



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE ARQUITECTURA

TALLER EHECATL 21

**Adecuación y materiales acústicos empleados en  
un cuarto de música en las oficinas corporativas  
para la empresa Google, ubicada en la Calle  
Montes Urales, Col. Lomas de Chapultepec, Ciudad  
de México**

Reporte profesional que para obtener el título  
de Arquitecto presenta:

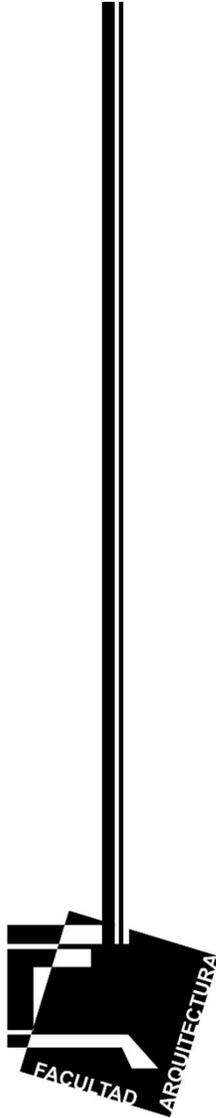
**ISMAEL HERRERA GOMAR**

ASESORES:

ARQ. OSCAR ROSENDO PORRAS RUIZ

ARQ. GERMÁN SIERRA LARA

MTRO. OSCAR ALEJANDRO SANTA ANA DUEÑAS



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## Índice

Agradecimientos

Prólogo ..... pp. 1

Introducción ..... pp. 3

### **CAPITULO 1 – Análisis Teórico**

1.1 Acústica arquitectónica (Artículo de Wikipedia) ..... pp. 4

1.2 Arquitectura orgánica (García Maldonado Andrea) ..... pp. 12

1.3 Acústica arquitectónica (Saad Eljure Eduardo) ..... pp. 14

1.4 Normatividad ..... pp. 16

### **CAPITULO 2 – Experiencia Laboral**

2.1 Generadores ..... pp. 28

2.2 Formación como superintendente de obra ..... pp. 32

2.3 Líder de proyecto ..... pp. 35

2.4 Estudio de caso - Adecuación y materiales acústicos empleados en un cuarto de música en las oficinas corporativas para la empresa Google, ubicada en la Calle Montes Urales, Col. Lomas de Chapultepec, Ciudad de México ..... pp. 39

