

## DISEÑO ACUSTICO Y AUDIOVISUAL PARA AUDITORIO DE LA UNIVERSIDAD DEL BIO BIO, CONCEPCION, CHILE.

### “CONGRESO ACÚSTICA 2012”

**Ricardo A. González Sanlés**

A&G Tecnología Ltda.

(rgs@aygtecnologia.cl)

#### **Resumen:**

El fundamento del proyecto fue proporcionar un espacio dedicado a las artes elementales, conferencia audiovisual, oratoria y ceremonias académicas de graduación.

El objetivo principal del recinto fue lograr el más alto nivel de inteligibilidad de la palabra utilizando elementos constructivos de uso común pero buscando siempre el diseño más compatible entre fundamentos de diseño arquitectónico y presupuesto asignado, mantener el origen de los mismos sin invadir su diseño con elementos acústicos transgresores. Dentro de este objetivo de la inteligibilidad, se evaluaron criterios de ruido de fondo esperados ante los eventos circundantes al espacio definido para la construcción del edificio, obteniendo de esta forma la composición de la techumbre y los muros perimetrales en función de la emisión e inmisión de ruido.

**Palabras Clave:** Reverberación, Pérdida de Consonantes, Inteligibilidad de la palabra, Categoría de transmisión sonora, índice ponderado de reducción sonora, Modos Normales de vibración del aire.

#### **Abstract:**

The scope of this project was to provide a space for elementary arts, audiovisual conference, speech and academic graduation ceremonies.

The main objective was to achieve the highest level of speech intelligibility using common building materials out of the boundaries of specialist acoustic materials, but always looking for more support from foundations of architectural design within the budget. Within this objective the intelligibility was assessed in front of background noise criteria expected from the events surrounding the space defined for the construction of the building, thereby defining the composition of the roof, external walls and doors, depending of the emission and immission noise.

**Keywords:** Reverb, Loss of Consonants, Speech intelligibility, Sound Transmission Class, Weighted sound reduction index, Standing Waves.

**PACS no. 43.55.Fw**

## 1 Introdução

El presente documento resume el procedimiento y los criterios utilizados para obtener un grado de inteligibilidad de la palabra sobre el 85% en el Auditorio de la Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile. La búsqueda de materiales convencionales, la fabricación de elementos acústicos propios y el uso de materiales seleccionados por sus propiedades para obtener un aislamiento a los ruidos exteriores, guiaron los criterios acústicos y electroacústicos como fundamento para reducir los costos.

## 2 Estimación de los parámetros acústicos

### 2.1 Fundamentos de diseño por Ruido, Reverberación y aislamiento acústico global.

El modelo construido en el software EASE y Complex Array 2 (CADP2), nos permitió evaluar las opciones en cuanto a los revestimientos interiores de la sala, de acuerdo a nuestra experiencia y a los requerimientos del Arquitecto. El principal desafío que se nos presentó fue el presupuesto asignado para 01 sala Auditorio (300 personas), sala de reuniones (90 personas), 02 oficinas, 01 cocina y dos áreas de servicios higiénicos.

Para la Sala Auditorio lo primero que evaluamos fue el nivel de ruido ambiente exterior. El campus Concepción de la universidad cuenta con una Plaza para actividades de las federaciones de estudiantes quienes constantemente realizan actos con música en vivo emitiendo y promediando un nivel de ruido de fondo cercano a 90 dbA con una inmisión directa sobre el área de emplazamiento del edificio de 60 dbA. Al definir los materiales buscamos obtener con la sala vacía un tiempo de reverberación máximo de 1,0 segundo y con la audiencia total un tiempo de 0,55 segundos en promedio.

Tabla N 1 – Tiempos de reverberación según la audiencia por ecuación Sabine.

<b>Audiencia en porcentaje</b>	<b>125 Hz</b>	<b>250 Hz</b>	<b>500 Hz</b>	<b>1000 Hz</b>	<b>2000 Hz</b>	<b>4000 Hz</b>
5%	1,19	0,65	0,63	0,6	0,71	0,76
10%	1,17	0,64	0,62	0,59	0,69	0,75
25%	1,09	0,62	0,57	0,55	0,66	0,71
50%	1,01	0,59	0,56	0,53	0,61	0,66
75%	0,94	0,56	0,53	0,50	0,57	0,61
100%	0,88	0,53	0,51	0,48	0,52	0,57

