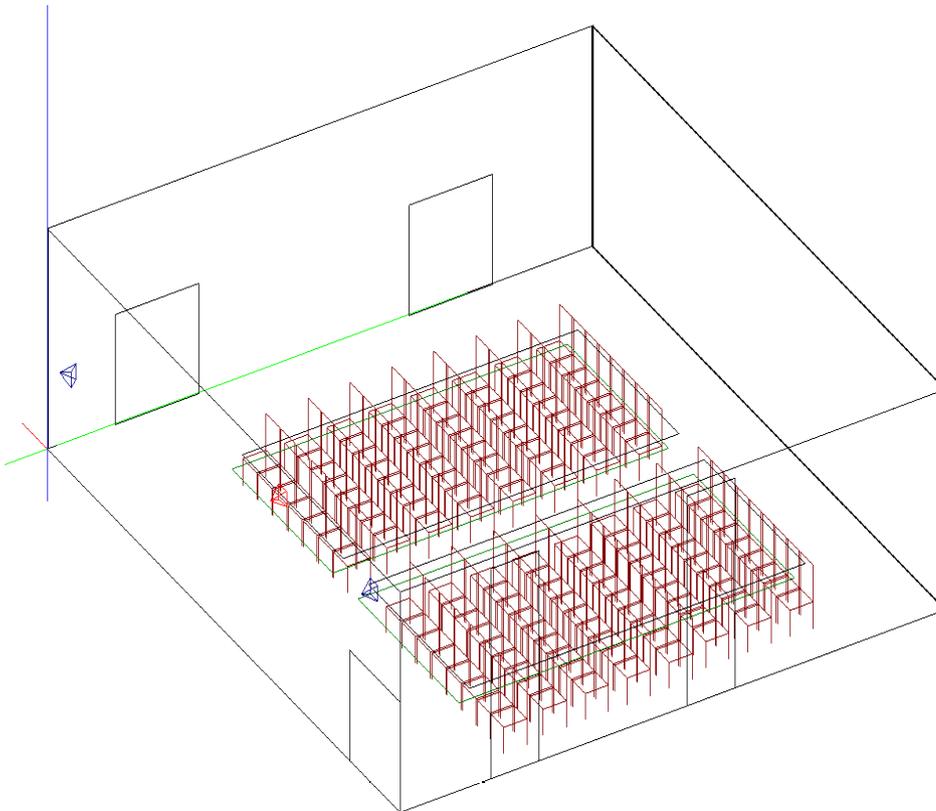


Figura 49. Simulación con el software E.A.S.E. - Granados 1.

##### 6.4.4.2 Parámetros acústicos, C80, C50, RTmid, BR y Br. Obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional.

Tabla 28.

*Resultados de parámetros acústicos con el software E.A.S.E. – Granados 1.*

Simulación EASE Granados 1							
		Con fuente omnidireccional			Con sistema de P.A.		
Frec.	Hz	T60 E.A.S.E	C50	C80	T60 E.A.S.E	C50	C80
100	Hz	0,39	6,53	11,78	0,39	6,58	11,82
125	Hz	0,39	6,58	11,82	0,39	6,58	11,82
160	Hz	0,4	6,36	11,48	0,4	6,29	11,41
200	Hz	0,41	6,15	11,13	0,41	6,00	11,00
250	Hz	0,43	5,94	10,80	0,43	5,70	10,59
315	Hz	0,43	5,98	10,83	0,43	5,69	10,58
400	Hz	0,43	6,03	10,87	0,43	5,69	10,57
500	Hz	0,43	6,08	10,90	0,43	5,68	10,56
630	Hz	0,41	6,52	11,45	0,41	5,98	10,98
800	Hz	0,4	6,99	12,03	0,4	6,29	11,41
1000	Hz	0,39	7,51	12,65	0,39	6,59	11,84
1250	Hz	0,38	7,57	12,79	0,38	6,73	12,04
1600	Hz	0,37	7,59	12,88	0,37	6,87	12,24
2000	Hz	0,37	7,57	12,95	0,37	7,03	12,46
2500	Hz	0,37	7,58	12,89	0,37	6,90	12,28
3150	Hz	0,38	7,66	12,91	0,38	6,80	12,15
4000	Hz	0,38	7,83	13,04	0,38	6,76	12,09
5000	Hz	0,37	7,95	13,27	0,37	6,96	12,39
<b>Promedio</b>		0,40	7,40	12,17	0,40	6,65	11,62

### 6.4.4.3 STI simulado en el software EASE.

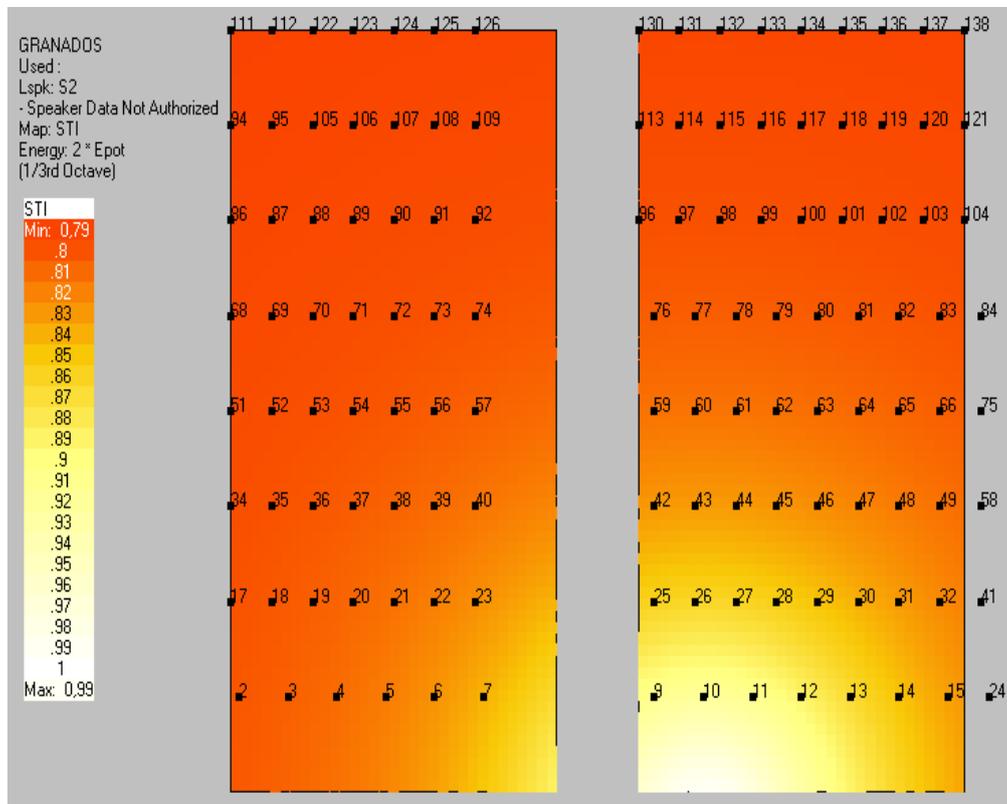


Figura 50. Simulación con el software E.A.S.E. STI- Granados 1.

### 6.4.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.

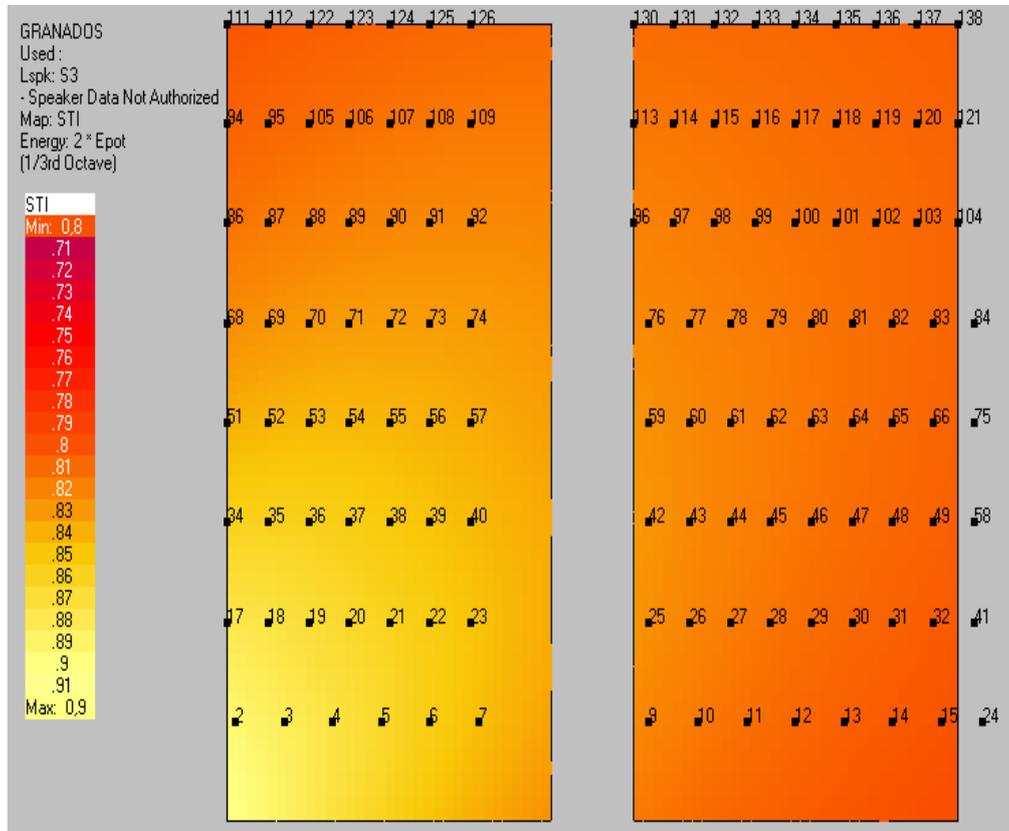


Figura 51. Simulación con el software E.A.S.E. STIPA - Granados 1.

## 6.5 Resultados obtenidos del auditorio de la Granados 2.

### 6.5.1 Descripción del espacio, forma en planta del Auditorio.

En la figura 51. Se puede identificar la forma en planta del Auditorio Granados 2, de la misma manera que el auditorio Granados 1 su superficie es muy similar a la de un cuadrado, promoviendo la existencia de modos propios afectando a la acústica del lugar.

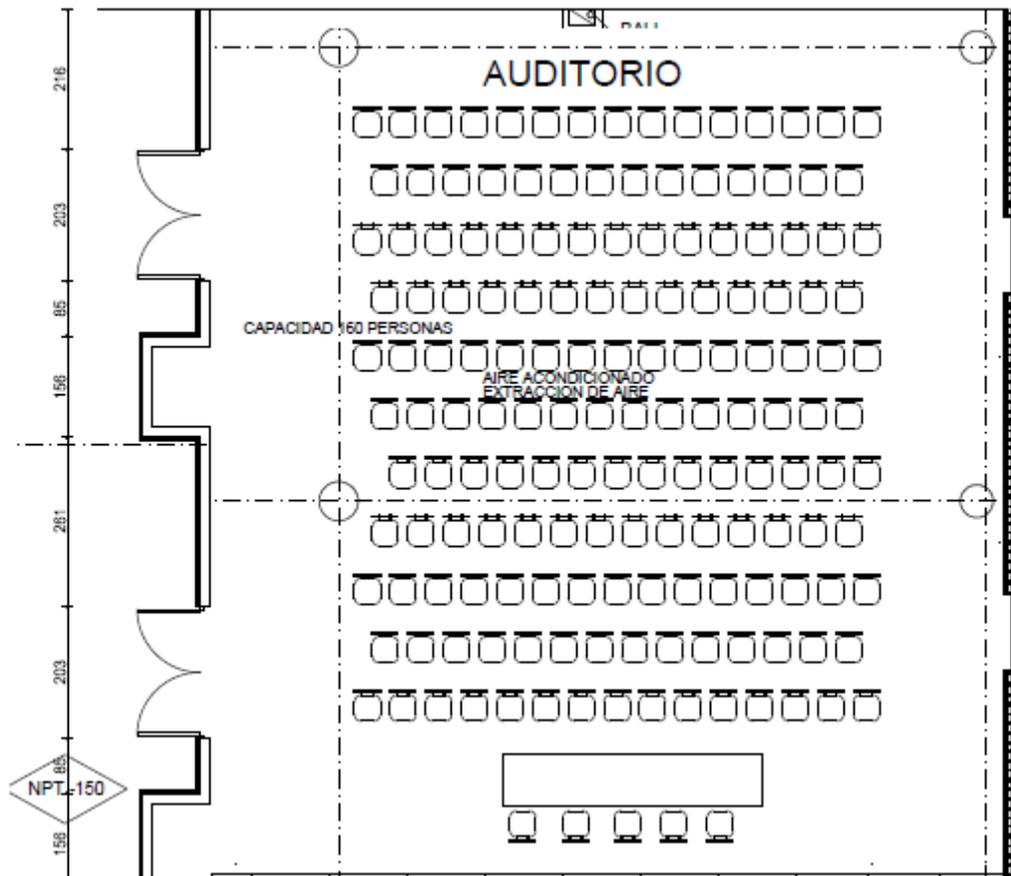


Figura 52. Forma en planta auditorio Granados 2.



Figura 53. Auditorio Granados 2.

### 6.5.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.

Con relación al número de sillas de la sala, la cifra que se da no es exacta ya que puede ir variando en función al tipo de evento a realizarse en el recinto, el mismo que puede o no hacerse uso de las sillas, y su número varía con relación al aforo. Para el caso analizado. La medición *in situ* se realizó con las sillas colocadas.

Tabla 29.

*Dimensiones del auditorio - Granados 2.*

Auditorio Granados 2		
Volumen m <sup>3</sup>	Superficie m <sup>2</sup>	Número de sillas
676,36	530,71	135

### 6.5.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición *in situ*.

Resultados obtenidos a partir de mediciones *in situ* del auditorio de la sede Granados 2 de la UDLA, utilizando la fuente omnidireccional con el objeto de excitar acústicamente a la sala.

#### 6.5.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones *in situ*.

En la Tabla N.º 30 y en la Figura N.º 53, se presentan los resultado obtenidos y evaluación del ruido de fondo del auditorio de acuerdo con los índices de valoración de ruido representado gráficamente para determinar si el ruido de fondo de la sala es el adecuado con relación al uso de la misma.

Tabla 30.

Curva NC - ruido de fondo - Granados 2.

Ruido de fondo Granados 2 y Curvas NC.													
	NC-15	NC-20	NC-25	NC-30	NC-35	NC-40	NC-45	NC-50	NC-55	NC-60	NC-65	NC-70	RF
<b>63HZ</b>	47	51	54	57	60	64	67	71	74	77	80	84	41,2
<b>125 HZ</b>	36	40	44	48	52	56	60	64	67	71	75	79	40,6
<b>250 HZ</b>	29	33	37	41	45	50	54	58	62	67	71	75	34,2
<b>500 HZ</b>	22	26	31	35	40	45	49	54	58	63	68	72	33,3
<b>1 KHZ</b>	17	22	27	31	36	41	46	51	56	61	66	71	25,3
<b>2 KHZ</b>	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	21,3
<b>4 KHZ</b>	12	17	22	28	33	38	43	48	53	58	63	68	16,6
<b>8 KHZ</b>	11	16	21	27	32	37	42	47	52	57	62	68	14,2

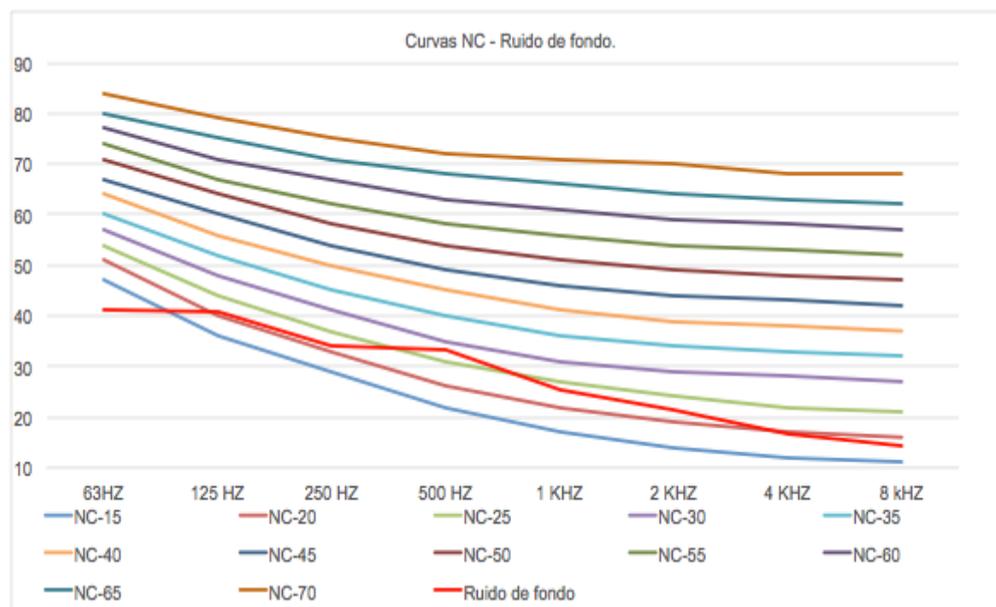


Figura 54. Curvas NC - Ruido de fondo - Granados 2.

### 6.5.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones in situ utilizando la fuente omnidireccional.

En la Tabla N.º 31 se detalla los valores de T20, C50 y C80, obtenidos en las mediciones *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro. En la Figura N.º 54 y la Figura N.º 55, se presenta una comparación entre los valores obtenidos frecuentemente de T20, C50 y C80, *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 31.

Valores T20, C50, C80, medición in situ - Granados 2.