2.4.1 Introducción ..... pp. 39

2.4.2 Dirección general ..... pp. 39

2.4.3 Departamento de Ventas ..... pp. 40

2.4.4 Gerencia de Costos ..... pp. 40

2.4.5 Área Legal ..... pp. 41

2.4.6 Recursos Materiales ..... pp. 41

2.4.7 Crédito y cobranza ..... pp. 41

2.4.8 Área de obra ..... pp. 41

2.4.8.1 Inicio ..... pp. 41

2.4.8.1.1 Visita al lugar ..... pp. 41

2.4.8.1.2 Diseño esquemático ..... pp. 42

2.4.8.1.3 Documento de requerimientos ..... pp. 42

2.4.8.1.4 Programa preliminar ..... pp. 42

2.4.8.1.5 Presupuesto paramétrico ..... pp. 43

2.4.8.1.6 Propuesta de contratistas ..... pp. 43

2.4.8.1.7 Asignación de responsables ..... pp. 43

2.4.8.2 Planeación ..... pp. 43

2.4.8.2.1 Catálogo de conceptos ..... pp. 43

2.4.8.2.2 Proyecto ejecutivo ..... pp. 43

2.4.8.2.3 Firma de contrato ..... pp. 43

2.4.8.2.4 Trámites y permisos (Sindicato) ..... pp. 43

2.4.8.2.5 Oficina provisional de obra ..... pp. 44

2.4.8.2.6 Selección de proveedores y materiales ..... pp. 44

2.4.8.2.7 Programa base conciliado ..... pp. 44

2.4.8.2.8 Presupuesto base ..... pp. 45

2.4.8.2.9 Flujo de cobro con cliente ..... pp. 46

2.4.8.2.10 Programa de suministros ..... pp. 46

2.4.8.2.11 Cotizaciones proveedores y contratistas ..... pp. 46

2.4.8.2.12 Alta en el IMSS ..... pp. 46

2.4.8.2.13 Integración del equipo ..... pp. 46

2.4.8.2.14 Bitácora .....	pp. 46
2.4.8.2.15 Elaboración del plan de riesgos .....	pp. 46
2.4.8.2.16 Plan de seguridad e higiene .....	pp. 47
2.4.8.3 Ejecución .....	pp. 48
2.4.8.4 Entrega .....	pp. 52

### **CAPITULO 3 – A modo de conclusiones**

Conclusiones Generales .....	pp. 53
Aportaciones y recomendaciones .....	pp. 53
Bibliografía .....	pp. 55

La inclinación y gusto que tuve por la arquitectura ha estado siempre presente, directa o indirectamente, ya que considero siempre he tenido facilidad por el ámbito espacial y el logro por todo tipo de intervenciones que tengan un objetivo de diversos usos para las necesidades de las personas.

Desde niño tuve el interés de construir mis propios juegos. Con el material de construcción que se ocupaba para la edificación de la casa de mis padres, construía mis propias pistas de carreras, creando caminos y túneles; mezclando agua y arena. A mis 12 años para mí era muy inquietante ver como preparaban la mezcla los albañiles, recuerdo en específico el colado de concreto para el firme del patio de servicio, ahí teniendo el cemento, la arena, la grava me acercaba y pedía ayudarlos, fue entonces que comencé a conocer las verdaderas propiedades de los materiales de construcción. Recuerdo también que en casa ayudaba a mi padre con las diversas labores, como cortar el pasto del jardín, con esa podadora que generalmente teníamos que arreglar porque siempre solía estar oxidada, o pintar los muros de la casa, no sin antes resanar los huecos que pudieran tener, colocar tendedores perforando con taquetes expansivos los muros para que tuvieran buena resistencia por el peso de la ropa y usando tornillos con gancho, impermeabilizar la azotea, arreglar el sapo del tanque de agua del WC, destapar y limpiar de sarro las perforaciones de la regadera, saber cambiar focos fundidos, conectar el refrigerador tanto a una distribución de agua como a la energía eléctrica, el saber y no tener miedo al funcionamiento del suministro de gas, como encender el calentador y sin fin de tareas en las que me veía obligado a conocer todo lo que vendían en la tlapalería y saber para que se utilizaba cada cosa. Todo ello me fue acercando a conocer sobre técnicas, herramientas y materiales que son básicos para crear todo lo relacionado a nuestras necesidades.

Cuando tenía entre siete y diez años aproximadamente, visitábamos a mis abuelos, ahí se encontraba el taller de carpintería de mi abuelo, era mi lugar favorito, pasaba horas viendo lo que construía y al mismo tiempo servía de ayudante. Aprendí la función de cada herramienta. También aprendí a crear un material plástico derritiendo los carretes de películas viejas y un solvente, para después cubrir los mangos de los utensilios de cocina de mi abuela. El hecho de jugar con mis primos y estar corriendo o jugando a las escondidas me ayudaba a conocer cada espacio en la casa, mentalizaba el acomodo de cada área, aparentemente estaba jugando pero ahora que lo analizo, tengo en mente y podría dibujar a la perfección la planta arquitectónica de la casa de mis abuelos, sin la necesidad de volver a visitar ese lugar.