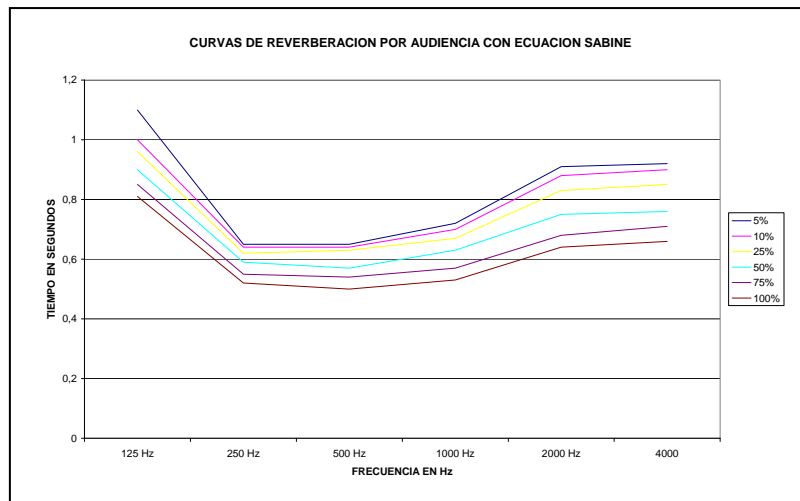


Figura 1 – Curvas de Reverberación Estimadas según audiencia.

Luego de analizar las curvas de reverberación obtenidas, estimamos para nuestro diseño de aislamiento una Curva de Criterio de Ruido 40 (NC40).

Para determinar el nivel de aislamiento global necesario para dicha curva utilizamos el software Insul versión 6.3, el cual arrojó los siguientes resultados.

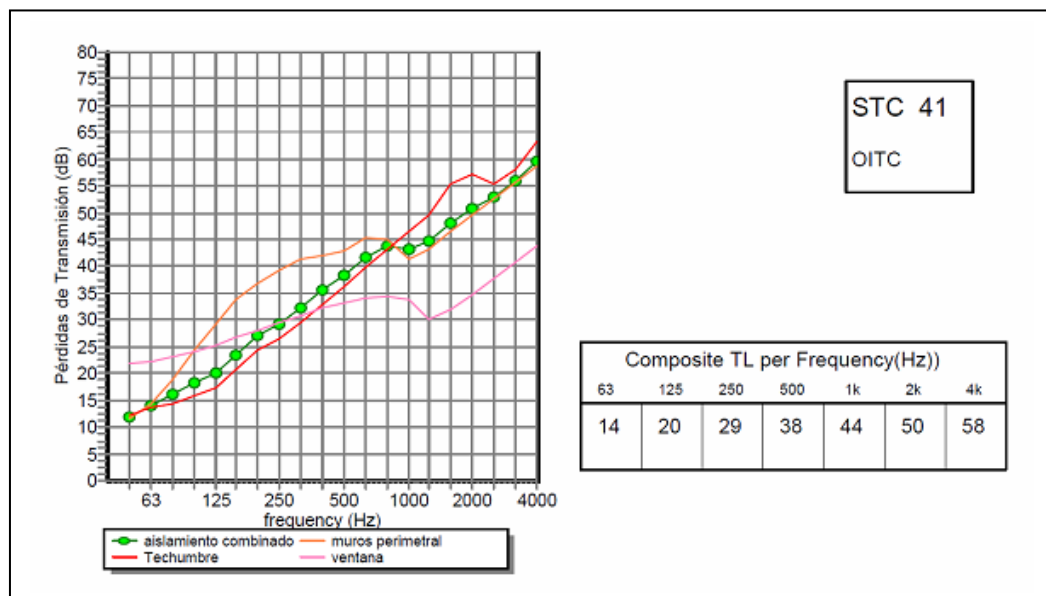


Figura 2 – Aislamiento Compuesto Estimado

Uno de las particiones más relevantes es el muro perimetral, buscamos la distribución de las áreas de servicios con el objetivo de insertar espacios que al momento de desarrollar actividades no estuvieran en uso, manteniendo el aislamiento perimetral reduciendo el peso por unidad de área.