		<b>Medición in situ Granados 2</b>					
		<b>con fuente omnidireccional</b>			<b>con sistema de refuerzo sonoro</b>		
<b>Frec.</b>	<b>Hz</b>	<b>T20 PROM</b>	<b>C50</b>	<b>C80</b>	<b>T20 PROM</b>	<b>C50</b>	<b>C80</b>
<b>100</b>	<b>Hz</b>	1,44	0,62	1,16	1,60	0,54	0,99
<b>125</b>	<b>Hz</b>	1,89	0,44	0,79	1,55	0,56	1,04
<b>160</b>	<b>Hz</b>	2,12	0,38	0,68	2,03	0,41	0,72
<b>200</b>	<b>Hz</b>	2,00	0,41	0,74	2,30	0,35	0,62
<b>250</b>	<b>Hz</b>	1,27	0,73	1,39	2,04	0,40	0,72
<b>315</b>	<b>Hz</b>	1,68	0,51	0,93	1,10	0,87	1,72
<b>400</b>	<b>Hz</b>	1,49	0,59	1,10	1,51	0,58	1,07
<b>500</b>	<b>Hz</b>	1,57	0,55	1,02	1,40	0,64	1,21
<b>630</b>	<b>Hz</b>	1,58	0,55	1,01	1,88	0,44	0,80
<b>800</b>	<b>Hz</b>	1,69	0,50	0,92	1,89	0,44	0,79
<b>1000</b>	<b>Hz</b>	1,80	0,47	0,85	1,86	0,45	0,81
<b>1250</b>	<b>Hz</b>	1,72	0,49	0,90	1,96	0,42	0,76
<b>1600</b>	<b>Hz</b>	1,74	0,49	0,89	2,06	0,40	0,71
<b>2000</b>	<b>Hz</b>	1,63	0,53	0,97	2,06	0,40	0,71
<b>2500</b>	<b>Hz</b>	1,60	0,54	0,99	1,97	0,42	0,75
<b>3150</b>	<b>Hz</b>	2,60	0,30	0,53	1,83	0,46	0,83
<b>4000</b>	<b>Hz</b>	1,44	0,62	1,16	1,56	0,56	1,03
<b>5000</b>	<b>Hz</b>	1,30	0,70	1,34	1,38	0,65	1,22
<b>Promedio</b>		1,64	0,54	0,94	1,78	0,49	0,91

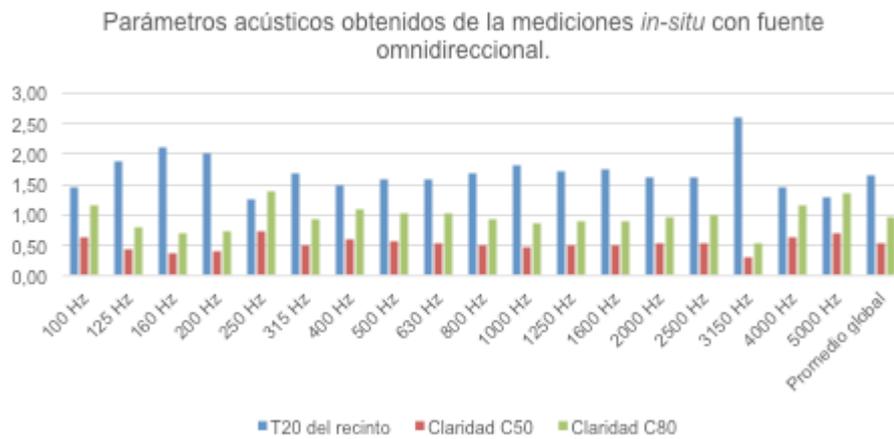


Figura 55. Parámetros acústicos de medición *in situ* con fuente omnidireccional - Granados 2.

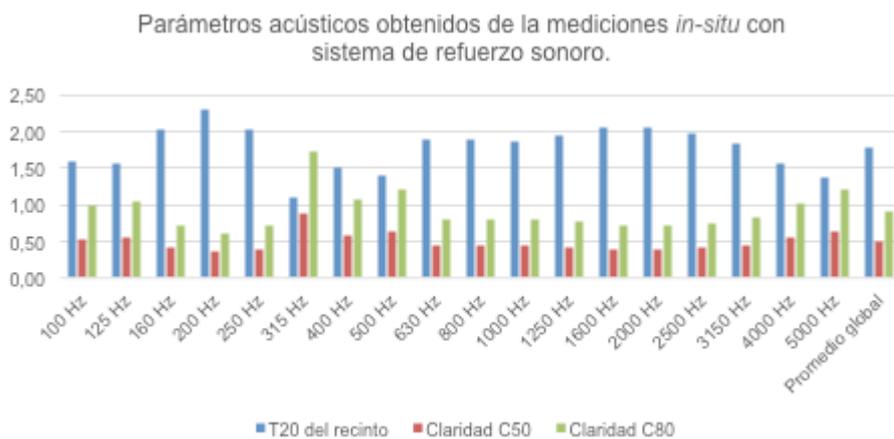


Figura 56. Parámetros acústicos de medición *in situ* con sistema de refuerzo sonoro - Granados 2.

En la Tabla N.º 32 se muestra los valores obtenidos de vivacidad (RTmid), calor (BR), brillo (Br), valores calculados a partir de los valores medios de T20 presentados con anterioridad. Según se puede observar los valores obtenidos de vivacidad (RTmid) no cumple con los valores recomendados. La calidez acústica (BR) no cumple con los valores recomendados y el brillo (Br) se encuentra dentro de los valores recomendados, tanto para la medición *in situ* como con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 32.

*Resultados parámetros acústicos - Granados 2.*

Parámetros Granados 2	Calculado con:		Valor recomendado
	<i>In situ</i>	sistema de refuerzo sonoro	
<b>Vivacidad (RTmid)</b>	1,69	1,63	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (sala de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (sala de conferencia)
<b>Calor (BR)</b>	0,93	0,97	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)
<b>Brillo (Br)</b>	0,91	1,11	Br ≥ 0,87

### 6.5.3 Resultados de STI y STIPA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la medición de STI y STIPA del Auditorio Granados 2. Evidenciando que existe mejor calidad de inteligibilidad en la medición con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 33.

*Resultados STI - Granados 2.*

Registro	STI	Laeq	CALIDAD	FILA
2	0,33	68,4	POBRE	1
5	0,26	63,5	DEFICIENTE	1
8	0,28	64,7	DEFICIENTE	1
11	0,25	65,2	DEFICIENTE	3
14	0,26	64,6	DEFICIENTE	3
17	0,25	64,1	DEFICIENTE	3
20	0,33	64,3	POBRE	5
23	0,27	64,2	POBRE	5
26	0,49	64,7	DÉBIL	5
29	0,26	64,3	DEFICIENTE	7
32	0,47	63,4	DÉBIL	7
35	0,27	63	DEFICIENTE	7
38	0,26	63,5	DEFICIENTE	9
41	0,34	62,9	POBRE	9
44	0,38	62,9	POBRE	9

Tabla 34.

## Resultados STIPA - Granados 2.

Registro	STIPA	Laeq	PROMEDIO	CALIDAD	FILA
0	0,44	71,6	0,43	DEFICIENTE	1
1	0,41	69			1
3	0,49	77,4	0,49	DÉBIL	1
4	0,48	77,6			1
6	0,5	78,5	0,50	DÉBIL	1
7	0,5	78,4			1
9	0,57	77,9	0,56	DÉBIL	3
10	0,54	77,9			3
12	0,63	79,3	0,64	BUENA	3
13	0,64	78,9			3
15	0,77	82,9	0,78	EXCELENTE	3
16	0,79	82,9			3
18	0,61	77	0,60	BUENA	5
19	0,59	76,6			5
21	0,62	77,2	0,63	BUENA	5
22	0,63	76,8			5
24	0,6	78,9	0,61	BUENA	5
25	0,61	78,8			5
27	0,55	77,4	0,57	DÉBIL	7
28	0,59	77			7
30	0,59	77,6	0,59	DÉBIL	7
31	0,58	77,2			7
33	0,51	76,9	0,52	DÉBIL	7
34	0,52	76,3			7
36	0,57	76,7	0,57	DÉBIL	9
37	0,57	76,6			9
39	0,53	76,5	0,54	DÉBIL	9
40	0,55	76,3			9
42	0,47	75,6	0,47	DÉBIL	9
43	0,46	75,2			9

#### 6.5.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el software EASE.

##### 6.5.4.1 Modelado en el software E.A.S.E.

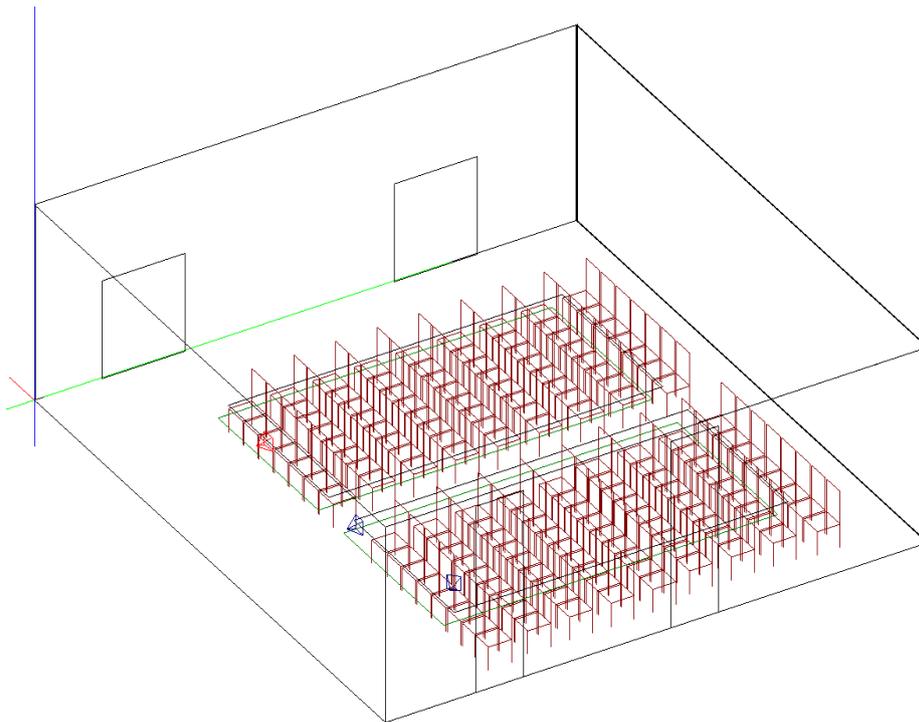


Figura 57. Simulación con el software E.A.S.E. - Granados 2.

#### 6.5.4.2 Parámetros acústicos, C80, C50, RTmid, BR y Br. Obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional.

Tabla 35.

*Resultado de parámetros acústicos con el software E.A.S.E. - Granados 2.*

Simulación EASE Granados 2							
		Con fuente omnidireccional			Con sistema de P.A		
Frec.	Hz	T60 E.A.S.E	C50	C80	T60 E.A.S.E	C50	C80
100	Hz	0,74	3,63	6,80	0,74	2,91	6,21
125	Hz	0,74	3,63	6,80	0,74	3,07	6,34
160	Hz	0,81	2,90	5,91	0,81	2,57	5,65
200	Hz	0,91	2,12	4,98	0,91	2,04	4,92
250	Hz	1,03	1,29	4,00	1,03	1,49	4,16
315	Hz	1,19	0,38	2,93	1,19	0,71	3,19
400	Hz	1,4	-0,64	1,77	1,4	-0,15	2,15
500	Hz	1,72	-1,80	0,47	1,72	-1,15	0,97
630	Hz	1,72	-1,80	0,46	1,72	-0,87	1,18
800	Hz	1,72	-1,81	0,45	1,72	-0,53	1,45
1000	Hz	1,72	-1,81	0,46	1,72	-0,15	1,76
1250	Hz	1,7	-1,75	0,52	1,7	-0,07	1,85
1600	Hz	1,68	-1,68	0,60	1,68	-0,03	1,90
2000	Hz	1,65	-1,60	0,69	1,65	-0,06	1,91
2500	Hz	1,67	-1,67	0,61	1,67	0,19	2,09
3150	Hz	1,68	-1,69	0,59	1,68	0,55	2,39
4000	Hz	1,66	-1,63	0,67	1,66	1,06	2,84
5000	Hz	1,55	-1,26	1,08	1,55	1,36	3,21
<b>Promedio</b>		1,4	-1,69	0,54	1,4	0,03	1,55

En la Figura 57, me puede observar la simulación del auditorio Granados 2 con el software E.A.S.E.

### 6.5.4.3 STI simulado en el software EASE.

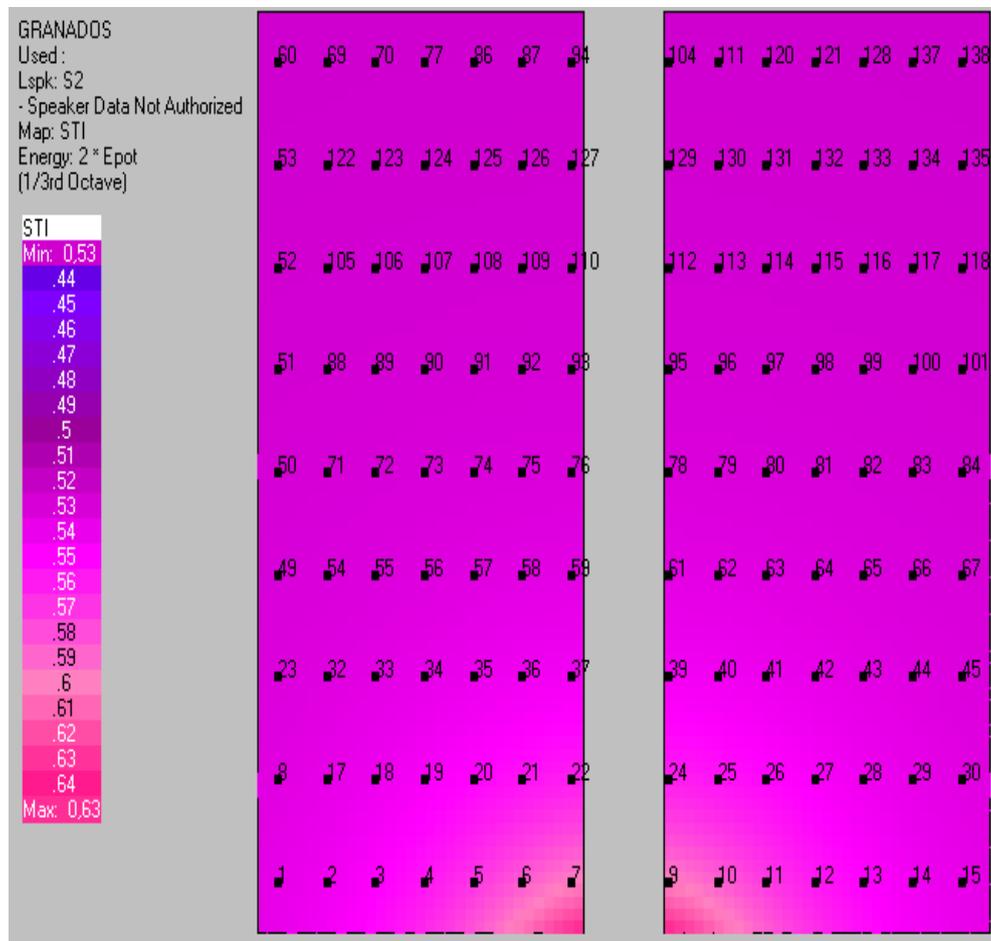


Figura 58. Simulación con el software E.A.S.E. STI - Granados 2.

### 6.5.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.

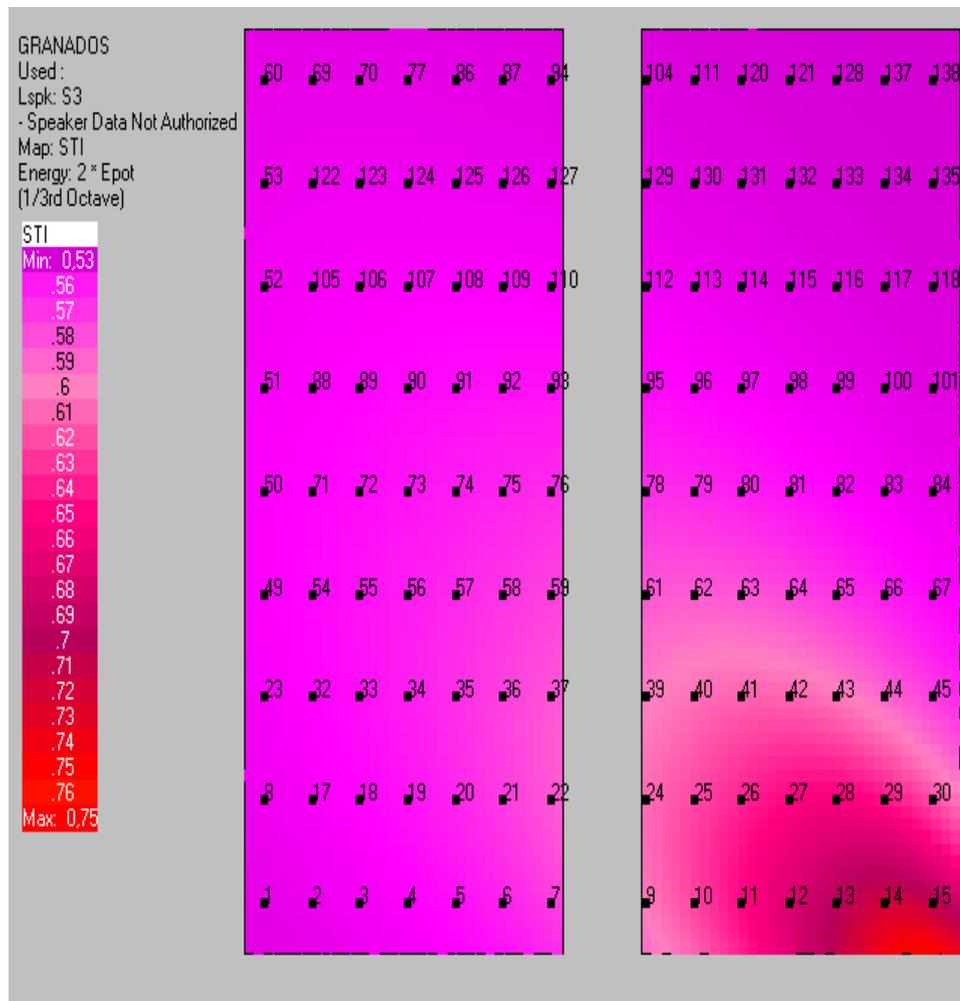


Figura 59. Simulación con el software E.A.S.E. STIPA - Granados 2.

## 6.6 Resultados obtenidos del auditorio de la Granados completo.

En la Figura 59. Se puede apreciar la forma en planta del auditorio de la sede Granados completo, donde su forma es rectangular, a su vez existe la presencia de columnas cerca de la audiencia provocando reflexión del sonido. A su vez por la longitud del auditorio existen problemas de eco.

### 6.6.1 Descripción del espacio, forma en planta del auditorio.

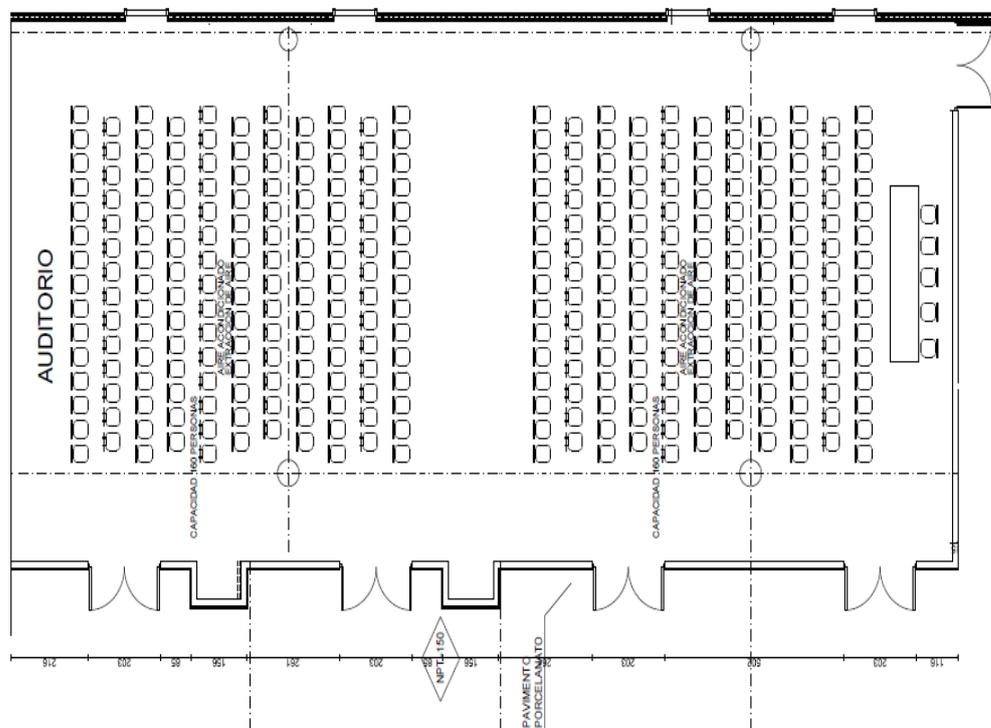


Figura 60. Forma en planta auditorio Granados completo.