Durante mi adolescencia mis padres procuraban llevarnos a conocer muchos lugares, en los recorridos en el auto yo siempre iba observando y preguntando todo, me llamaba mucho la atención la ciudad, como se movía la gente, ir viendo lo diferentes que eran las calles y zonas en la ciudad, disfrutaba observar y analizar toda clase de edificios, los muy altos o las casas pequeñas, disfrutaba ir a museos y recuerdo específicamente la cubierta del museo de antropología e historia, lo que se logra dentro de ese patio, el hecho de ir recorriendo cada una de las salas e ir saliendo de ellas a ese espacio abierto con un humedal central donde había peces, hacía que el recorrido no fuera tan tedioso y cada vez te interesaras más por ver que seguía en la siguiente sala. Cuando salíamos de la ciudad y nos hospedábamos en hoteles, recuerdo que lo primero que hacía era recorrerlo por completo para averiguar los servicios que ofrecía el lugar, si había canchas de tenis, cuantas albercas

había y en donde estaban, en donde quedaba la máquina que suministraba los hielos, memorizaba donde estaban y el fin de ello era llevar a toda mi familia a conocerlo.

Aproveché las clases de dibujo técnico que tomaba en la secundaria para dibujar todo edificio que me gustara, jugaba con formas geométricas y las plasmaba en el papel. Ahí conocí las escuadras, el escalímetro, el compás, el transportador. Recuerdo que me gustaba ir a la papelería y escoger entre la cantidad de blocks que había con los diferentes tipos de papel para dibujar, siempre buscaba los colores que tuvieran más variedad, me daba cuenta de las diversas formas de representación gráfica y que razón tenía la saturación del grafito en los lápices de dibujo.

Durante mi carrera me interesé por adquirir constantemente conocimientos que me ayudarán a lograr experiencia en todo lo que se me presentará en el momento. Aprendí sobre programas de diseño y herramientas enfocadas a la arquitectura. El entender que todo lo que se proyecta es por una razón, que siempre estamos en la búsqueda de soluciones básicas y que debemos saber utilizar eficazmente los elementos que la naturaleza nos ofrece, sin necesidad, muchas veces, de tener que recurrir a la tecnología. He aprendido a disfrutar la arquitectura y hacerla parte fundamental de mí día a día.

## Introducción

Los proyectos actuales conllevan a tener una gran cantidad de aspectos que se deben considerar para lograr desarrollar un diseño que resulte ideal para cumplir las necesidades de las personas, el interés para ello en el campo laboral, viene por parte de los que conocemos como clientes y esperamos cumplir sus expectativas en calidad, tiempo y costo; temas constantes que terminan siendo nuestros objetivos cada que pensamos en un trabajo encomendado. El presente trabajo explicará el proceso que tiene un proyecto determinado para llegar a su conclusión, también determinaremos y estudiaremos en ese mismo proyecto, el uso y la aplicación que le damos a los materiales acústicos para un cuarto de música.

Podremos darnos cuenta que la acústica es una ciencia que se dedica a estudiar el modo en cómo se propaga el sonido a través de los espacios y cómo podemos intervenir con materiales para que esta resulte más eficaz, para poder realizar nuestras actividades.

Hoy en día muchos de los diseños están más interesados en mejorar, para lograr cada vez más la eficacia en el bienestar humano, debemos saber, que tenemos que hacer para lograr la diferencia en tener o no, sonidos deseables o indeseables y lograr que estos sean más intensos o menos, según lo que nos interese.

Dentro del ámbito laboral actual, nos podemos encontrar con todo tipo de experiencias y situaciones que nos hacen madurar, la competencia que se encuentra es cada vez mayor, es por ello que es indudable la preparación que debemos de tener, darnos cuenta que aunque pensemos que algo que estamos adquiriendo de conocimiento no nos pueda ayudar, en algún momento dado va a ser la diferencia para lograr un fin determinado.