## 2.2 Análisis de Reflexiones.

El software de modelación permitió determinar el libre camino medio de las reflexiones hasta tercer orden. Se desarrolló un ábaco para evaluar el comportamiento general del recinto, en el área de la audiencia, en función del tiempo y nivel de las reflexiones. El Abaco muestra un promedio de puntos de recepción para la frecuencia de 2000 Hertz. En él, se da cuenta de una pequeña porción de reflexiones producidas en forma posterior a los 30 milisegundos con una intensidad inferior a -10 decibeles, lo que permite su discriminación sobre todo para aplicaciones de Piano sin reforzamiento sonoro. Los efectos finales son perceptibles para audición con entrenamiento y experiencia, al común del espectador despreocupado por la resolución acústica y su sonoridad no representa un grave problema. Para el segmento del escenario no se presenta este pequeño defecto debido al uso de difusores y superficies convexas.

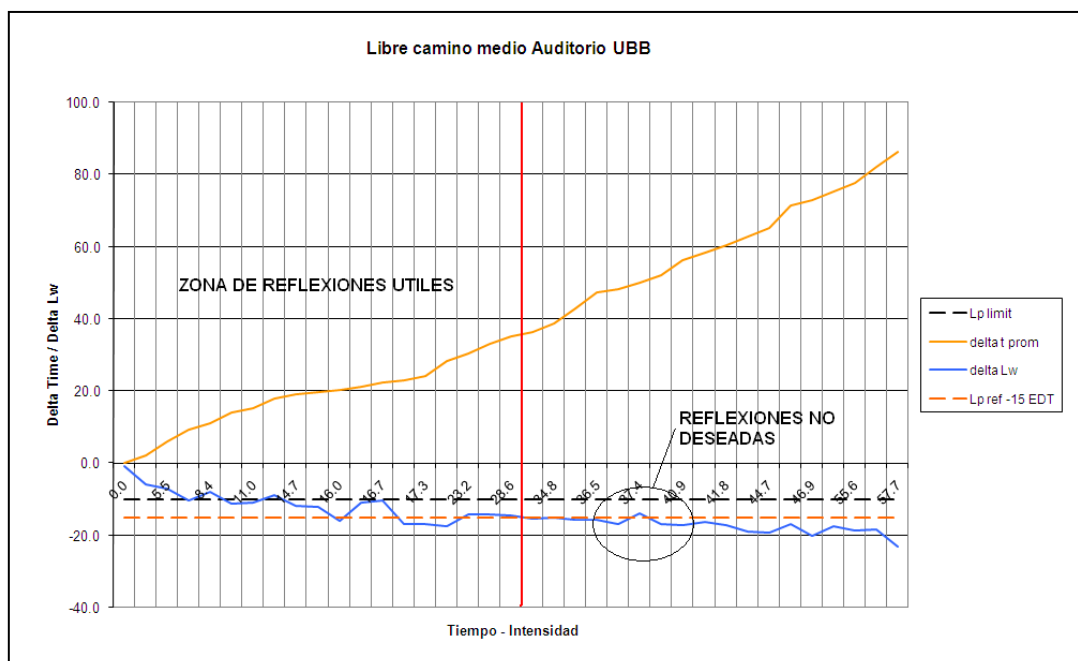


Figura 3 – Análisis de Libre Camino Medio

La solución a ello sería el diseño y aplicación del difusores en el cielo raso para frecuencias medias altas, sin baffles, el área de la sala no sugiere absorción a bajas frecuencias, todo lo contrario, se busca mantener un Tiempo de Reverberación un poco más alto en el segmento para tener una sensación espacial más completa, de forma de no connotar la falta volumen y la consecuente restricción en el rango y respuesta de frecuencia.