Figura 61. Auditorio Granados completo.

Resultados obtenidos a partir de mediciones *in situ* del Auditorio de la Sede Granados completo de la UDLA, utilizando la fuente omnidireccional con el objeto de excitar acústicamente a la sala.

#### **6.6.1.1 Dimensiones de la sala y número de asientos.**

En relación con el número de sillas de la sala, la cifra que se da no es exacta ya que puede ir variando en función al tipo de evento a realizarse en el recinto, el mismo que puede o no hacerse uso de las sillas, y su número varía con relación al aforo. Para el caso analizado. La medición *in situ* se realizó con las sillas colocadas.

Tabla 36.

*Dimensiones del auditorio - Granados completo.*

<b>Auditorio Granados completo</b>		
<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	<b>Superficie m<sup>2</sup></b>	<b>Número de sillas</b>
1295,41	1061,06	270

#### **6.6.2 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la medición *in situ*.**

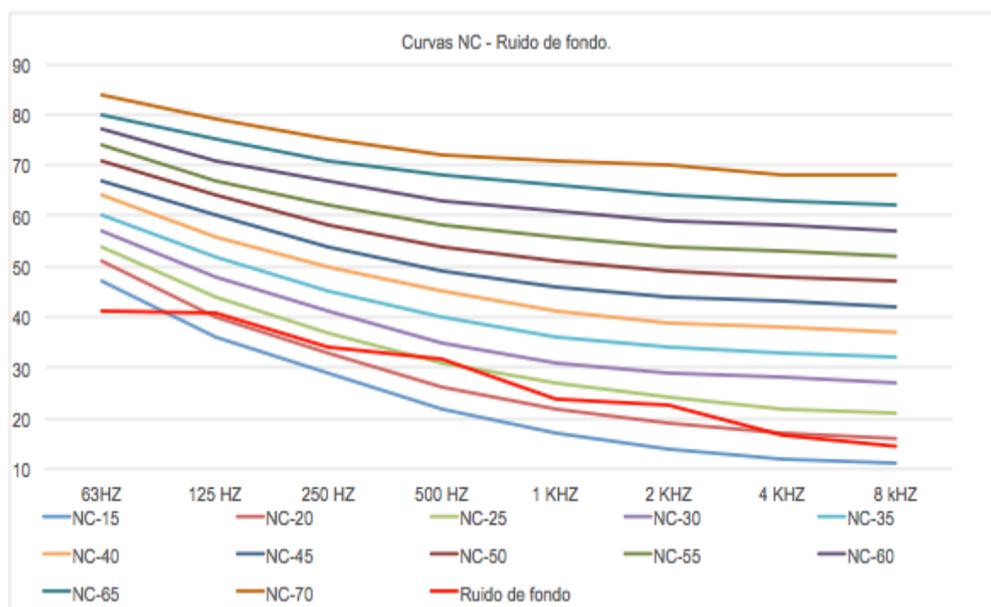
##### **6.6.2.1 Resultados del ruido de fondo obtenido de las mediciones *in situ*.**

En la Tabla N.º 37 y en la Figura N.º 61, se presentan los resultados obtenidos y evaluación del ruido de fondo del auditorio de acuerdo con los índices de valoración de ruido representado gráficamente para determinar si el ruido de fondo de la sala es el adecuado con relación al uso de la misma.

Tabla 37.

*Curvas NC - ruido de fondo - Granados completo.*

Ruido de fondo Granados Completo y Curvas NC.													
	NC-15	NC-20	NC-25	NC-30	NC-35	NC-40	NC-45	NC-50	NC-55	NC-60	NC-65	NC-70	RF
<b>63HZ</b>	47	51	54	57	60	64	67	71	74	77	80	84	41,2
<b>125 HZ</b>	36	40	44	48	52	56	60	64	67	71	75	79	40,06
<b>250 HZ</b>	29	33	37	41	45	50	54	58	62	67	71	75	34,2
<b>500 HZ</b>	22	26	31	35	40	45	49	54	58	63	68	72	33,3
<b>1 KHZ</b>	17	22	27	31	36	41	46	51	56	61	66	71	25,3
<b>2 KHZ</b>	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	21,3
<b>4 KHZ</b>	12	17	22	28	33	38	43	48	53	58	63	68	16,6
<b>8 KHZ</b>	11	16	21	27	32	37	42	47	52	57	62	68	14,2



*Figura 62. Curvas NC - Ruido de fondo - Granados completo.*

### 6.6.2.2 Parámetros acústicos obtenidos de las mediciones *in situ* utilizando la fuente omnidireccional.

En la Tabla. N.º 38 se detalla los valores de T20, C50 y C80, obtenidos en las mediciones *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

En la Figura N.º 62 y la Figura N.º 63, se presenta una comparación entre los valores obtenidos frecuentemente de T20, C50 y C80, *in situ* y con sistema de refuerzo sonoro.

Tabla 38.

Valores T20, C50, C80, mediciones *in situ* - Granados completo.

		Medición <i>in-situ</i> Granados completo					
		con fuente omnidireccional			con sistema de refuerzo sonoro		
Frec.	Hz	T20 PROM	C50	C80	T20 PROM	C50	C80
100	Hz	1,63	0,53	0,97	1,45	0,61	1,14
125	Hz	2,74	0,29	0,50	1,45	0,61	1,14
160	Hz	1,98	0,42	0,75	1,87	0,45	0,80
200	Hz	2,34	0,34	0,60	1,86	0,45	0,81
250	Hz	1,56	0,55	1,03	1,68	0,51	0,93
315	Hz	1,36	0,66	1,25	1,25	0,74	1,42
400	Hz	1,51	0,58	1,08	1,37	0,65	1,23
500	Hz	1,54	0,56	1,04	1,48	0,59	1,11
630	Hz	1,64	0,52	0,96	1,80	0,47	0,85
800	Hz	1,69	0,51	0,93	1,81	0,46	0,84
1000	Hz	1,87	0,45	0,81	1,77	0,48	0,87
1250	Hz	1,96	0,42	0,76	1,85	0,45	0,82
1600	Hz	1,93	0,43	0,77	1,98	0,42	0,75
2000	Hz	1,85	0,45	0,82	2,00	0,41	0,74
2500	Hz	1,76	0,48	0,87	1,96	0,42	0,76
3150	Hz	1,60	0,54	1,00	1,83	0,46	0,83
4000	Hz	1,54	0,57	1,05	1,66	0,52	0,94
5000	Hz	1,38	0,65	1,23	1,46	0,60	1,13
<b>Promedio</b>		1,77	0,50	0,89	1,70	0,48	0,90

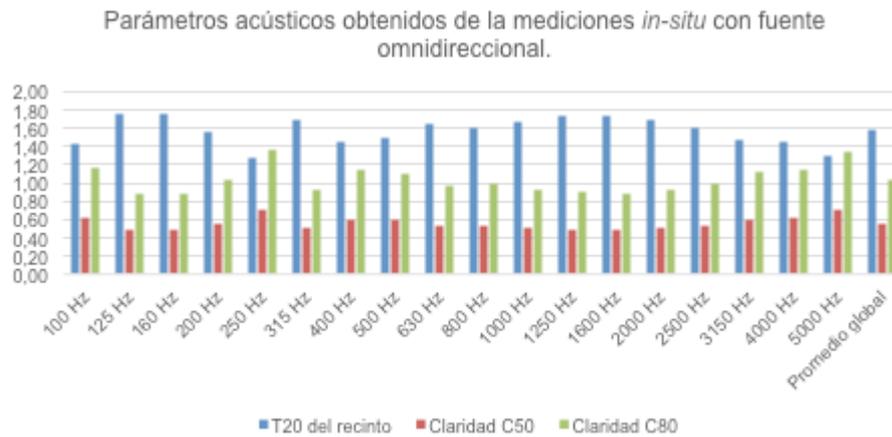


Figura 63. Parámetros acústicos de medición *in situ* con fuente omnidireccional - Granados completo.

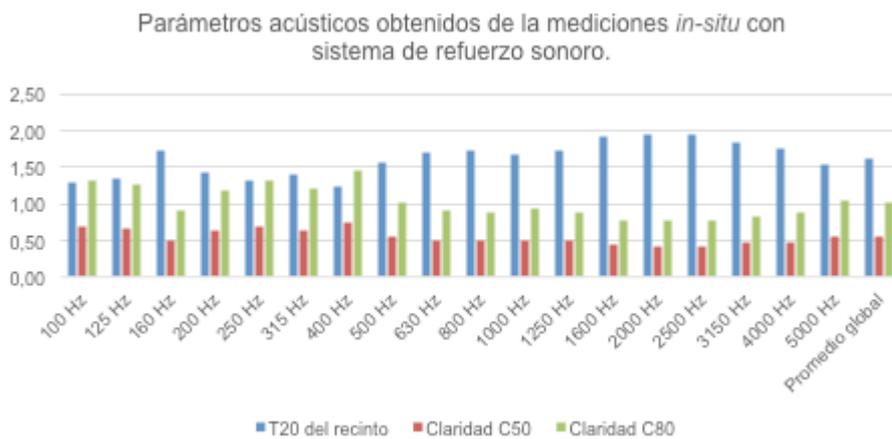


Figura 64. Parámetros acústicos de medición *in situ* con sistema de refuerzo sonoro - Granados completo.

En la Tabla N.º 39 se muestra los valores obtenidos de vivacidad (RTmid), calor (BR), brillo (Br), valores calculados a partir de los valores medios de T20 presentados con anterioridad. Según se puede observar los valores obtenidos de vivacidad (RTmid) cumple con los valores recomendados en la medición *in situ* para una sala de conferencias, pero no con sistema de refuerzo sonoro. La calidez acústica (BR) cumple con los valores recomendados solamente para la medición *in situ*, mientras que no cumple con sistema de refuerzo sonoro, y el brillo (Br) se encuentra dentro de los valores recomendados.

Tabla 39.

*Resultados parámetros acústicos - Granados completo*

Calculado con:			
Parámetros Granados completo	<i>In situ</i>	sistema de refuerzo sonoro	Valor recomendado
<b>Vivacidad (RTmid)</b>	1,71	1,63	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (sala de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (sala de conferencia)
<b>Calor (BR)</b>	1,26	0,96	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)
<b>Brillo (Br)</b>	0,99	1,13	Br ≥ 0,87

### 6.6.3 Resultados de STI y STIPA.

En la Tabla N.º 40, se muestra los resultados obtenidos de la medición de STI del auditorio Granados completo, y en la Tabla N.º 41 los datos obtenidos del STIPA.

Tabla 40.

*Resultados STI - Granados completo.*

Registro	STI	Laeq	CALIDAD	FILA
2	0,27	64,4	DEFICIENTE	1
5	0,7	64,9	BUENA	1
8	0,28	63	DEFICIENTE	3
11	0,54	62,4	DÉBIL	3
14	0,33	61,8	POBRE	6
17	0,2	59,2	DEFICIENTE	6
20	0,27	58,7	DEFICIENTE	9
23	0,29	59,2	DEFICIENTE	9
26	0,23	57,5	DEFICIENTE	12
29	0,3	58,4	DEFICIENTE	12
32	0,21	56,4	DEFICIENTE	15
35	0,24	58,2	DEFICIENTE	15
38	0,23	57,6	DEFICIENTE	18
41	0,28	58	DEFICIENTE	18

Tabla 41.

*Resultados STIPA - Granados completo.*

Registro	STIPA	Laeq	PROMEDIO	CALIDAD	FILA
0	0,62	72,2	0,61	BUENA	1
1	0,59	70,6			1
3	0,58	71,6	0,60	BUENA	1
4	0,61	71,2			1
6	0,59	70,7	0,61	BUENA	3
7	0,62	70			3
9	0,61	70	0,61	BUENA	3
10	0,61	69,2			3
12	0,56	70,4	0,57	DÉBIL	6
13	0,57	70,1			6
15	0,54	70,1	0,56	DÉBIL	6
16	0,57	69,7			6
18	0,57	70,4	0,57	DÉBIL	9
19	0,56	70,1			9
21	0,55	70,3	0,56	DÉBIL	9
22	0,56	69,6			9
24	0,49	69,8	0,47	DÉBIL	12
25	0,45	69,6			12
27	0,53	70,3	0,52	DÉBIL	12
28	0,5	70,2			12
30	0,49	70,1	0,50	DÉBIL	15
31	0,5	70,1			15
33	0,5	70,4	0,51	DÉBIL	15
34	0,52	70,3			15
36	0,5	70,1	0,51	DÉBIL	18
37	0,52	70,1			18
39	0,54	69,2	0,55	DÉBIL	18
40	0,55	69,2			18

#### 6.6.4 Resumen de los resultados obtenidos por medio de la simulación en el software EASE.

##### 6.6.4.1 Modelado en el software E.A.S.E.

En la Figura 64, me puede observar la simulación del auditorio Granados completo con el software E.A.S.E.

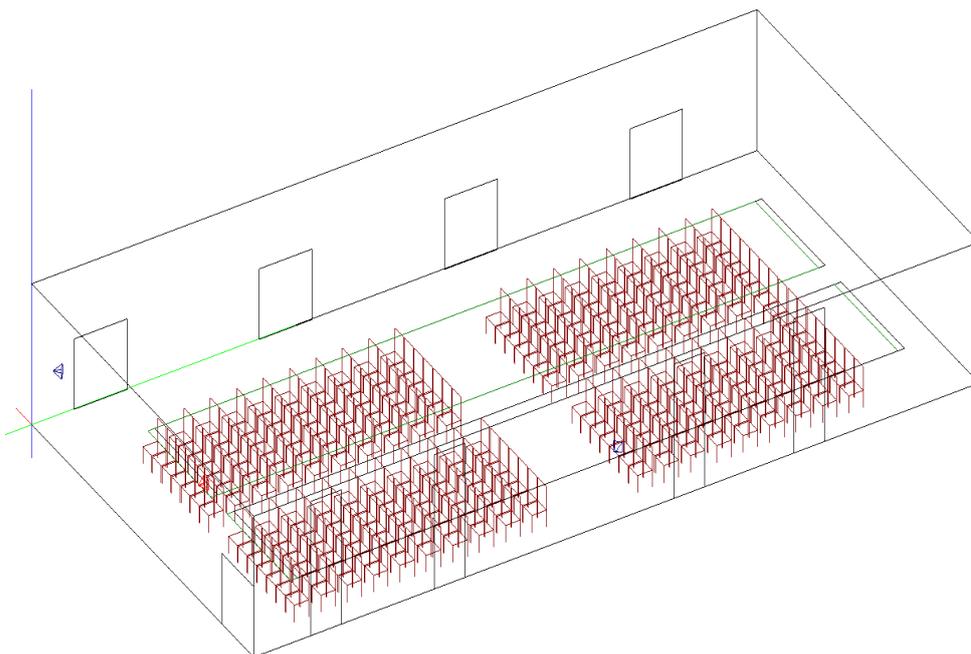


Figura 65. Simulación con el software E.A.S.E. - Granados completo.

### 6.6.4.2 Parámetros acústicos obtenidos de las simulaciones E.A.S.E., utilizando la fuente omnidireccional.

Tabla 42.

*Resultados de parámetros acústicos con el software E.A.S.E. - Granados completo.*

Simulación EASE completo.							
Con fuente omnidireccional					Con sistema de P.A.		
Frec.	Hz	T60 E.A.S.E	C50	C80	T60 E.A.S. E	C50	C80
100	Hz	0,41	5,65	10,71	0,41	0,49	6,81
125	Hz	0,46	4,65	9,33	0,46	-0,18	5,78
160	Hz	0,47	4,51	9,13	0,47	-0,17	5,69
200	Hz	0,55	3,34	7,55	0,55	-0,97	4,50
250	Hz	0,53	3,64	7,95	0,53	-0,57	4,92
315	Hz	0,52	3,74	8,09	0,52	-0,38	5,10
400	Hz	0,48	4,36	8,93	0,48	0,25	5,87
500	Hz	0,44	5,11	9,96	0,44	1,02	6,83
630	Hz	0,4	5,82	10,95	0,4	1,84	7,82
800	Hz	0,36	6,72	12,24	0,36	2,93	9,15
1000	Hz	0,33	7,64	13,57	0,33	4,11	10,60
1250	Hz	0,31	8,32	14,58	0,31	4,83	11,58
1600	Hz	0,3	8,59	14,98	0,3	5,22	12,06
2000	Hz	0,3	8,72	15,18	0,3	5,46	12,34
2500	Hz	0,29	8,97	15,56	0,29	6,10	13,03
3150	Hz	0,29	8,88	15,42	0,29	6,56	13,36
4000	Hz	0,29	9,03	15,66	0,29	7,30	14,11
5000	Hz	0,29	9,08	15,73	0,29	7,45	14,27
<b>Promedio</b>		0,39	7,99	12,90	0,39	4,92	9,92

6.6.4.3 STI simulado en el software EASE.

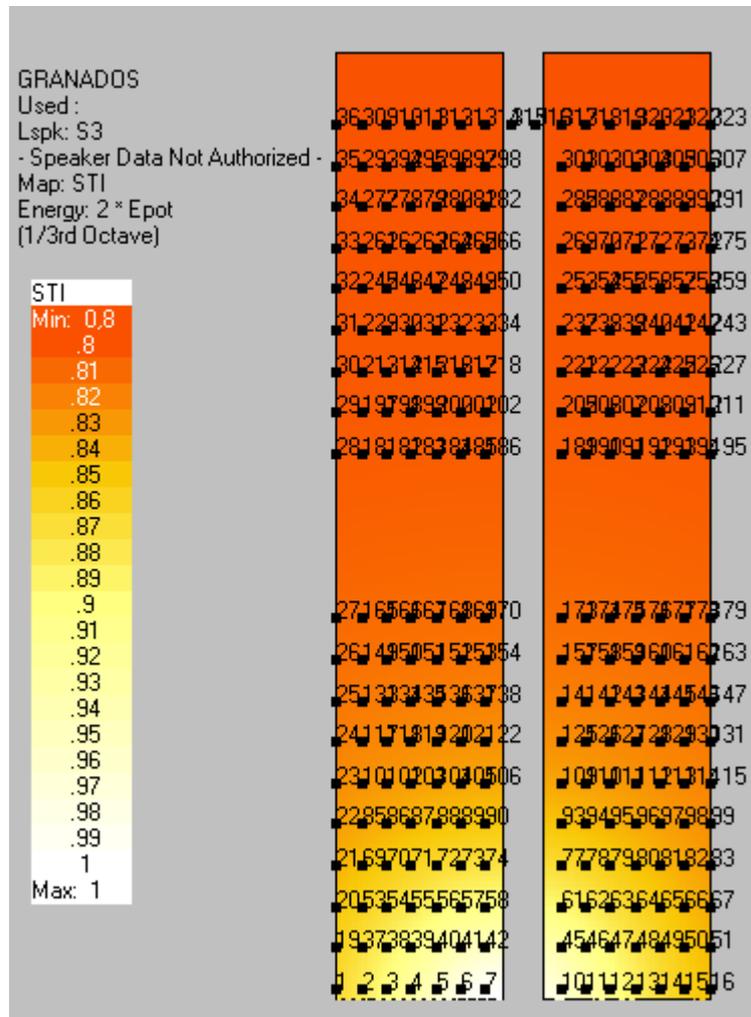


Figura 66. Simulación con el software E.A.S.E. STI - Granados completo.