Para lograr todo lo anterior, he escrito el siguiente documento que está estructurado en tres capítulos. En el primer capítulo se abordará el tema y definición de la acústica, sabremos que se trata de una ciencia y nos daremos cuenta de cómo influye directamente en el ambiente sonoro dentro de un cuarto musical. En el segundo capítulo hablaré de los momentos clave en mi experiencia laboral por las que tuve que pasar, además se hará mención de los puestos asignados en los que me he desarrollado hasta la actualidad; mi principal interés es que el lector tome como guía mi experiencia, para que tome decisiones anticipadas que puedan ayudar a su mejor desarrollo. Posterior a ello realizaremos el estudio de caso en un cuarto de música que construimos en las oficinas de Google ubicadas en la Ciudad de México; analizaremos los materiales utilizados, los cuales son útiles para aislar el ruido exterior, así como aquellos que contribuyeron a una mejor acústica en el lugar. En el tercer y último capítulo se explicarán las conclusiones generales, analizando desde la teoría hasta el motivo del uso en nuestro estudio de caso. Comentaré además las aportaciones que me deja el haber tenido esta experiencia laboral.

# CAPITULO 1 – ANÁLISIS TEÓRICO

## 1.1 ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

*“La acústica (del griego ἀκούω 'oír') es una rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia (tanto sólida como líquida o gaseosa) (no pueden propagarse en el vacío) por medio de modelos físicos y matemáticos. A efectos prácticos, la acústica estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción del sonido. La ingeniería acústica es la rama de la ingeniería que trata de las aplicaciones tecnológicas de la acústica.*

*La acústica considera el sonido como una vibración que se propaga generalmente en el aire a una velocidad de 343 m/s (aproximadamente 1 km cada 3 segundos), o 1235 km/h en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm y 20 °C).*

*La acústica tiene su origen en la Antigua Grecia y Roma, entre los siglos VI a. C. y I d. C. Comenzó con la música, que se venía practicando como arte desde hacía miles de años, pero no había sido estudiada de forma científica hasta que Pitágoras se interesó por la naturaleza de los intervalos musicales. Quería saber por qué algunos intervalos sonaban más bellos que otros, y llegó a respuestas en forma de proporciones numéricas. Encontró los sobre tonos de una cuerda vibratoria. Pitágoras fue el primero en documentar el estudio de este fenómeno (Fig. 1).*

*Aristóteles (384 a 322 a. C.) comprobó que el sonido consistía en contracciones y expansiones del aire «cayendo sobre y golpeando el aire próximo», una buena forma de expresar la naturaleza del movimiento de las ondas. Alrededor del año 20 a. C., el arquitecto e ingeniero romano Vitruvio escribió un tratado sobre las propiedades acústicas de los teatros, incluyendo temas como la interferencia, los ecos y la reverberación; esto supuso el comienzo de la acústica arquitectónica.”<sup>1</sup>*

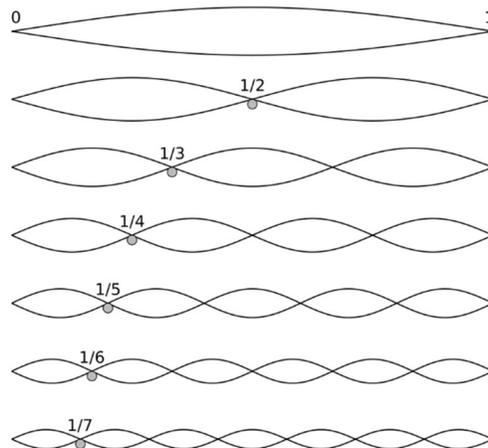


Fig. 1

Sobretonos de una cuerda vibratoria. Pitágoras fue el primero en documentar el estudio de este fenómeno.

Colaboradores de Wikipedia. (2023). Acústica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica>

<sup>1</sup> Colaboradores de Wikipedia. (2023). Acústica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica>

*“La comprensión de la física de los procesos acústicos avanzó rápidamente durante y después de la Revolución Científica. Galileo (1564-1642) y Marin Mersenne (1588-1648) descubrieron de forma independiente todas las leyes de la cuerda vibrante, terminando así el trabajo que Pitágoras había comenzado 2000 años antes. Galileo escribió «Las ondas son producidas por las vibraciones de un cuerpo sonoro, que se difunden por el aire, llevando al tímpano del oído un estímulo que la mente interpreta como sonido», sentando así el comienzo de la acústica fisiológica y de la psicológica.*