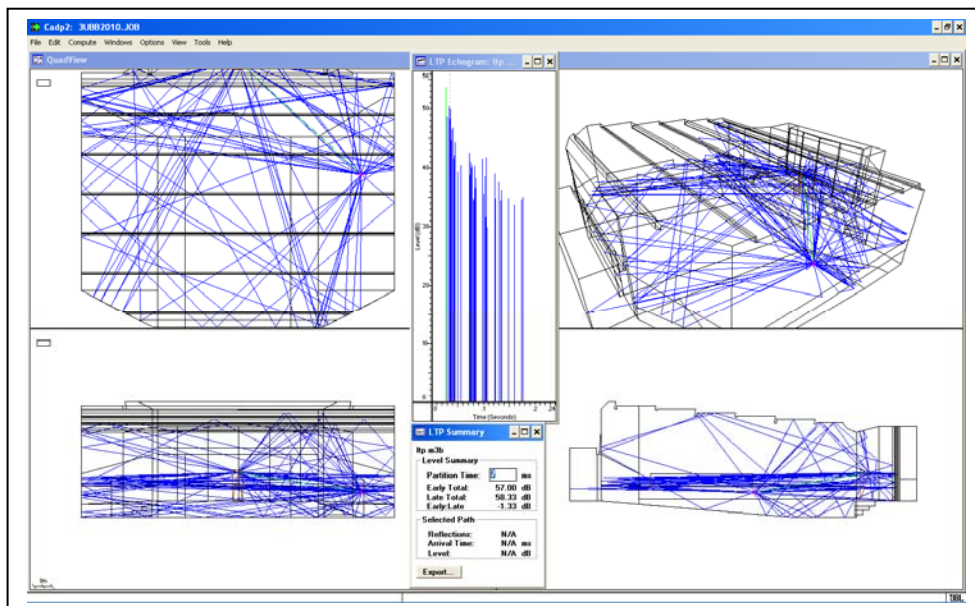


Figura 4 – Libre Camino Medio

La modelación tridimensional nos permite ver el comportamiento del recinto bajo criterios fundamentales, como lo son la distribución sonora del campo directo, campo reflejado y la razón entre ambos.

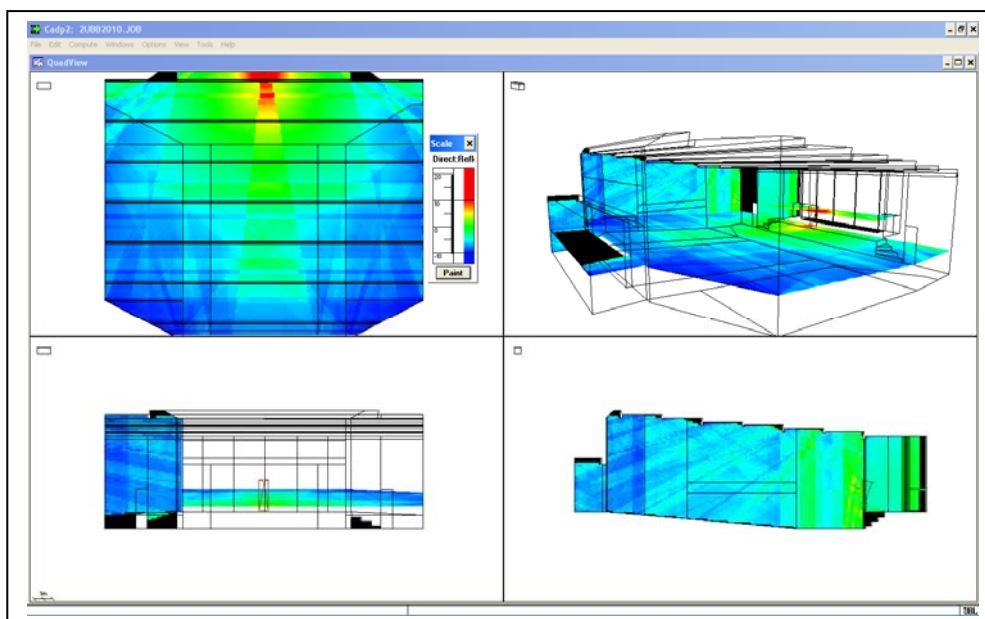


Figura 5 – Razón entre Campo Directo y Reflejado

Podemos ver claramente las reflexiones de campo directo y campo reverberante para el caso de un orador. La zona sobre 0 decibel representa el sonido directo y la zona bajo 0 decibel representa el campo reverberante. Recibir reflexiones laterales de campo reverberante permite ampliar la sensación espacial de un recinto, se percibe más ancho.

La distribución Sonora estimada para un sistema de altavoces de dos vías fue la siguiente:

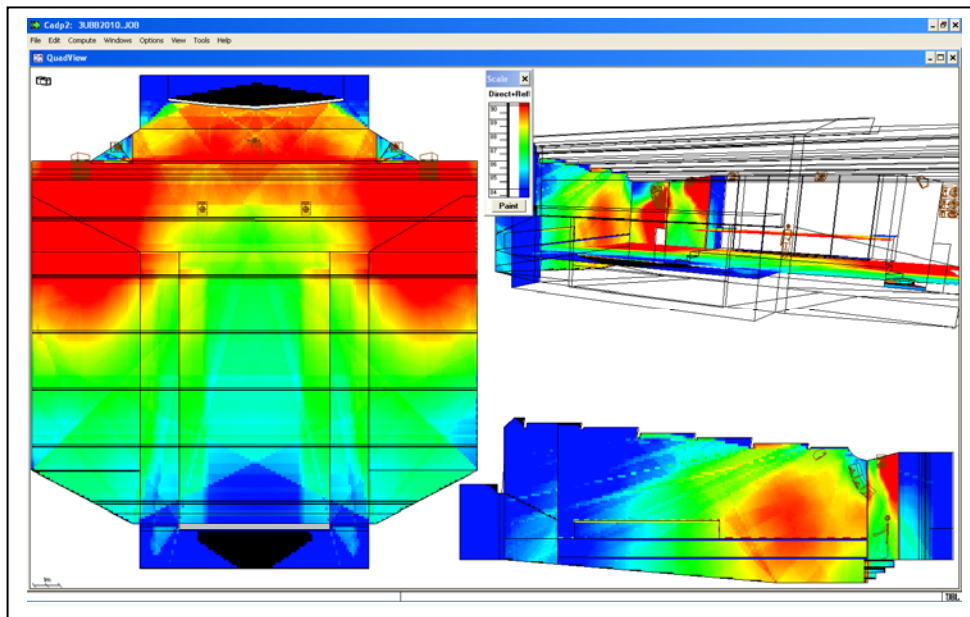


Figura 6 – Distribución Sonora en 6 dB

### 2.3 Estimación del Porcentaje de Pérdida de Consonantes.

El porcentaje de pérdida de consonantes establece un criterio de calificación “bueno” para un recinto con una pérdida máxima de un 15%, para esta sala en particular el máximo fue de 6%, calificándola en el rango de excelente. Este parámetro se determina en relación al tiempo de reverberación del recinto a 2000 Hz.-

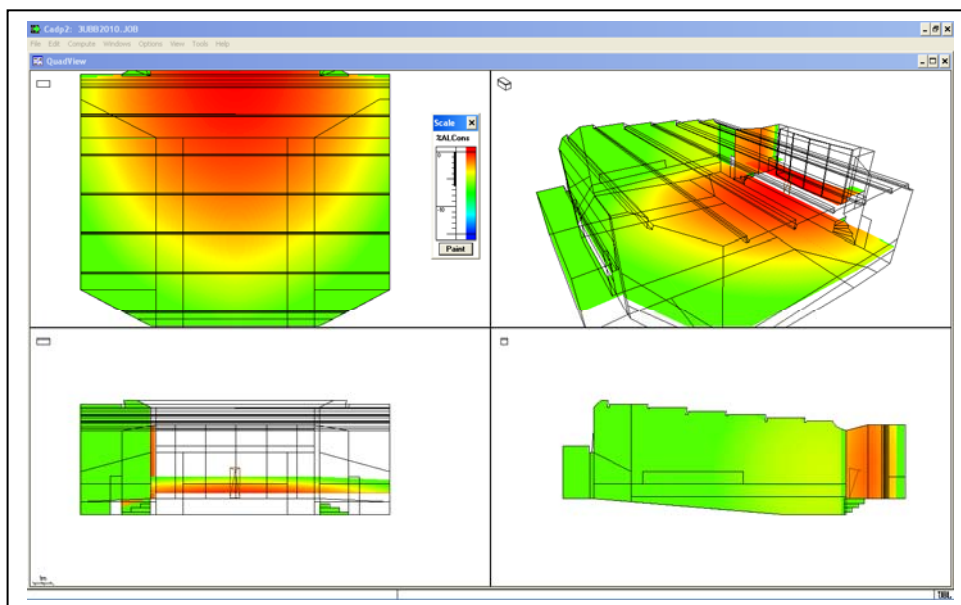


Figura 7 – Pérdida de Consonantes con escala entre 0 a 15%

## 2.4 Cálculo de la Distribución de los Modos Normales de Vibración del Aire.

Para el cálculo de las frecuencias modales, utilizamos la ecuación:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{nx}{lx}\right)^2 + \left(\frac{ny}{ly}\right)^2 + \left(\frac{nz}{lz}\right)^2} \text{ Hertz} \quad (1).$$