6.6.4.3.1 STIPA simulado en el software EASE.

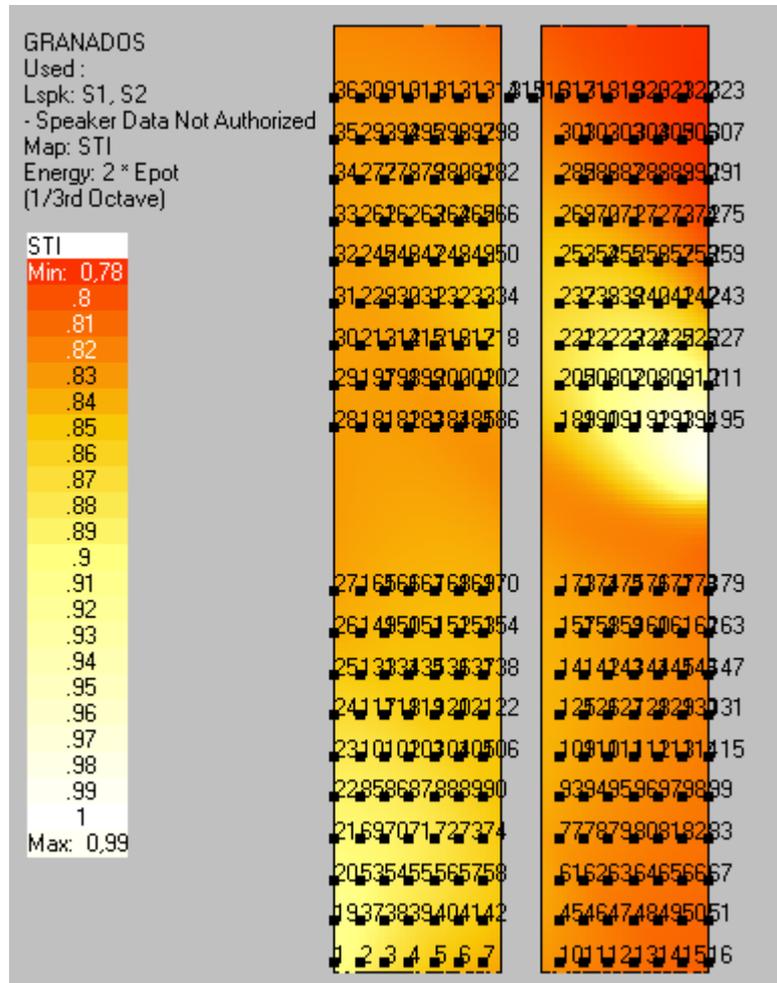


Figura 67. Simulación con el software E.A.S.E. STIPA - Granados completo.

## 7. Recopilación y comparación de los valores de parámetros acústicos de los auditorios.

Tabla 43.

*Comparación parámetros de los auditorios.*

Nº	Auditorio	Aforo	Volumen m3	Vivacidad	Calor	Brillo	C50	C80	T20 PROM	STI
1	Queri	240	931,57	1,12	1,13	0,94	0,9	1,73	1,17	[0,43 ; 0,67]
2	UdlaPark	324	1.850,73	0,77	1,08	1,61	1,05	2,97	0,92	[0,47 ; 0,62]
3	Granados 1	135	669,26	1,58	0,96	0,99	0,55	0,99	1,57	[0,40 ; 0,54]
4	Granados 2	135	676,36	1,69	0,93	0,91	0,54	0,94	1,64	[0,39 ; 0,60]
5	Granados	270	1.295,41	1,71	1,26	0,99	0,5	0,89	1,77	[0,39 ; 0,63]

### 7.1 Comparación vivacidad (RTmid) de los auditorios.

Según los resultados obtenidos en la Figura 67 (comparación de la vivacidad de cada uno de los auditorios). Se puede determinar que los auditorios de la sede Queri y UdlaPark poseen los valores de vivacidad recomendados para salas de teatro y palabra. Mientras que los auditorios de la sede Granados no cumplen con los valores recomendados para poder categorizarlos, considerando el tiempo de reverberación en frecuencias medias no es el adecuado para un tipo de sala de concierto, polivalente o conferencias.

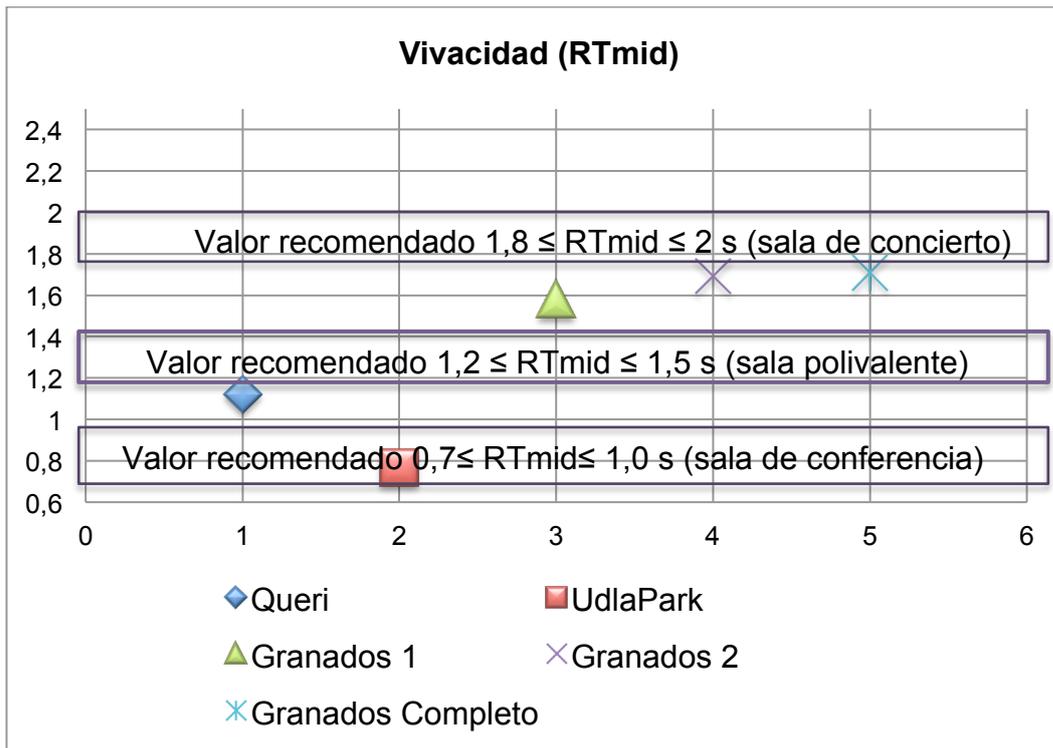


Figura 68. Comparación vivacidad de auditorios.

## 8.2 Comparación calor (BR) de los auditorios.

El calor se considera un parámetro indispensable dentro de ámbitos musicales, con respecto a un aumento del 20 % al 50 % del tiempo de reverberación en bajas frecuencias.

Según los valores obtenidos en la Figura 68, podemos determinar que el auditorio que cumple con los valores recomendados para una buena calidez acústica es el auditorio de la sede Queri, mientras que el auditorio de la sede Udla Park con un calor de 1,08 (s) se aproxima al valor mínimo sugerido. La sede Granados no cumple con los valores estipulados, es necesario recalcar que para salas de palabra no es perjudicial si su valor se encuentra un poco alejado de los valores definidos.

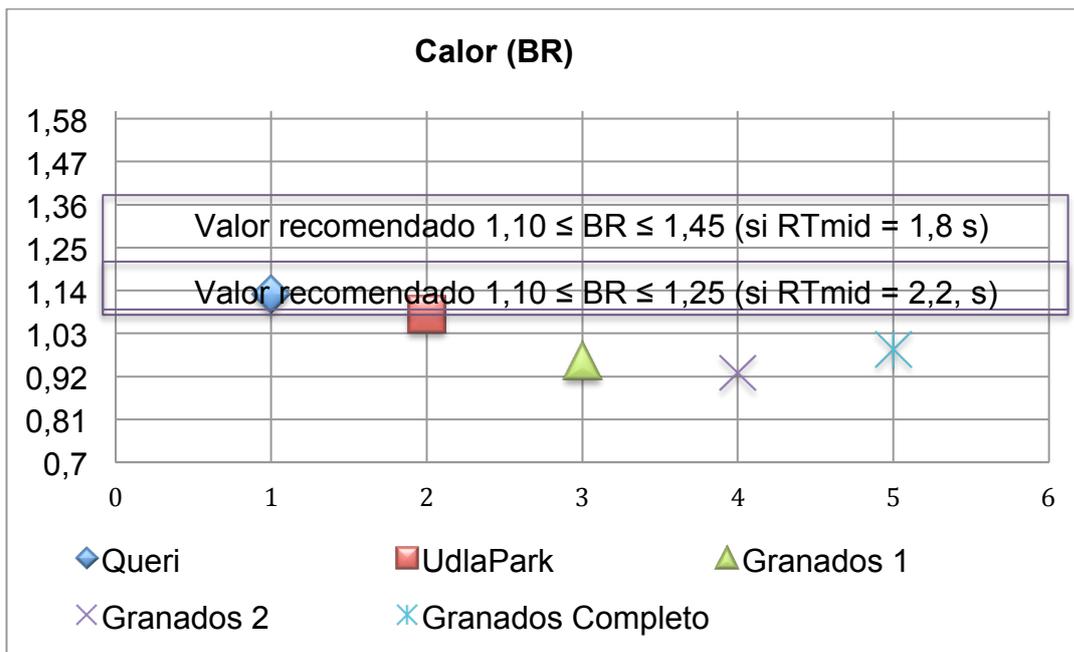


Figura 69. Comparación calor de los auditorios.

### 8.3 Comparación Brillo (Br) de los auditorios.

Según los valores obtenidos en la Figura 69 podemos considerar que los auditorios: Queri, Granados 1, Granados 2, Granados completo, con un brillo desde 0,94 a 0,99; intervalo que oscila entre los valores óptimos, aportando riqueza en altas frecuencias, contribuyendo a un sonido claro y brillante. En el auditorio Udla Park se evidencia con un valor de 1,61 (s); sin embargo, el exceso de brillo puede generar sonidos artificiales molestos "metálicos", motivo por el cual se recomienda que el brillo no supere la unidad.

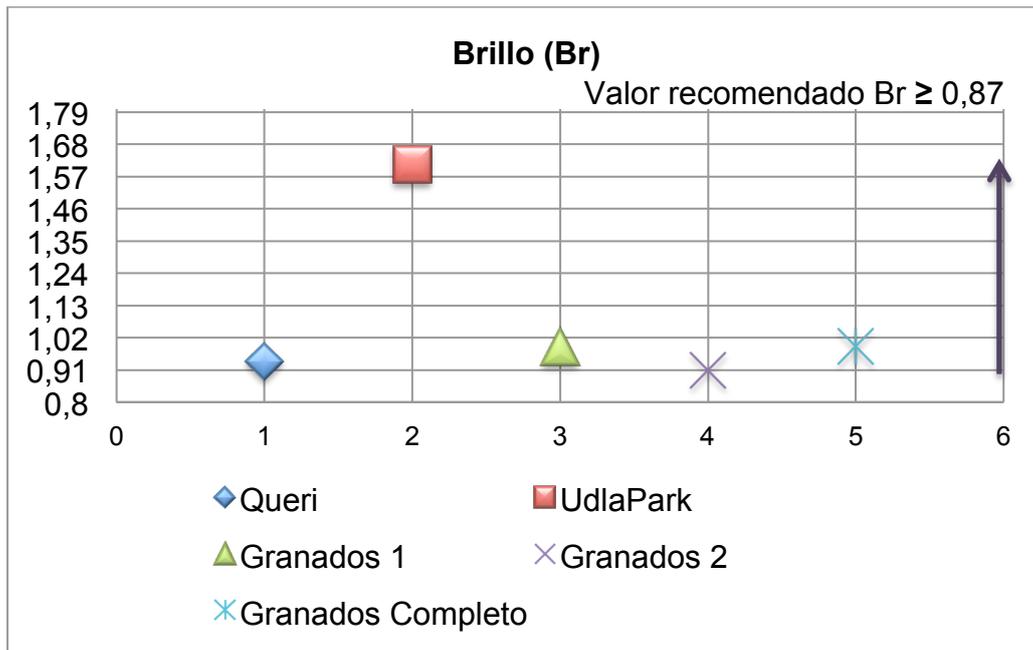


Figura 70. Comparación brillo de los auditorios.

#### 8.4 Comparación C50 de los auditorios.

Según la Figura 70, se logra identificar que ninguno de los auditorios alcanza al valor recomendado del C50 (claridad de la voz), con respecto a salas dedicadas a la palabra, donde el valor establecido de C50 debe ser mayor a 2 dB. Analizando el STI obtenido de los auditorios se confirma la relación del STI con el C50, donde se evidencia que estos parámetros poseen coherencia entre sí ya que ninguno de los auditorios posee un STI bueno, recordando que el STI cuantifica la inteligibilidad de la palabra.

Por otra parte, estos valores pueden resultar beneficiosos para claridad de la música expresada en la tabla siguiente.



Figura 71. Comparación C50 de los auditorios.

### 8.5 Comparación C80 de los auditorios.

De acuerdo con los valores obtenidos y mostrados en la Figura 71 se puede determinar que los auditorios: Queri, Granados 1, Granados 2, Granados completo, cumplen con los valores recomendados de C80 (claridad musical), considerándoles como sala llena.

Es importante mencionar que cuando el C80 es mayor el tiempo de reverberación es muy pequeño, resultado que se puede evidencia al observar el tiempo de reverberación promedio de los auditorios: Udla Park con 0,92 (s), Queri 1,17 (s), Granados 1 con 1,57 (s), Granados 2 con 1,64 (s), Granados completo con 1,77 (s). Destacando sobre estos Udla Park con un tiempo de reverberación (T20) menor y un C80 de 2,97 dB, mayor al de todos los auditorios, superior al valor recomendado.

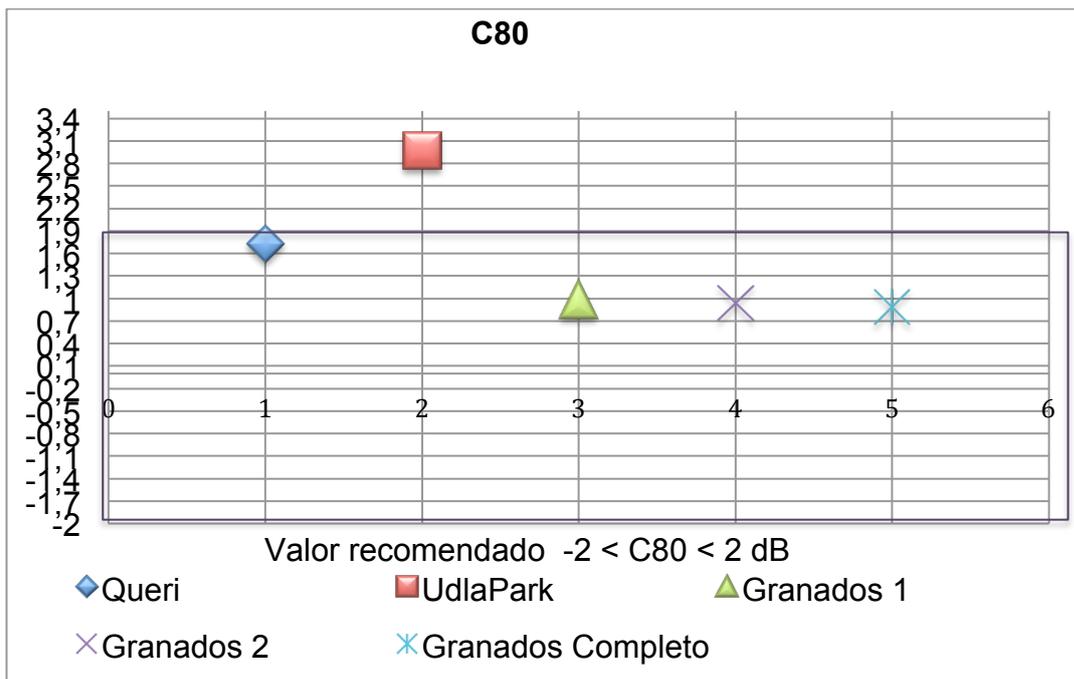


Figura 72. Compación C80 de los auditorios.

### 8.6 Comparación STI de los auditorios.

Según se puede observar en la Figura 72, ninguno de los auditorios posee un STI adecuado, motivo por el cual la inteligibilidad de la palabra en ellos será de baja calidad, teniendo en cuenta que para evaluar el grado de inteligibilidad de la palabra se utiliza un rango de 0 a 1, el auditorio de la sede Queri llega a acercarse al valor adecuado con un intervalo de [0,43 ; 0,67]. Cabe recalcar que la comprensión de la palabra dependerá de la reverberación, ecos y del ruido de fondo existente en cada auditorio.

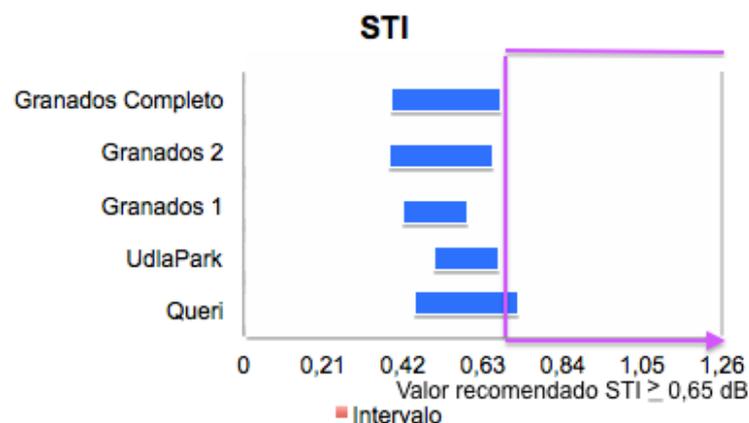


Figura 73. Comparación STI de los auditorios

### 8.7 Comparación del ruido de fondo de los auditorios.

Según los criterios de confort acústico de interiores, los niveles de ruido de fondo para los auditorios se encuentran ubicados entre las curvas NC desde 25 a 35. Dichos valores son muy cercanos a los recomendados para salas de concierto, teatro y polivalentes, teniendo en cuenta que el ruido de fondo no es un parámetro decisivo al momento de categorizar una sala.

En función al ruido de fondo podemos evidenciar en la Figura 1, que el auditorio con menor ruido de fondo es Udla Park, seguido por Queri y finalmente los auditorios Granados.

Se realizó comparaciones del nivel de fondo frente las curvas NC, presentadas respectivamente en cada ficha.