*Entre 1630 y 1680 se realizaron mediciones experimentales de la velocidad del sonido en el aire por una serie de investigadores, destacando de entre ellos Mersenne. Mientras tanto, Newton (1642-1727) obtuvo la fórmula para la velocidad de onda en sólidos, uno de los pilares de la física acústica (Principia, 1687).*

*El siglo XVIII vio grandes avances en acústica a manos de los grandes matemáticos de la era, que aplicaron nuevas técnicas de cálculo a la elaboración de la teoría de la propagación de las ondas. En el siglo XIX, los gigantes de la acústica eran Helmholtz en Alemania, que consolidó la acústica fisiológica, y Lord Rayleigh en Inglaterra, que combinó los conocimientos previos con abundantes aportaciones propias en su monumental obra «La teoría del sonido». También durante ese siglo, Wheatstone, Ohm y Henry desarrollaron la analogía entre electricidad y acústica.*

*Durante el siglo XX aparecieron muchas aplicaciones tecnológicas del conocimiento científico previo. La primera fue el trabajo de Wallace Clement Sabine en la acústica arquitectónica, seguido de muchos otros. La acústica subacuática fue utilizada para detectar submarinos en la Primera Guerra Mundial. La grabación sonora y el teléfono fueron importantes para la transformación de la sociedad global. La medición y análisis del sonido alcanzaron nuevos niveles de precisión y sofisticación a través del uso de la electrónica y la informática. El uso de las frecuencias ultrasónicas permitió nuevos tipos de aplicaciones en la medicina y la industria. También se inventaron nuevos tipos de transductores (generadores y receptores de energía acústica).*

#### **Acústica arquitectónica**

*La acústica arquitectónica es una rama de la acústica aplicada a la arquitectura, que estudia el control acústico en locales y edificios, bien sea para lograr un adecuado aislamiento acústico entre diferentes recintos, o para mejorar el acondicionamiento acústico en el interior de locales. La acústica arquitectónica estudia el control del sonido en lugares abiertos (al aire libre) o en espacios cerrados.*

*Los escritos más antiguos que se conocen sobre acústica arquitectónica datan del siglo I a. C., más concretamente, el año 25 a. C. y se deben a Marco Vitrubio Polio, ingeniero militar de Julio César. En estos escritos describen varios diseños para la acústica de los antiguos teatros romanos. Por ejemplo, se utilizaban vasijas de bronce afinadas que actuaban como resonadores, bajos o agudos. Aunque las vasijas servían para redirigir el sonido en una dirección diferente a la inicial, no lo reforzaban.*

*En las iglesias cristianas, de bóvedas altas, con muchos problemas acústicos, sobre el púlpito se colocaba un tornavoz, especie de marquesina, que evitaba que el sonido de la voz del predicador se perdiese por las bóvedas. Se consiguieron resultados muy notables.*

*Hasta el siglo XIX, el diseño acústico era puramente práctico y consistía, principalmente, en imitar disposiciones de salas existentes en las que la música sonaba bien. Además, había a veces,*

*prácticas casi supersticiosas, tales como colocar alambres (que no tenían ninguna función) en los lugares altos juna iglesia o auditorio.”<sup>2</sup>*

*“Más de 1000 años antes de la creación de la acústica arquitectónica moderna, en la boca del pozo de los brujos de agua, Chichén Itzá, estaba comenzando la creación de uno de los fenómenos de acústica arquitectónica antigua más sobresalientes. Parándose a 40 metros del Templo de Kukulcán, en la perpendicular de la escalinata y produciendo un sonido impulsivo (de corta duración, pero fuerte volumen) como un aplauso o tocar un instrumento de percusión, se produce un efecto acústico denominado “La cola del Quetzal (Fig. 2)”.*<sup>3</sup>



Fig. 2

Templo de Kukulcán. Imagen tomada de: *File:Chichen Itza 3.jpg - Wikimedia Commons*. (2009, 18 agosto).