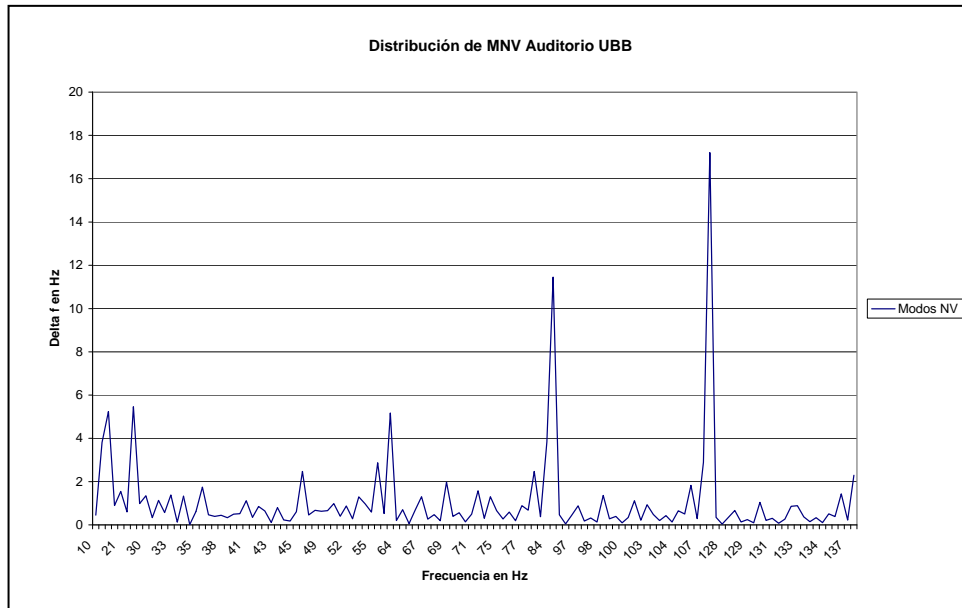


Figura 8 – Distribución de las frecuencias modales

Frecuencias modales críticas = 24 Hz y 31 Hertz.

Rango de modos Normales: 30 a 50 Hertz

Zona de difusión: 40 a 200 Hertz

Criterio de Reverberación óptima: incremento de la curva en el rango de modos normales, se establece Densidad Modal aceptable, los modos inapropiados se producen en frecuencias que no serán emitidas por el sistema de audio.

No se consulta la aplicación de resonadores unitarios de Helmholtz.

Se consulta difusor del tipo RPG o Skyline en muros de fondo y de residuo cuadrático en laterales.

## 2.5 Descripción de Revestimientos y Difusores. ( ver Anexo 1)

Escenario: superficie de fondo convexa, cielos con pendiente negativa, difusor convexo para primeras filas, muros laterales asimétricos para distribución de ondas estacionarias. Todo revestido con placas de yeso cartón.

Muros laterales: línea base a la altura de los auditores compuesta por difusores de residuo cuadrático, en el rango de mayor reflexión de las placas de yeso cartón utilizadas en la sala. Línea inferior a los difusores en hormigón revestido con tablero de partículas, línea superior a los difusores revestida con tableros de partículas enchapada en Coihue (*Nothofagus dombery*).

Muros de Fondo: revestimiento de tablero de partículas enchapada en Coihue, inserción de difusor RPG o skyline.

Cielo Raso: vigas laminadas y placas de yeso cartón.

Piso: alfombra bouclé 570 grs/m<sup>2</sup>:

Butacas: marca Bash Serie 200.

## 2.6 Sistema de audio y video:

01 Consola Digital Phonic Summit 16 canales.

02 Altavoz Public Address JBL modelo PRX 612M

02 Altavoz Monitor de piso DB Technologie modelo CROMO 12

02 Micrófonos inalámbricos hand held marca MIPRO modelo MH801A

01 Micrófono inalámbrico lavalier marca MIPRO modelo MR801

06 Micrófonos marca Sennheiser modelo E835

01 Proyector marca ViewSonic modelo PJ 560D

01 Telón Data Lite 200 pulgadas.

## 2.7 Conclusiones:

El resultado obtenido finalmente fue un tiempo de reverberación con sala vacía de 0,71 segundos, el nivel de presión sonora promedio con distorsión bajo el 2% fue de 99 decibeles A y su grado de inteligibilidad por debajo del 8% de pérdida.

La sala presenta un alto grado de definición que le permite aplicaciones de oratoria sin refuerzo sonoro con la sala a plena capacidad.

El uso de difusores de residuo cuadrático mejora ostensiblemente la difusión en los segmentos de audiencia lateral generando el efecto buscado, que las frecuencias medias altas no tomen la misma dirección reduciendo el paralelismo al orientar en forma vertical y horizontal los mismos.

El uso de difusores en la línea de fondo,



2.8 Anexo 1.