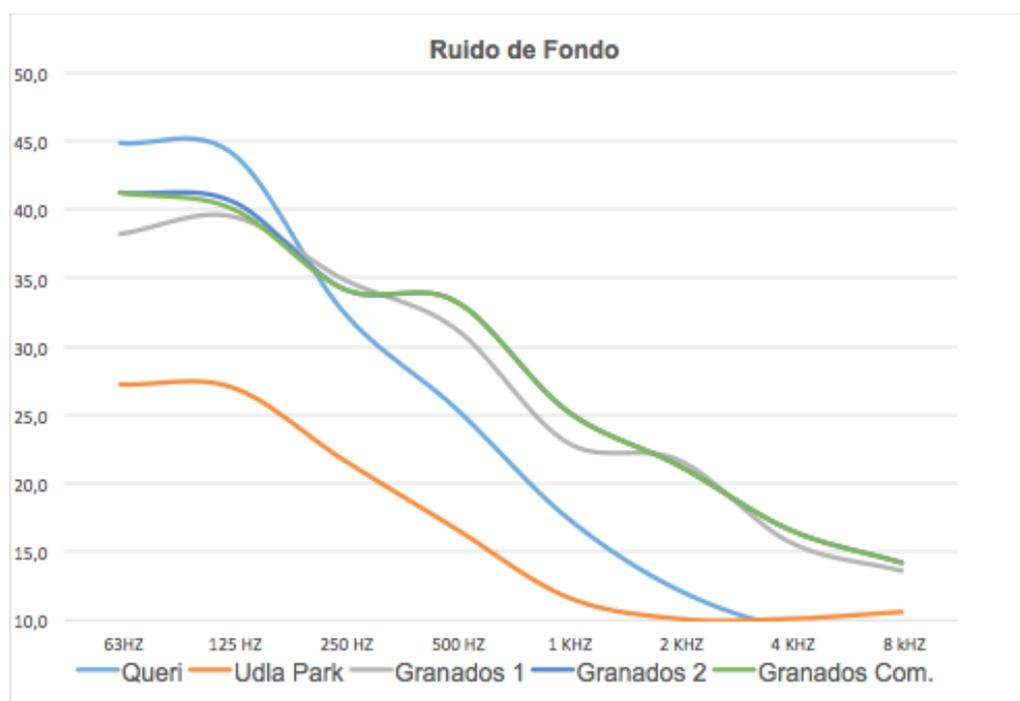


Figura 74. Comparación Ruido de fondo de los auditorios

## 8. Conclusiones y Recomendaciones.

### 8.1 Conclusiones.

Después de haber obtenido los resultados de los diferentes parámetros evaluados, tanto de forma *in situ* como a través de la simulación, logramos concluir que no existe concordancia entre los valores obtenidos del tiempo de reverberación de uno y de otro. Esto es porque no se pudo obtener el coeficiente de absorción de los materiales de cada sala y por tal motivo no se encontró o ingresó un material que sea semejante a los materiales instalados en la sala.

Con la evaluación de cada auditorio, se determinó el uso adecuado para cada uno en función al tiempo de reverberación, y se obtuvo parámetros como RTmid, BR, Br, C50, C80 e inteligibilidad. Deduciendo de esta manera que el auditorio de la sede Queri es óptimo para sala de palabra. El auditorio de la sede UDLA Park se recomienda para sala de concierto y los auditorios Granados, como Granados 1 es adecuado para sala polivalente, Granados 2 para sala de conferencia o aula y Granados completo es bueno para sala de conferencias o aula.

El auditorio de la sede Queri y Granados, poseen materiales que no aportan con la mejora de la acústica. Como por ejemplo el piso de estos auditorios es de porcelanato, material muy reflectante y poco absorbente, sus techos están conformados por gypsum y amstrong, los cuales no aportan una absorción relevante para el tiempo de reverberación. Además, sus butacas tapizadas permiten que la evaluación de los resultados de cada recinto se considere como sala llena, ya que por su número y predominancia de material absorbente son las que dan mayor coeficiente de absorción.

En conclusión arquitectónicamente los auditorios Granados son de forma rectangular alargada, esto no favorece a la correcta propagación del sonido, dando paso a la existencia de modos propios y ecos, problemas característicos de este tipo de salas sin un tratamiento acústico adecuado. Con relación al

techo de dichos auditorios, su superficie plana acústicamente ejerce una deficiente distribución de la radiación sonora siendo causa de focalizaciones o mala difusión del sonido a diferencia de los techos con superficies convexas.

Se demuestra en la evaluación del auditorio de la sede Queri, que posee una inclinación en su techo cuya pendiente inicia desde la zona del escenario hasta la zona de la audiencia, afectando la difusión del sonido reflectante del techo, esto provoca problemas de primer orden en la difusión hacia las últimas filas de la audiencia. Claramente, demostrados en los cálculos del STI y STIPA de la determinada sala, en cuanto al piso no posee una inclinación o variación de niveles de altura para los oyentes lo que causa interferencia en la percepción del sonido directo para las filas posteriores.

Con respecto a la evaluación acústica del auditorio UDLA Park, sus materiales de construcción no están ubicados de manera uniforme, esto causa problemas en la difusión del sonido, y genera así mayor decrecimiento en el nivel de presión sonora con relación a las superficies que poseen materiales con menor coeficiente de absorción. Lo que provoca un desequilibrio en la distribución sonora. Manifestandose en el cálculo de inteligibilidad y el nivel de presión sonora, sectorizado por las posiciones del sonómetro en los datos obtenidos del STI, STIPA y T60.

Queda patente que los sistemas de refuerzo sonoro existentes en las salas de las sedes Granados y Queri. No cumplen con las necesidades acústicas requeridas, como número de altavoces y calidad sonora, donde por la falta de simetría de sus altavoces en los extremos laterales de los auditorios perjudica la imagen estéreo del oyente. Se entiende que el número limitado de parlantes hace que el nivel de presión sonora genere una cobertura deficiente en las áreas de audiencia, la misma que se puede apreciar de forma gráfica y detallada en los cálculos efectuados de simulaciones con el *software* E.A.S.E. Se pudo constatar de forma clara, al momento de escuchar el desempeño de los altavoces en las mediciones en cada recinto, lo que se ve ratificado en los datos del STI y STIPA, reflejando valores bajos de inteligibilidad en las áreas

de audiencia donde no existían altavoces. Reafirmando así la falta de presencia de sonido directo en las zonas respectivas.

Se demuestra que el sistema de refuerzo sonoro del auditorio UDLA Park, donde los elementos de su cadena electro acústica ayudan en gran medida a solventar las carencias acústicas que presenta la sala, con el fin de que el público tenga una mejor apreciación tanto de la palabra como de la música, concluyendo que entre los valores de STI y STIPA, existe una diferencia notoria que aporta con información importante para evaluar la sala con el sistema de refuerzo sonoro. Llegando a definir valores superiores a 0,65 dB, obteniendo un rango de [0,65 a 0,74] dB; siendo este factor relevante para definir al auditorio de la sede UDLA Park como uno de los auditorios analizados de mejor categoría acústica, sin embargo, su diseño de planta de teatro cerrado es un aporte más para la mejora del sonido ya que la separación pronunciada entre el público y el escenario generan un campo visual óptimo con repercusión favorable en el sonido directo.

Con relación al escenario posee un sistema de "*scenae frons*", actualmente, esto se lo puede determinar como los camerinos para los artistas, aberturas permanentes bien elaboradas en lugar de puertas, lo cual permite al espectador tener una mayor perspectiva. La distancia del escenario al asiento más lejano en los teatros del renacimiento son de 20 m, y el UDLA Park tiene una distancia de 19 m, en consecuencia, su aforo es efectivamente más reducido evitando la existencia de ecos, acercando a la audiencia al campo sonoro directo.

Cabe indicar que, el ruido de fondo y el poco aislamiento existente en la sede Queri. Provocó que no se pueda lograr medir el tiempo de reverberación de la sala completa, únicamente con la fuente omnidireccional, por tal motivo se realizó la medición de los últimos puestos con el sistema de refuerzo sonoro. Esto generó dificultad al momento de medir y perjudica la inteligibilidad de la palabra en los últimos asientos.

Es importante determinar que la elaboración de este trabajo permitió conocer acerca de los verdaderos problemas que se acarrea al momento de realizar simulaciones mediante un *software*. Es decir al no tener una base de datos de los materiales instalados en el lugar a simular y de igual manera es perjudicial el no tener los coeficientes de absorción reales de cada material, ya que sin estos elementos la simulación no tendrá resultados válidos.

Para concluir una de las limitaciones del *software* E.A.S.E. es que solamente nos da el valor de T60 el cual es la pendiente de caída energética de 60 dB. Mientras que en las mediciones *in situ* se obtuvo valores de T20, siendo la pendiente de caída de los primeros 20 dB, además, el T20 aporta una información más cercana a la primera impresión de reverberación, en definitiva, esto nos lleva al problema de comparar tiempos de reverberación de diferentes caídas.

## 9.2 Recomendaciones

A partir de las conclusiones planteadas anteriormente, se considera de suma importancia antes de realizar una simulación con el *software* E.A.S.E., tener una base de datos de los materiales a simular, con valores reales de coeficientes de absorción, densidad y espesor, con el fin de poder obtener mayor precisión al momento de realizar la simulación y a su vez obtener valores cercanos a la realidad.

Se recomienda para futuras tesis, crear un material ficticio que simule un coeficiente de absorción promedio, obtenido a partir del tiempo de reverberación *in situ* de cada sala. A fin de que se pueda establecer una comparación más aproximada entre mediciones de campo y simulaciones mediante un *software*.

Se propone considerar otras maneras de obtener el coeficiente de absorción de los materiales que serán introducidos en el *software*, aplicando métodos como: cámara reverberante, tubo de kundt o método de sonda PU, mediante la generación de un campo sonoro conocido, el cual nos permite diferenciar entre el campo directo producido y el campo reflejado de la muestra que se evaluará.

Esto quiere decir que gracias a este método se puede caracterizar de forma sencilla las propiedades acústicas de un material, independiente de su ubicación e instalación.

Se aconseja la existencia de un sistema de refuerzo sonoro equilibrado y simétrico en los auditorios Queri y Granados, con altavoces de características idénticas, para mejorar la imagen estéreo del oyente. En el auditorio UDLA Park, se recomienda ubicar resonadores y difusores que aporten a la calidad sonora sin considerar el uso del sistema de refuerzo sonoro, a su vez se sugiere instalar material absorbente en las paredes laterales para mejorar la absorción y evitar el eco flotante, determinado auditivamente al momento que se realizó las mediciones *in situ*.

## REFERENCIAS

- Abdelghani Gramez, Fouad Boubenider. (2016). *Acoustic comfort evaluation for a conference room: A case study. Applied Acoustics, Algeria.*
- Arregui, A. ANÁLISIS ESPACIAL DE LA PARÁMETROS EN EL AUDIT.
- Barba, A., Giménez, A., Segura, J., & Montell, R. (2009). Caracterización del comportamiento acústico de los teatros a la italiana a partir del estudio de su geometría. In 40º Congreso Nacional de Acústica "Tecniacústica.
- Bastían, N. (2015). Comparación entre diferentes métodos de modelación del software EASE. *SONAC*, 3(1), 35-41.
- Basso, G., Farina, M. A., Jaureguiberry, L. F., Cingolani, J. M., & Szelagowski, P. E. (2010). Estudio acústico del Teatro de Cámara de City Bell. In II Congreso Iberoamericano de Investigación Artística y Proyectual y V Jornada de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (La Plata, 2010).
- Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Catalunya, España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Castellanos Balderas, A. (2015). Acústica Arquitectónica: Acondicionamiento Acústico de Recintos.
- Cortés, A. V. F. (2014). Estudio acústico del teatro Serrano de Gandía.
- Cravero, G. A., Ferreyra, S. P., Longoni, H. C., Flores, M. D., Ramos, O. A., & Tommasini, F. C. (2014). Análisis espacial de tiempo de reverberación en aulas y auditorios universitarios. *Mecánica Computacional*, 33(8), 523-537.

- Everest, F., & Pohlmann, K. C. (2009). *Master Handbook of Acoustic*. New York, EEUU: Mc Graw Hill.
- Ferreyra, S. P., Cravero, G. A., Flores, M. D., Budde, L., Longoni, H. C., Ramos, O. A., & Tommasini, F. C. (2013). Análisis modal de aulas universitarias. *Mecánica Computacional*, 32, 3978-3993.
- Ferreyra, S. P., & Elías, M. (2006). Análisis comparativo de parámetros acústicos de recintos, utilizando diferentes técnicas de medición de la respuesta al impulso. In *V Congreso Iberoamericano de Acústica, Santiago de Chile (paper)*.
- Jiménez Dianderas, C. R. (2010). Correlación entre parámetros acústicos objetivos y características físico arquitectónicas en templos católicos del período colonial en ciudades representativas del Perú (Doctoral dissertation, Industriales).
- Mansilla, J., Sato, S., Rodiño, L., & Arias, A. (2014). Comparación de Parámetros Acústicos Calculados Mediante Distintos Software. In *IX Congreso Iberoamericano de Acústica-FIA. Anais... Valdivia, Chile*.
- Redonda Fernández, M. (2013). Acústica aplicada a la edificación: evolución histórica desde la Antigüedad hasta su actual integración en los procesos constructivos.
- Segura, J., Cerdá, S., Montell, R., Barba, A., Cibrián, R., & Giménez, A. (2011). Estudio de la distribución espacial de valores medidos C80 en auditorios. In *de International seminar on virtual acoustics, Valencia*.

Sevillano, A. B., & Pérez, A. G. (2009). Análisis acústico de la tipología teatral a la italiana a través del estudio del Teatro Principal de Valencia. Sociedad Española de Acústica, 9.

Sommerhoff, J. (2015). Diseño y evaluación acústica de salas para la enseñanza. *SONAC*, 3(1), 117-125

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Catálogo de fichas comparativas.**

En las siguientes fichas se mostrará información general de la sala, valores de los parámetros calculados *in situ* y con el *software* de simulación EASE, a su vez se detalla los componentes de la sala, y a su vez se presentará gráficos del tiempo de reverberación, ruido de fondo, STI, C50 y C80.

## UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

**TESIS:** Caracterización acústica de los auditorios de la UDLA mediante modelos predictivos y mediciones in situ.

### DATOS DEL AUDITORIO

**Auditorio** Universidad de las Américas Sede Queri  
**Dirección** José Queri, Quito 170137  
**Ciudad** Quito  
**Nº butacas** 240

### FOTOGRAFÍA DEL AUDITORIO



Fotografía tomada desde la última fila de asientos, se puede observar el diseño del auditorio y la distribución entre zona de audiencia y escenario.

### PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetro	Cantidad (Unidades)	Parámetro	Cantidad (Unidades)
Largo promedio del Auditorio	16 m	Área del escenario	47,26 m <sup>2</sup>
Ancho promedio del Auditorio	15,48 m	Área de la audiencia	81,35 m <sup>2</sup>
Alto promedio del Auditorio	3,76 m	Volúmen aproximado de la sala	931,57 m <sup>3</sup>
Largo promedio del escenario	3,20 m	Distancia esc. al oyente más alejado	23,5 m
Ancho promedio del escenario	14,77 m	Relación espacial en pasillos	2,4 m
Alto promedio del escenario	3,76 m	Relación espacial de accesos	1,78 m
Largo promedio de la audiencia	8,94 m		
Ancho promedio de la audiencia	9,1 m		
Alto promedio de la audiencia	3,76 m		

### PARÁMETROS ACÚSTICOS

#### MEDICIÓN *IN-SITU* CON FUENTE OMNIDIRECCIONAL

Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	1,65	1,39	1,43	1,34	1,14	1,11	1,03	1,18	1,17	1,07	1,05	1,12	1,09	1,06	1,08	1,00	1,05	0,98
<b>C50</b>	0,52	0,64	0,62	0,67	0,82	0,85	0,95	0,79	0,80	0,90	0,92	0,85	0,88	0,91	0,89	0,99	0,93	1,01
<b>C80</b>	0,95	1,21	1,16	1,27	1,61	1,68	1,91	1,53	1,55	1,80	1,84	1,67	1,75	1,83	1,78	2,01	1,85	2,07

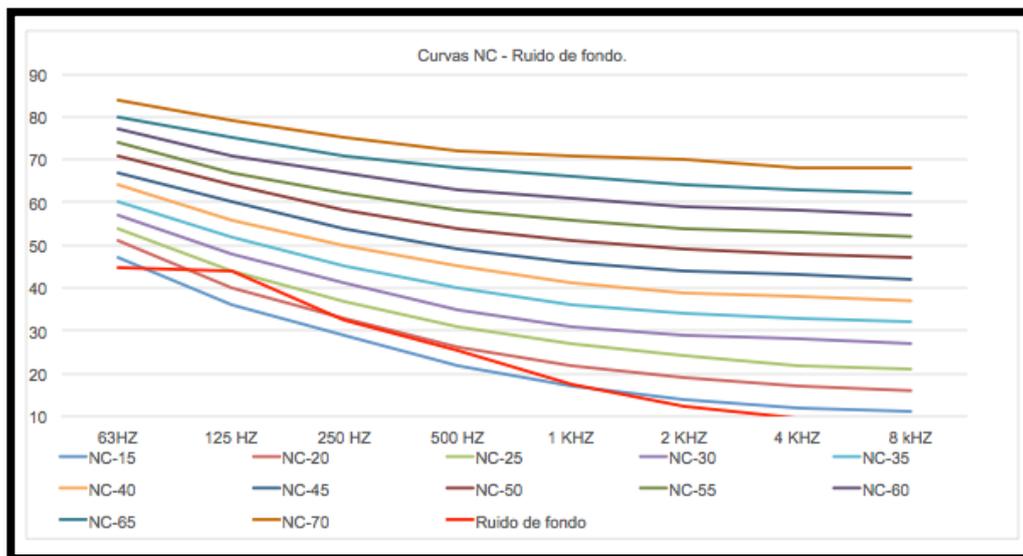
Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b> 1,12	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	<b>C50</b> 0,90	≥ 2 dB
<b>Calor (BR)</b> 1,13	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	<b>C80</b> 1,73	-2 ≤ C80(3) ≤ +2 dB

Brillo (Br) 0,94 Br ≥ 0,87 STI [0,23 ; 0,73] ≥ STI 0,65 dB

**MEDICIÓN CON SISTEMA DE REFUERZO SONORO**

Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T20	1,31	1,48	2,03	1,02	1,46	1,66	1,20	1,37	1,63	1,12	1,39	2,77	2,96	1,64	1,53	1,44	1,38	1,25
C50	0,69	0,59	0,40	0,97	0,60	0,52	0,78	0,65	0,53	0,85	0,64	0,28	0,26	0,52	0,57	0,61	0,65	0,74
C80	1,32	1,11	0,72	1,95	1,13	0,94	1,51	1,24	0,97	1,68	1,21	0,49	0,45	0,96	1,06	1,15	1,23	1,42

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
Vivacidad (RTmid) 1,38	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	C50 0,60	≥ 2 dB
Calor (BR) 1,07	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	C80 1,14	-2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB
Brillo (Br) 1,09	Br ≥ 0,87	STIPA [0,36 ; 0,83]	-14 ≥ STI 0,65 dB



Curva NC-25

**COMPONENTES DEL AUDITORIO**

COMPONENTE	MATERIAL
PISO	azulejos
PUERTAS	madera
TECHO	cielo falso
PAREDES LATERALES	cemento
PAREDES POSTERIORES	cemento
BUTACAS	240 tapizadas
GRADERIOS	NO
ESCENARIO	azulejos
CORTINAS / TELONES	tela / NO
PASILLOS	azulejos

**OBSERVACIONES**

Sistema de Refuerzo sonoro Altavoz: MACKIE, serie: 200A, consola: PROFX16

**RECOMENDACIONES**

El uso adecuado del auditorio Queri: salas de teatro / polivalente

## UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

**TESIS:** Caracterización acústica de los auditorios de la UDLA mediante modelos predictivos y mediciones in situ.

### DATOS DEL AUDITORIO

**Auditorio** Universidad de las Américas Sede UdlA Park  
**Dirección** Vía a Nayón, Quito El Inca  
**Ciudad** Quito  
**Nº butacas** 324

### FOTOGRAFÍA DEL AUDITORIO



Fotografía tomada desde la última fila de asientos, se puede observar el diseño del auditorio y la distribución entre zona de audiencia, la ubicación de las butacas, inclinación del techo y escenario.

### PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetro	Cantidad (Unidades)		Parámetro	Cantidad (Unidades)	
Largo promedio del Auditorio	25,30	m	Área del escenario	108,85	m <sup>2</sup>
Ancho promedio del Auditorio	14,75	m	Área de la audiencia	148,05	m <sup>2</sup>
Alto promedio del Auditorio	3,07	m	Volúmen aproximado de la sala	1.850,73	m <sup>3</sup>
Largo promedio del escenario	7,38	m	Distancia esc. al oyente más alejado	12,6	m
Ancho promedio del escenario	14,75	m	Relación espacial en pasillos	1,5	m
Alto promedio del escenario	6,50	m	Relación espacial de accesos	2,92	m
Largo promedio de la audiencia	12,60	m			
Ancho promedio de la audiencia	11,75	m			
Alto promedio de la audiencia	4,48	m			

### PARÁMETROS ACÚSTICOS

#### MEDICIÓN *IN-SITU* CON FUENTE OMNIDIRECCIONAL

Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	0,82	0,89	0,88	0,75	0,77	0,59	0,59	0,59	0,75	0,76	0,96	1,17	1,57	1,46	1,13	1,15	1,02	0,82
<b>C50</b>	1,32	1,17	1,19	1,52	1,45	2,25	2,25	2,25	1,50	1,47	1,06	0,81	0,55	0,60	0,84	0,82	0,96	1,33
<b>C80</b>	2,84	2,47	2,51	3,38	3,21	5,60	5,58	5,60	3,34	3,25	2,18	1,58	1,02	1,13	1,65	1,61	1,94	2,86

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b> 0,77	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	<b>C50</b> 1,05	≥ 2 dB
<b>Calor (BR)</b> 1,08	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s)	<b>C80</b> 2,97	-2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB

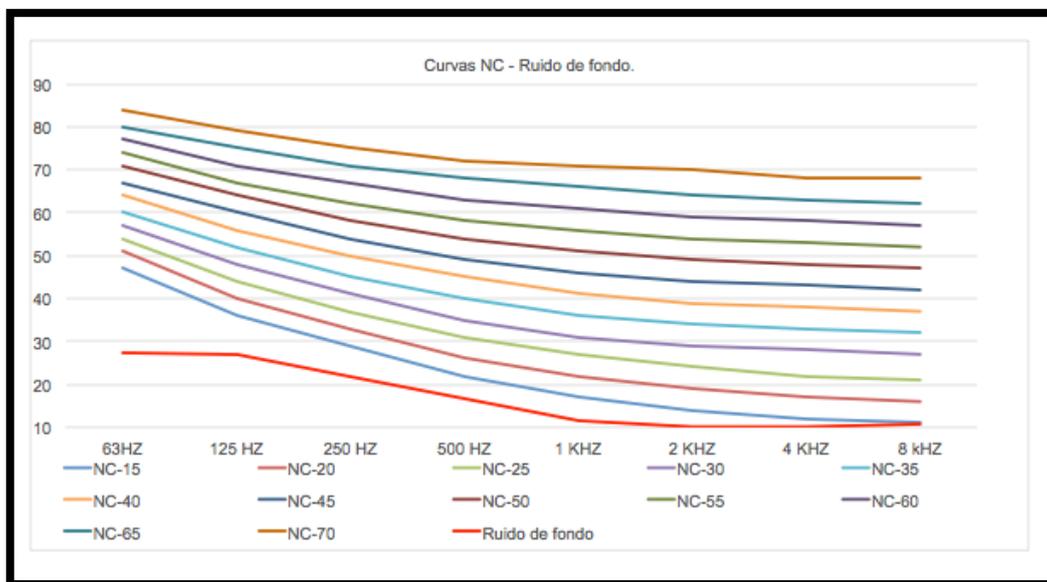
1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)

Brillo (Br) 1,61 Br ≥ 0,87 STI [0,28 ; 0,56] ≥ STI 0,65 dB

**MEDICIÓN CON SISTEMA DE REFUERZO SONORO**

Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T20	0,82	0,89	0,88	0,75	0,77	0,59	0,59	0,59	0,75	0,76	0,96	1,17	1,57	1,46	1,13	1,15	1,02	0,82
C50	1,32	1,17	1,19	1,52	1,45	2,25	2,25	2,25	1,50	1,47	1,06	0,81	0,55	0,60	0,84	0,82	0,96	1,33
C80	2,84	2,47	2,51	3,38	3,21	5,60	5,58	5,60	3,34	3,25	2,18	1,58	1,02	1,13	1,65	1,61	1,94	2,86

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
Vivacidad (RTmid) 0,77	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	C50 1,05	≥ 2 dB
Calor (BR) 1,08	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	C80 2,97	-2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB
Brillo (Br) 1,61	Br ≥ 0,87	STIPA [0,65 ; 0,74]	≥ STI 0,65 dB



Curva NC-15

**COMPONENTES DEL AUDITORIO**

COMPONENTE	MATERIAL
PISO	alfombra
PUERTAS	madera
TECHO	madera
PAREDES LATERALES	cemento
PAREDES POSTERIORES	lana de vidrio
BUTACAS	324 tapizadas
GRADERIOS	17 filas de alfombras
ESCENARIO	piso de madera
CORTINAS / TELONES	NO/ 4 tela
PASILLOS	2 de alfombra

**OBSERVACIONES**

Sistema de Refuerzo sonoro Altavoz: TOA Corporation , serie: F-2000WT, consola: Allen & Heath

**RECOMENDACIONES**

El uso adecuado del auditorio Udla Park: sala de conferencias o aula.

## UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

**TESIS:** Caracterización acústica de los auditorios de la UDLA mediante modelos predictivos y mediciones in situ.

### DATOS DE LA SALA

**Auditorio** Universidad de las Américas Granados 1  
**Dirección** E12-41 y, Av. De los Granados & De Los Colimes, Quito  
**Ciudad** Quito  
**Nº butacas** 135

### FOTOGRAFÍA DEL AUDITORIO



Fotografía tomada desde la primera fila de asientos, se puede observar el diseño del auditorio y la distribución entre zona de audiencia.

### PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetro	Cantidad (Unidades)	Parámetro	Cantidad (Unidades)
Largo promedio del Auditorio	13,04 m	Área del escenario	49,73 m <sup>2</sup>
Ancho promedio del Auditorio	12,22 m	Área de la audiencia	60,04 m <sup>2</sup>
Alto promedio del Auditorio	4,20 m	Volúmen aproximado de la sala	669,26 m <sup>3</sup>
Largo promedio del escenario	4,07 m	Distancia esc. al oyente mas alejado	12,14 m
Ancho promedio del escenario	12,22 m	Relación espacial en pasillos	1,04 m
Alto promedio del escenario	4,20 m	Relación espacial de accesos	2,23 m
Largo promedio de la audiencia	8,06 m		
Ancho promedio de la audiencia	7,45 m		
Alto promedio de la audiencia	4,07 m		

### PARÁMETROS ACÚSTICOS

#### MEDICIÓN *IN-SITU* CON FUENTE OMNIDIRECCIONAL

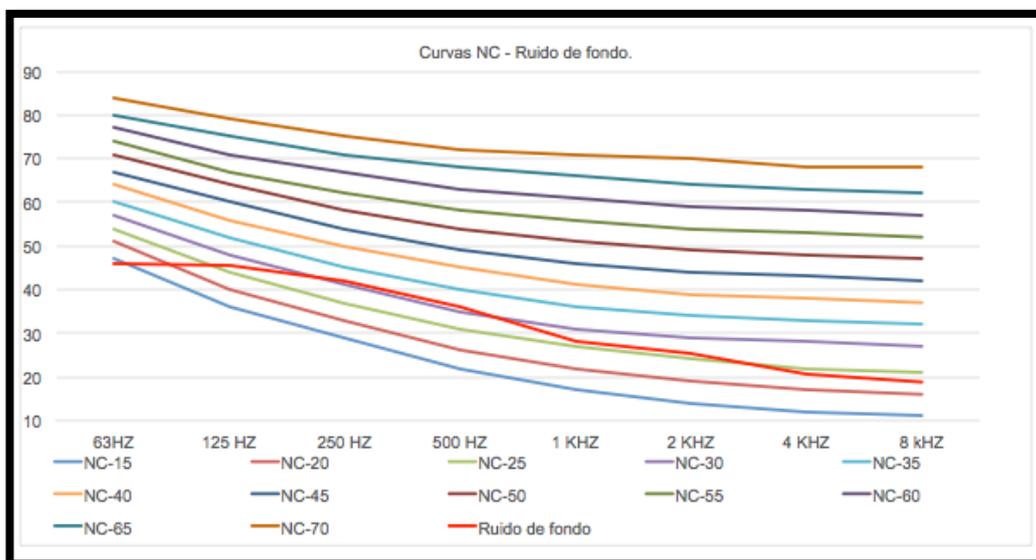
Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	1,43	1,76	1,75	1,55	1,28	1,69	1,46	1,48	1,64	1,60	1,68	1,73	1,74	1,69	1,60	1,48	1,45	1,30
<b>C50</b>	0,62	0,48	0,48	0,56	0,71	0,51	0,61	0,59	0,52	0,54	0,51	0,49	0,49	0,51	0,54	0,59	0,61	0,70
<b>C80</b>	1,16	0,88	0,88	1,04	1,36	0,93	1,13	1,11	0,96	0,99	0,93	0,89	0,88	0,92	1,00	1,11	1,14	1,35

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b>	1,58	<b>C50</b>	0,55
	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto)		≥ 2 dB
	1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente)		
	0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)		
<b>Calor (BR)</b>	0,96	<b>C80</b>	0,99
	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s)		-2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB
	1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)		

**MEDICIÓN CON SISTEMA DE REFUERZO SONORO**

Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T20	1,31	1,35	1,72	1,42	1,31	1,40	1,24	1,56	1,71	1,73	1,68	1,74	1,91	1,94	1,95	1,83	1,76	1,54
C50	0,70	0,67	0,49	0,63	0,69	0,64	0,75	0,55	0,50	0,49	0,51	0,49	0,44	0,43	0,42	0,46	0,48	0,56
C80	1,33	1,27	0,90	1,18	1,32	1,20	1,44	1,03	0,91	0,89	0,93	0,89	0,78	0,77	0,76	0,83	0,87	1,04

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
Vivacidad (RTmid)	1,62	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	C50 0,55 ≥ 2 dB
Calor (BR)	0,82	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	C80 0,91 -2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB
Brillo (Br)	1,14	Br ≥ 0,87	STIPA [0,47 ; 0,66] ≥ STI 0,65 dB



Curva NC-35

**COMPONENTES DEL AUDITORIO**

COMPONENTE	MATERIAL
PISO	azulejos
PUERTAS	madera
TECHO	cielo falso
PAREDES LATERALES	cemento
PAREDES POSTERIORES	tablas MDF
BUTACAS	135 tapizadas
GRADERIOS	NO
ESCENARIO	azulejos
CORTINAS / TELONES	2 tela / NO
PASILLOS	azulejos

**OBSERVACIONES**

**Sistema de Refuerzo sonoro** Altavoz: THUMP, serie: TH-15A.

**RECOMENDACIONES**

El uso adecuado del auditorio Granados 1: sala polivalente.

## UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

**TESIS:** Caracterización acústica de los auditorios de la UDLA mediante modelos predictivos y mediciones in situ.

### DATOS DEL AUDITORIO

**Auditorio** Universidad de las Américas Sede Granados 2  
**Dirección** E12-41 y, Av. De los Granados & De Los Colimes, Quito  
**Ciudad** Quito  
**Nº butacas** 135

### FOTOGRAFÍA DEL AUDITORIO



Fotografía panorámica tomada desde la última fila de asientos, se puede observar el diseño del auditorio y la distribución entre zona de audiencia y escenario.

### PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetro	Cantidad (Unidades)	Parámetro	Cantidad (Unidades)
Largo promedio del Auditorio	13,2 m	Área del escenario	50,34 m <sup>2</sup>
Ancho promedio del Auditorio	12,22 m	Área de la audiencia	51,69 m <sup>2</sup>
Alto promedio del Auditorio	4,20 m	Volúmen aproximado de la sala	676,36 m <sup>3</sup>
Largo promedio del escenario	4,12 m	Distancia esc. al oyente mas alejado	12,3 m
Ancho promedio del escenario	12,22 m	Relación espacial en pasillos	1,27 m
Alto promedio del escenario	4,20 m	Relación espacial de accesos	2,25 m
Largo promedio de la audiencia	7,18 m		
Ancho promedio de la audiencia	7,2 m		
Alto promedio de la audiencia	4,20 m		

### PARÁMETROS ACÚSTICOS

#### MEDICIÓN *IN-SITU* CON FUENTE OMNIDIRECCIONAL

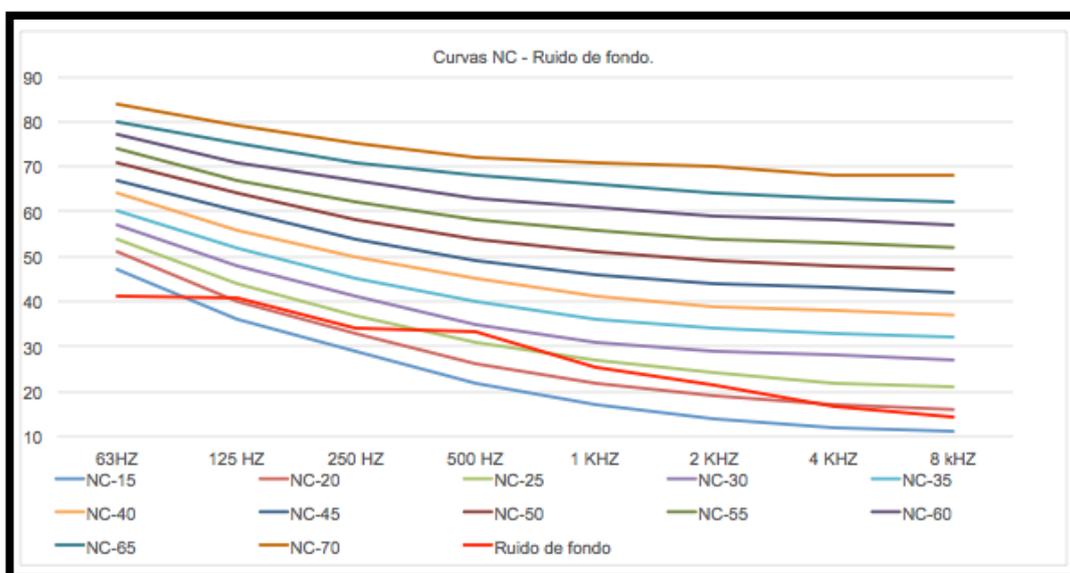
Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	1,44	1,89	2,12	2,00	1,27	1,68	1,49	1,57	1,58	1,69	1,80	1,72	1,74	1,63	1,60	1,51	1,44	1,30
<b>C50</b>	0,62	0,44	0,38	0,41	0,73	0,51	0,59	0,55	0,55	0,50	0,47	0,49	0,49	0,53	0,54	0,58	0,62	0,70
<b>C80</b>	1,16	0,79	0,68	0,74	1,39	0,93	1,10	1,02	1,01	0,92	0,85	0,90	0,89	0,97	0,99	1,08	1,16	1,34

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b> 1,69	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	<b>C50</b> 0,54	≥ 2 dB
<b>Calor (BR)</b> 0,93	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	<b>C80</b> 0,94	-2 ≤ C80(3) ≤ +2 dB
<b>Brillo (Br)</b> 0,91	Br ≥ 0,87	<b>STI</b> [0,25 ; 0,49]	≥ STI 0,65 dB

**MEDICIÓN CON SISTEMA DE REFUERZO SONORO**

<b>Frec [Hz]</b>	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	1,44	1,89	2,12	2,00	1,27	1,68	1,49	1,57	1,58	1,69	1,80	1,72	1,74	1,63	1,60	1,51	1,44	1,30
<b>C50</b>	0,54	0,56	0,41	0,35	0,40	0,87	0,58	0,64	0,44	0,44	0,45	0,42	0,40	0,40	0,42	0,46	0,56	0,65
<b>C80</b>	0,99	1,04	0,72	0,62	0,72	1,72	1,07	1,21	0,80	0,79	0,81	0,76	0,71	0,71	0,75	0,83	1,03	1,22

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b> 1,63	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	<b>C50</b> 0,49	≥ 2 dB
<b>Calor (BR)</b> 0,97	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	<b>C80</b> 0,91	-2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB
<b>Brillo (Br)</b> 1,11	Br ≥ 0,87	<b>STIPA</b> [0,41 ; 0,79]	≥ STI 0,65 dB



Curva NC-30

**COMPONENTES DE LA SALA**

COMPONENTE	MATERIAL
PISO	azulejos
PUERTAS	madera
TECHO	cielo falso
PAREDES LATERALES	cemento
PAREDES POSTERIORES	cemento
BUTACAS	135 tapizadas
GRADERIOS	NO
ESCENARIO	azulejos
CORTINAS / TELONES	2 tela / NO
PASILLOS	azulejos

**OBSERVACIONES**

**Sistema de Refuerzo sonoro** Altavoz: THUMP, serie: TH-15A.

**RECOMENDACIONES**

El uso adecuado del auditorio Granados 2: sala de conferencias o aula

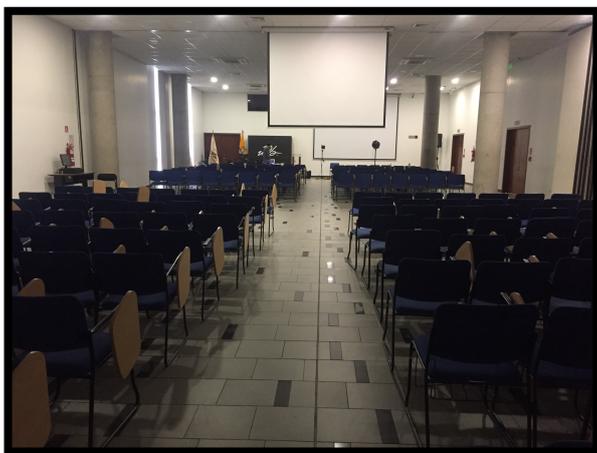
## UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

**TESIS:** Caracterización acústica de los auditorios de la UDLA mediante modelos predictivos y mediciones in situ.

### DATOS DEL AUDITORIO

**Auditorio** Universidad de las Américas Sede Granados completo  
**Dirección** E12-41 y, Av. De los Granados & De Los Colimes, Quito  
**Ciudad** Quito  
**Nº butacas** 270

### FOTOGRAFÍA DEL AUDITORIO



Fotografía tomada desde la última fila de asientos, se puede observar el diseño del auditorio y la distribución entre zona de audiencia y escenario.

### PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetro	Cantidad (Unidades)	Parámetro	Cantidad (Unidades)
Largo promedio del Auditorio	25,24 m	Área del escenario	49,73 m <sup>2</sup>
Ancho promedio del Auditorio	12,22 m	Área de la audiencia	112,77 m <sup>2</sup>
Alto promedio del Auditorio	4,20 m	Volúmen aproximado de la sala	1295,41 m <sup>3</sup>
Largo promedio del escenario	4,07 m	Distancia esc. al oyente más alejado	24,34 m
Ancho promedio del escenario	12,22 m	Relación espacial en pasillos	1,01 m
Alto promedio del escenario	4,20 m	Relación espacial de accesos	2,23 m
Largo promedio de la audiencia	15,24 m		
Ancho promedio de la audiencia	7,4 m		
Alto promedio de la audiencia	4,20 m		

### PARÁMETROS ACÚSTICOS

#### MEDICIÓN *IN-SITU* CON FUENTE OMNIDIRECCIONAL

Frec [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	1,63	2,74	1,98	2,34	1,56	1,36	1,51	1,54	1,64	1,69	1,87	1,96	1,93	1,85	1,76	1,60	1,54	1,38
<b>C50</b>	0,53	0,29	0,42	0,34	0,55	0,66	0,58	0,56	0,52	0,51	0,45	0,42	0,43	0,45	0,48	0,54	0,57	0,65
<b>C80</b>	0,97	0,50	0,75	0,60	1,03	1,25	1,08	1,04	0,96	0,93	0,81	0,76	0,77	0,82	0,87	1,00	1,05	1,23

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b>	1,71	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	<b>C50</b> 0,50 ≥ 2 dB
<b>Calor (BR)</b>	1,26	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s)	<b>C80</b> 0,89 -2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB

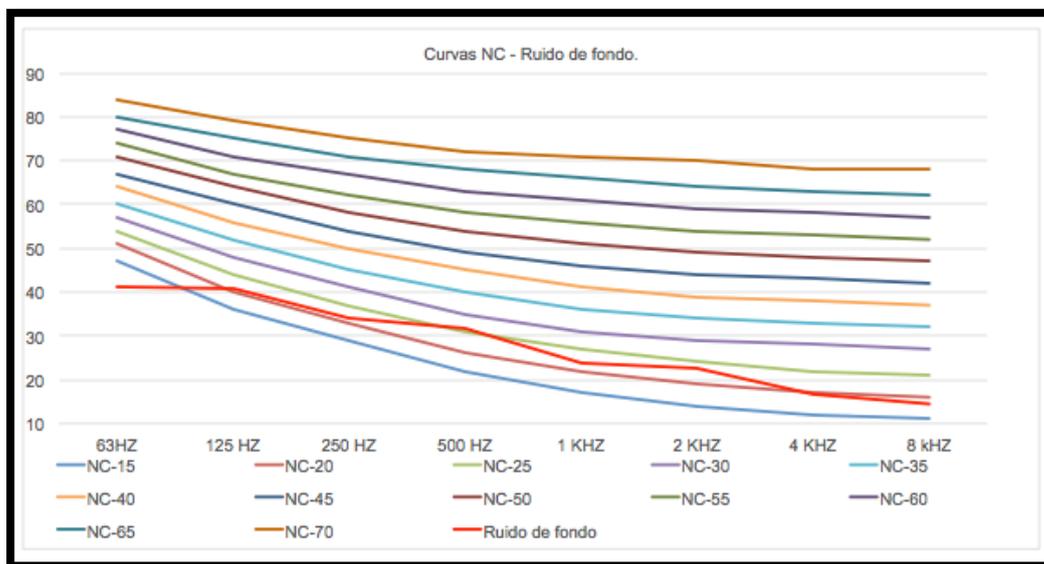
$$1,10 \leq BR \leq 1,45 \text{ (si RTmid} = 1,8 \text{ s)}$$

**Brillo (Br)** 0,99  $Br \geq 0,87$  **STI** [0,2 ; 0,7]  $\geq STI 0,65 \text{ dB}$

**MEDICIÓN CON SISTEMA DE REFUERZO SONORO**

<b>Frec [Hz]</b>	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<b>T20</b>	1,45	1,45	1,87	1,86	1,68	1,25	1,37	1,48	1,80	1,81	1,77	1,85	1,98	2,00	1,96	1,83	1,66	1,46
<b>C50</b>	0,61	0,61	0,45	0,45	0,51	0,74	0,65	0,59	0,47	0,46	0,48	0,45	0,42	0,41	0,42	0,46	0,52	0,60
<b>C80</b>	1,14	1,14	0,80	0,81	0,93	1,42	1,23	1,11	0,85	0,84	0,87	0,82	0,75	0,74	0,76	0,83	0,94	1,13

Valores obtenidos	Valores recomendados	Valores obtenidos	Valores recomendados
<b>Vivacidad (RTmid)</b> 1,63	1,8 ≤ RTmid ≤ 2 s (salas de concierto) 1,2 ≤ RTmid ≤ 1,5 s (sala polivalente) 0,7 ≤ RTmid ≤ 1,0 s (salas de conferencia)	<b>C50</b> 0,48	≥ 2 dB
<b>Calor (BR)</b> 0,96	1,10 ≤ BR ≤ 1,25 (si RTmid = 2,2 s) 1,10 ≤ BR ≤ 1,45 (si RTmid = 1,8 s)	<b>C80</b> 0,90	-2 ≤ C80(3) ≥ +2 dB
<b>Brillo (Br)</b> 1,13	Br ≥ 0,87	<b>STIPA</b> [0,45 ; 0,62]	≥ STI 0,65 dB



Curva NC-30

**COMPONENTES DEL AUDITORIO**

COMPONENTE	MATERIAL
PISO	azulejos
PUERTAS	madera
TECHO	cielo falso
PAREDES LATERALES	cemento
PAREDES POSTERIORES	cemento
BUTACAS	270 tapizadas
GRADERIOS	NO
ESCENARIO	azulejos
CORTINAS / TELONES	4 tela / NO
PASILLOS	azulejos

**OBSERVACIONES**

**Sistema de Refuerzo sonoro** Altavoz: THUMB , serie: TH-15A.

**RECOMENDACIONES**

El uso adecuado del auditorio Granados completo: sala de conferencias o aula.

## Anexos 2: Hoja de campo

HOJA DE CAMPO			N°	
Auditorio:	Fecha/Hora:	Ubicación:		
Tipo de ensayo:	Instrumentación:	Cond. Meteorológicas:		
Verificación de calibrador:		Temperatura:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Inicial:</li> <li>· Final:</li> </ul>		Humedad:		
Pend. inclinación del área de audiencia:	N° asientos/butacas: Aforo:	N° de técnicos:	Ocupado: Inocupado:	

Componentes del auditorio:	Materiales:
Piso	
Techo	
Paredes laterales	
Pared posterior	
Pared frontal	
Asientos / butacas	
Escenario	
Cortinas o telones	

<b>Puertas</b>	
<b>Graderios</b>	
<b>Pasillos.</b>	
<b>Otros</b>	

### **Metodología.**

**1. Identificación de los puntos de medición y sus combinaciones micrófono fuente.**

**Número de combinaciones:**

<b>Posición de la Fuente</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>

**2. Posicionamiento del punto respectivo de la fuente y el sonómetro y posterior medición del T60 (3 muestras en cada punto).**








**4. Marcar la posición del sonómetro en el suelo, fuente , talkbox**

**5. Repetir los pasos del 2 al 5 en el resto de combinaciones.**

**6. Mediciones Geométricas.**

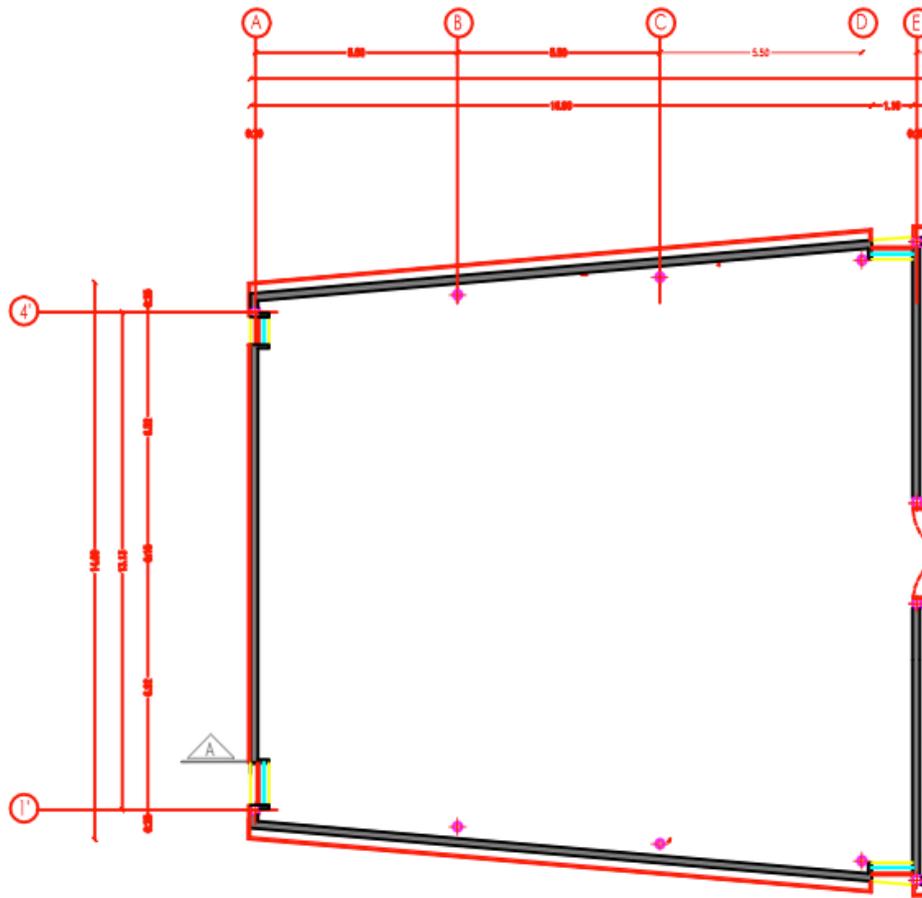
<b>Longitudes.</b>	<b>(m)</b>
<b>Ancho promedio de la audiencia</b>	
<b>Largo promedio de la audiencia</b>	
<b>Altura promedio de la audiencia</b>	
<b>Largo promedio del escenario.</b>	
<b>Altura promedio del escenario.</b>	
<b>Distancia del Escenario al oyente más remoto.</b>	

<b>Áreas</b>	<b>(m)</b>
<b>Área del escenario.</b>	
<b>Área total de la audiencia</b>	
<b>Áreas de la orquesta.</b>	

<b>Varios</b>	<b>(m)</b>
<b>Volumen total de la sala</b>	
<b>Relación espacial de pasillos.</b>	
<b>Relación espacial de accesos.</b>	
<b>Relación espacial de gradas.</b>	

### **7. Croquis y ubicación de puntos de medición.**

Auditorio de La Universidad de las Américas sede Querí.



### Simbología



Sonómetro



Fuente



Talkbox

**9. Observaciones.**


**Técnicos:**

José Andrés López

Estefanía Rodríguez

**Firma:**

**Firma:**

### Anexos 3: hojas de campo llenas

#### Anexo 3.1: hojas de campo llenas del auditorio Queri.

HOJA DE CAMPO			Nº 1
Auditorio: Sede Queri	Fecha/Hora: 30/03/2017	Ubicación: Calle Queri y Granados	
Tipo de ensayo: Medición	Instrumentación:	Cond. Meteorológicas:	
Verificación de calibrador: · Inicial: 93,8 · Final: 93,7		Temperatura: 14°C Humedad: 85%	
Pend. inclinación del área de audiencia:	Nº asientos/butacas: Aforo: 240	Nº de técnicos: 3	Ocupado: Inocupado: ✓

Componentes del auditorio:	Materiales:
Piso	azulejos
Techo	cielo falso
Paredes laterales	cemento
Pared posterior	cemento
Pared frontal	cemento
Asientos / butacas	240
Escenario	azulejos
Cortinas o telones	NO
Puertas	metal
Graderios	NO
Pasillos.	azulejos
Otros	NO

#### Metodología.

1. Identificación de los puntos de medición y sus combinaciones micrófono fuente.

Número de combinaciones:






4. Marcar la posición del sonómetro en el suelo, fuente , talkbox

5. Repetir los pasos del 2 al 5 en el resto de combinaciones.

6. Mediciones Geométricas.

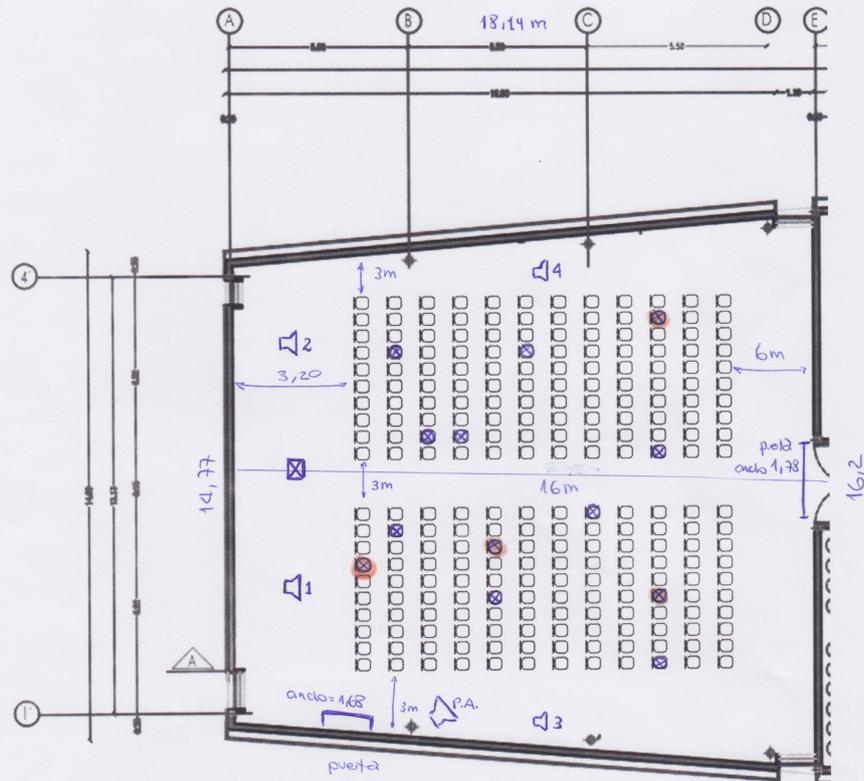
Longitudes.	(m)
Ancho promedio de la audiencia	9,1
Largo promedio de la audiencia	8,94
Altura promedio de la audiencia	3,76
Largo promedio del escenario.	14,77
Altura promedio del escenario.	3,76
Distancia del Escenario al oyente más remoto.	23,5

Áreas	(m)
Área del escenario.	47,26
Área total de la audiencia	81,35
Áreas de la orquesta.	47,26

Varios	(m)
Volumen total de la sala	931,57 m <sup>3</sup>
Relación espacial de pasillos.	2,4 entre sillas 2,0 entre paredes
Relación espacial de accesos.	1,78 ancho puerta
Relación espacial de gradas.	NO hay

### 7. Croquis y ubicación de puntos de medición.

Auditorio de La Universidad de las Américas sede Queri.



#### Simbología

⊗ Sonómetro

🔊 Fuente

⊠ Talkbox

**9. Observaciones.**

Se encontro ubicado en altura de MARCA: HAKIE (lado izquierdo)
serie 200A y una consola MARCA PROXIG

**Técnicos:**

José Andrés López

Firma:



Estefanía Rodríguez

Firma:



**Anexo 3.2: hojas de campo llenas del auditorio UDLA Park.**

Posición de la Fuente	Largo	Ancho	Alto
1	6,50	3,90	1,75
2	6,50	3,96	1,75

**2. Posicionamiento del punto respectivo de la fuente y el sonómetro y posterior medición del T60 (3 muestras en cada punto).**

Medición del T20 y T30									
Posición Dodecaedro	Fuente	P.A	Registro	Altura	Ancho	Largo	Asiento	Fila	Lado
1	/		758	1,2			1	1	centro
	/		759	1,25			3	4	centro
	/		760	1,16			2	8	derecho
	/		761	1,02			6	12	centro
	/		762	1,17			2	16	derecho
	/		763	1,15			4	8	centro
2	/		764	1,22			2	1	izquierdo
	/		765	1,20			2	7	izquierdo
	/		766	1,05			2	14	izquierdo
	/		767	1,10			1	10	izquierdo
	/		768	1,21			3	5	izquierdo
	/		769	1,12			6	1	izquierdo
	/		770	1,2			1	1	centro
	/		771	1,25			3	4	centro
	/		772	1,16			2	8	derecho
	/		773	1,02			6	12	centro
	/		774	1,17			2	16	derecho
	/		775	1,15			4	8	centro
	/		776	1,22			2	1	izquierdo
	/		777	1,20			2	7	izquierdo
	/		778	1,05			2	14	izquierdo
	/		779	1,10			1	10	izquierdo
	/		780	1,21			3	5	izquierdo
	/		781	1,12			6	1	izquierdo

**3. Considerando las posiciones anteriores del sonómetro añadimos la fuente Talkbox.**




4. Marcar la posición del sonómetro en el suelo, fuente , talkbox

5. Repetir los pasos del 2 al 5 en el resto de combinaciones.

6. Mediciones Geométricas.

Longitudes.	(m)
Ancho promedio de la audiencia	14,16
Largo promedio de la audiencia	15,92
Altura promedio de la audiencia	3,82
Largo promedio del escenario.	7,33
Altura promedio del escenario.	4,78
Distancia del Escenario al oyente más remoto.	18,27

Áreas	(m)
Área del escenario.	103,79
Área total de la audiencia	225,42
Áreas de la orquesta.	103,79

Varios	(m)
Volumen total de la sala	1850,73
Relación espacial de pasillos.	1,69 ancho
Relación espacial de accesos.	1,78 ancho paso 2,26 alto
Relación espacial de gradas.	

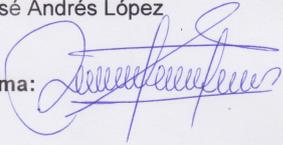


**9. Observaciones.**


**Técnicos:**

José Andrés López

Firma:



Estefanía Rodríguez

Firma:



## Anexo 3.3: hojas de campo llenas del auditorio Granados 1.

HOJA DE CAMPO		N° 3	
Auditorio: 1 Granados	Fecha/Hora: 4/10/2017	Ubicación: Granados y Colinas	
Tipo de ensayo: Medición	Instrumentación:	Cond. Meteorológicas:	
Verificación de calibrador: · Inicial: 93,8 · Final: 93,5		Temperatura: 16°C Humedad: 84%	
Pend. inclinación del área de audiencia: NO	N° asientos/butacas: Aforo: 135	N° de técnicos: 2	Ocupado: Inocupado: ✓

Componentes del auditorio:	Materiales:
Piso	azulejos
Techo	cielo falso
Paredes laterales	cemento
Pared posterior	tablas de MDF
Pared frontal	cemento
Asientos / butacas	135 asientos
Escenario	azulejo
Cortinas o telones	2 alto = 5,013 ancho = 1,13
Puertas	ancho 1,75    madera # (2) alto 2,10
Graderios	NO
Pasillos.	azulejos
Otros	NO

## Metodología.

1. Identificación de los puntos de medición y sus combinaciones micrófono fuente.

Número de combinaciones:



Muestras en posiciones Modo STI				
Registro	Asiento	Fila	P.A	Talkbox
0	7	1	✓	✓
1	7	1	✓	
2	7	1		✓
3	4	1	/	/
4	4	1	/	
5	4	1		/
6	1	1	/	/
7	1	1	/	
8	1	1		/
9	7	3	/	/
10	7	3	/	
11	7	3		/
12	4	3	/	/
13	4	3	/	
14	4	3		/
15	1	3	/	/
16	1	3	/	
17	1	3		/
18	7	5	/	/
19	7	5	/	
20	7	5		/
21	4	5	/	/
22	4	5	/	
23	4	5		/
24	1	5	/	/
25	1	5	/	
26	1	5		/
27	7	7	/	/
28	7	7	/	
29	7	7		/
30	4	7	/	/
31	4	7	/	
32	4	7		/
33	1	7	/	/
34	1	7	/	
35	1	7		/
36	7	9	/	/
37	7	9	/	
38	7	9		/
39	4	9	✓	/
40	4	9	/	
41	4	9		/

42	1	9	/	/
43	1	9	/	/
44	1	9	/	/

4. Marcar la posición del sonómetro en el suelo, fuente , talkbox

5. Repetir los pasos del 2 al 5 en el resto de combinaciones.

6. Mediciones Geométricas.

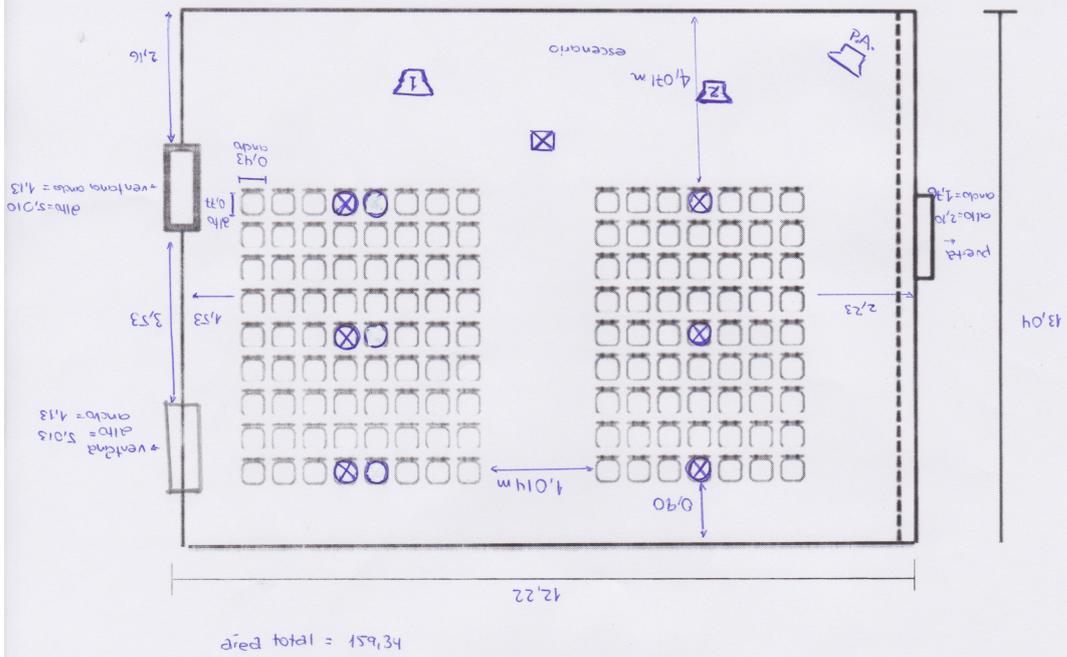
Longitudes.	(m)
Ancho promedio de la audiencia	7,45
Largo promedio de la audiencia	8,06
Altura promedio de la audiencia	4,2
Largo promedio del escenario.	12,22
Altura promedio del escenario.	4,2
Distancia del Escenario al oyente más remoto.	12,14

Áreas	(m)
Área del escenario.	49,74
Área total de la audiencia	60,04
Áreas de la orquesta.	49,74

Varios	(m)
Volumen total de la sala	669,26
Relación espacial de pasillos.	174. 2,23 m ceño 1,014 m dorso. 1,53 m
Relación espacial de accesos.	174. 2,23 dorso 1,53
Relación espacial de gradas.	NO

7. Croquis y ubicación de puntos de medición.

Auditorio 1 de La Universidad de las Américas sede Granados.



**Simbología**

-  Sonómetro
-  Fuente
-  Talkbox

**9. Observaciones.**

Se encuentra ubicado en altura MARCA THUMP serie TH-15A
a lado derecho.

**Técnicos:**

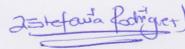
José Andrés López

Firma:



Estefanía Rodríguez

Firma:



## Anexo 3.4: hojas de campo llenas del auditorio Granados 2.

HOJA DE CAMPO		N° 4	
Auditorio: 2 de la Granados	Fecha/Hora: 4/05/2017	Ubicación: Granados y Colimes	
Tipo de ensayo: Medición	Instrumentación:	Cond. Meteorológicas:	
Verificación de calibrador: · Inicial: 93,8 · Final: 93,5		Temperatura: 16°C Humedad: 84%	
Pend. inclinación del área de audiencia: NO	N° asientos/butacas: Aforo: 135	N° de técnicos: 2	Ocupado: Inocupado: ✓

Componentes del auditorio:	Materiales:
Piso	azulejos
Techo	cielo falso
Paredes laterales	cemento
Pared posterior	cemento
Pared frontal	tablas de MDF
Asientos / butacas	135 asientos
Escenario	azulejos
Cortinas o telones	alto = 5,013 # (2) ancho = 1,13
Puertas	1 ancho = 1,76 madera alto = 2,10
Graderios	NO
Pasillos.	azulejos
Otros	NO

## Metodología.

1. Identificación de los puntos de medición y sus combinaciones micrófono fuente.

Número de combinaciones:

Muestras en posiciones Modo STI				
Registro	Asiento	Fila	P.A	Talkbox
0	7	1	✓	✓
1	7	1	✓	
2	7	1		✓
3	4	1	✓	✓
4	4	1	✓	
5	4	1		✓
6	1	1	✓	✓
7	1	1	✓	
8	1	1		✓
9	7	3	✓	✓
10	7	3	✓	
11	7	3		✓
12	4	3	✓	✓
13	4	3	/	
14	4	3		/
15	1	3	/	/
16	1	3	/	
17	1	3		/
18	7	5	/	/
19	7	5	/	
20	7	5		/
21	4	5	/	/
22	4	5	/	
23	4	5		/
24	1	5	/	/
25	1	5	/	
26	1	5		/
27	7	7	/	/
28	7	7	/	
29	7	7		/
30	4	7	/	/
31	4	7	/	
32	4	7		/
33	1	7	/	/
34	1	7	/	
35	1	7		/
36	7	9	/	/
37	7	9	/	
38	7	9		/
39	4	9	/	/
40	4	9	/	
41	4	9		/



42	7	9	/	/
43	7	9	/	
44	7	9		/

4. Marcar la posición del sonómetro en el suelo, fuente , talkbox

5. Repetir los pasos del 2 al 5 en el resto de combinaciones.

6. Mediciones Geométricas.

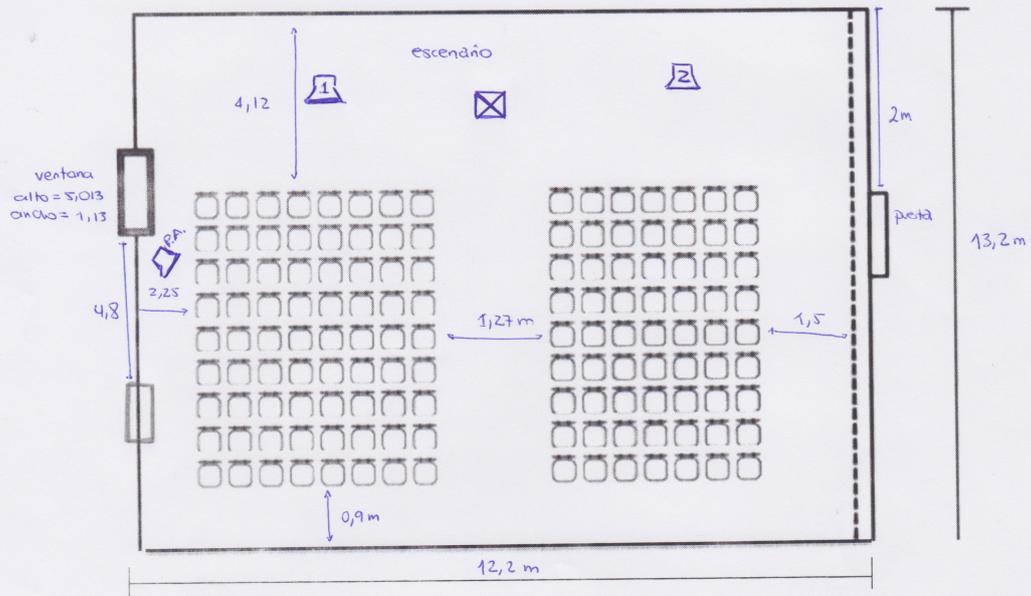
Longitudes.	(m)
Ancho promedio de la audiencia	7,2
Largo promedio de la audiencia	7,18
Altura promedio de la audiencia	4,2
Largo promedio del escenario.	12,22
Altura promedio del escenario.	4,2
Distancia del Escenario al oyente más remoto.	12,3

Áreas	(m)
Área del escenario.	50,34
Área total de la audiencia	51,69
Áreas de la orquesta.	50,34

Varios	(m)
Volumen total de la sala	676,36
Relación espacial de pasillos.	1,27
Relación espacial de accesos.	179 metros 2,25 de ancho 1,5
Relación espacial de gradas.	No

### 7. Croquis y ubicación de puntos de medición.

Auditorio 2 de La Universidad de las Américas sede Granados.



#### Simbología

-  Sonómetro
-  Fuente
-  Talkbox

9. Observaciones.

Se encuentra ubicado en altavoz Marca: THOMP serie: THSA
al lado izquierdo

Técnicos:

José Andrés López

Firma:



Estefanía Rodríguez

Firma:



## Anexo 3.5: hojas de campo llenas del auditorio Granados completo.

HOJA DE CAMPO			Nº 5
Auditorio: Granados Completo	Fecha/Hora: 11/03/2017	Ubicación: Granados y Colimes	
Tipo de ensayo: Medición	Instrumentación:	Cond. Meteorológicas:	
Verificación de calibrador:		Temperatura: 14°C	
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Inicial: 93,4</li> <li>· Final: 93,4</li> </ul>		Humedad: 86%	
Pend. inclinación del área de audiencia:	Nº asientos/butacas: Aforo: 270 asientos	Nº de técnicos: 2	Ocupado: Inocupado: ✓

Componentes del auditorio:	Materiales:
Piso	azulejos
Techo	cielo falso
Paredes laterales	cemento
Pared posterior	cemento
Pared frontal	cemento
Asientos / butacas	270
Escenario	azulejos
Cortinas o telones	4 (4) alto = 3,013 ancho = 1,13
Puertas	madera alto = 1,75 ancho = 2,10 madera # (3)
Graderios	NO
Pasillos.	azulejos
Otros	NO

## Metodología.

1. Identificación de los puntos de medición y sus combinaciones micrófono fuente.

Número de combinaciones:

Posición de la Fuente	Largo	Ancho	Alto
1	1,60	3,60	1,75
2	1,42	3,39	1,75

2. Posicionamiento del punto respectivo de la fuente y el sonómetro y posterior medición del T60 (3 muestras en cada punto).

Medición del T20 y T30									
Posición Dodecaedro	Fuente	P.A	Registro	Altura	Ancho	Largo	Asiento	Fila	Lado
1	✓		345	1,16	4,0	3,67	4	1	izquierdo
	✓		346	1,21	4,0	7,40	4	5	izquierdo
	✓		347	1,15	4,0	13	4	10	izquierdo
	✓		348	1,20	4,0	20	4	14	izquierdo
	✓		349	1,13	4,0	24	4	18	izquierdo
	✓		350	1,13	9	3,67	4	1	derecho
	✓		351	1,10	9	7,40	4	5	derecho
	✓		352	1,15	9	13	4	10	derecho
	✓		353	1,06	9	20	4	14	derecho
	✓		354	1,10	9	24	4	18	derecho
2	✓		355	1,13	9	3,67	4	1	derecho
	✓		356	1,10	9	7,40	4	5	derecho
	✓		357	1,15	9	13	4	10	derecho
	✓		358	1,06	9	20	4	14	derecho
	✓		359	1,10	9	24	4	18	derecho
	✓		360	1,16	4	3,67	4	1	izquierdo
	✓		361	1,21	4	7,40	4	5	izquierdo
	✓		362	1,15	4	13	4	10	izquierdo
	✓		363	1,20	4	20	4	14	izquierdo
	✓		364	1,13	4	24	4	18	izquierdo

3. Considerando las posiciones anteriores del sonómetro añadimos la fuente Talkbox.

Muestras en posiciones Modo STI				
Registro	Asiento	Fila	P.A	Talkbox
0	6	1	✓	✓
1	6	1	✓	
2	6	1		✓
3	3	1	✓	✓
4	3	1	✓	
5	3	1		✓
6	6	3	✓	✓
7	6	3	✓	
8	6	3		✓
9	3	3	✓	✓
10	3	3	✓	
11	3	3		✓
12	6	6	✓	✓
13	6	6	✓	
14	6	6		✓
15	3	6	✓	✓
16	3	6	✓	
17	3	6		✓
18	6	9	✓	✓
19	6	9	✓	
20	6	9		✓
21	3	9	✓	✓
22	3	9	✓	
23	3	9		✓
24	2	12	✓	✓
25	2	12	✓	
26	2	12		✓
27	6	12	✓	✓
28	6	12	✓	
29	6	12		✓
30	2	15	✓	✓
31	2	15	✓	
32	2	15		✓
33	6	15	✓	✓
34	6	15	✓	
35	6	15		✓
36	2	18	✓	✓
37	2	18	✓	
38	2	18		✓
39	6	18	✓	✓
40	6	18	✓	
41	6	18		✓


4. Marcar la posición del sonómetro en el suelo, fuente , talkbox

5. Repetir los pasos del 2 al 5 en el resto de combinaciones.

6. Mediciones Geométricas.

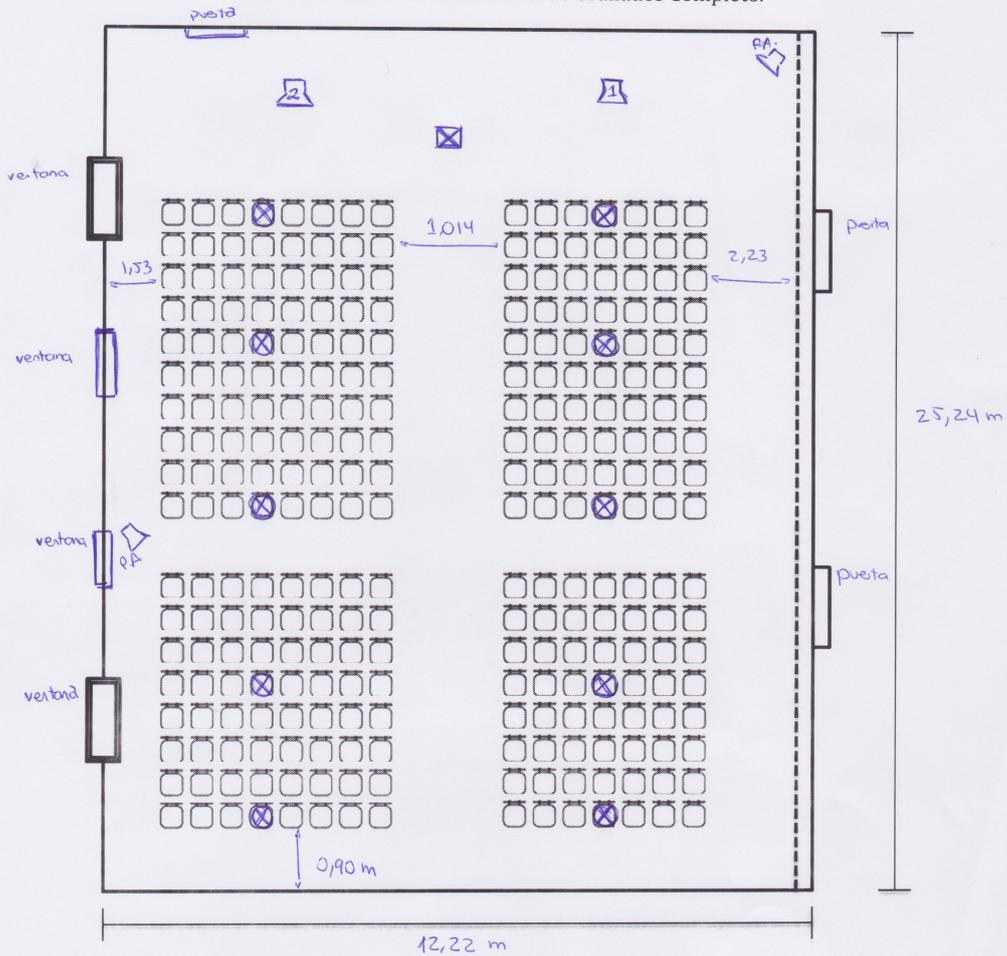
Longitudes.	(m)
Ancho promedio de la audiencia	7,4
Largo promedio de la audiencia	15,24
Altura promedio de la audiencia	4,2
Largo promedio del escenario.	12,22
Altura promedio del escenario.	4,2
Distancia del Escenario al oyente más remoto.	24,34

Áreas	(m)
Área del escenario.	49,74
Área total de la audiencia	111,73
Áreas de la orquesta.	49,74

Varios	(m)
Volumen total de la sala	1.295,41 m
Relación espacial de pasillos.	1,014 m
Relación espacial de accesos.	írea. 2,23 deech. 1,153
Relación espacial de gradas.	NO

7. Croquis y ubicación de puntos de medición.

Auditorio de La Universidad de las Américas sede Granados Completo.



Simbología

-  Sonómetro
-  Fuente
-  Talkbox

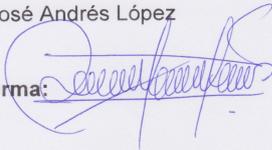


9. Observaciones.

Los altavoces ubicados son de MARCA: TAOHP serie: TH-15A

Técnicos:

José Andrés López

Firma: 

Estefanía Rodríguez

Firma: 