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chichen\\_Itza\\_3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chichen_Itza_3.jpg)

*“Dicho efecto es un sonido agudo, parecido al canto de un Quetzal, el ave sagrada de los mayas. A primera consideración, el efecto peculiar acústico que se tiene en Chichén Itzá parece ser producto de suerte y coincidencia, no obstante, en el 2004 Nico Declerq y varios científicos belgas de la Universidad de Ghent demostraron la forma en la cual las ondas de sonido rebotadas alrededor de la escalinata producían sonidos que se habían interpretado en la antigüedad, como el canto de un Quetzal o el golpeteo de las gotas de lluvia.*

*Tras varias simulaciones acústicas y cálculos, demostraron que, si bien la predicción exacta de los sonidos resultantes era probablemente imposible, la construcción peculiar de la pirámide fue llevada a cabo de manera intencional, a fin de que produjera sonidos sorprendentes.*

*El secreto del canto de la pirámide se debe a las largas y extrañas escaleras, en las cuales los escalones son mucho más altos de lo normal y con una base mucho menor del tamaño del pie*

---

<sup>2</sup> Colaboradores de Wikipedia. (2023). Acústica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica>

<sup>3</sup> Urbanística, D. A. A. Y. (s. f.). Los primeros arquitectos aplicaban técnicas para mejorar la

acústica. *es.linkedin.com*. <https://es.linkedin.com/pulse/los-primeros-arquitectos-aplicaban-t%C3%A9cnicas-para-la>

*completo de una persona en la actualidad. Dicha combinación de medidas hace de los escalones una especie de filtro acústico que enfatiza algunas frecuencias mientras suprime otras. Se tiene entonces que, al producir un fuerte sonido, este viaja chocando con múltiples “paredes” separadas por unos cuantos centímetros de base, creando un eco múltiple, el cual regresa con un pequeño desfase con respecto al sonido anterior. El resultado de dicho juego de geometría acústica es la sucesión de ecos casi pegados de distintos tonos (los tonos más bajos se dan por el rebote de los escalones más altos y viceversa).*

*El oído humano no discierne las diferentes ondas sonoras que lo estimulan y por ello las asimila como un sonido continuo que va cambiando el tono, creando el canto del Quetzal. Con ello, la escalinata hace la función de difractor de sonido gigante.*

*Si bien es científicamente imposible el comprobar si la construcción de la pirámide realmente fue un proyecto intencional de acústica arquitectónica, y resulta más plausible la idea de que la idea principal detrás de la construcción era el juego de luces durante el equinoccio, no se puede descartar la idea de que la construcción de escalones tan incómodos tuviese un propósito más elevado.*

*Asimismo, la existencia de otros sitios con efectos similares en Mesoamérica, como en Teotihuacán, da pie al estudio de la existencia de una relación explícita entre las edificaciones en las cuales se presenta dicho fenómeno, sobre todo porque en toda la región el Quetzal tenía un papel religioso-mitológico importante. El estudio de los elementos específicos para la producción del fenómeno acústico podrá llevar a la comparación entre sitios arqueológicos, y el resultado podría tanto apoyar como descartar la hipótesis de que el efecto fue incorporado de manera intencional por los constructores.*

*Otro fascinante fenómeno acústico, fue descubierto por la arqueóloga de la UNAM, Francisca Zalaquett, la cual descubrió que los templos y las plazas de la ciudad maya de Palenque en Chiapas (fig. 3), tenían como función secundaria la amplificación de las ondas sonoras, para proyectarlas con nitidez a una distancia de al menos cien metros. Se llevó a cabo un análisis arqueoacústico de los rituales públicos que se llevaban a cabo en el área de las plazas, lo cual sugirió que los edificios funcionaban como amplificadores sonoros y que la capa de estuco que los recubría era especialmente usada para estimular dicho efecto acústico, ya que altera la reflexión y absorción de los sonidos.*

*Asimismo, Zalaquett y su equipo identificaron habitaciones que eran utilizadas de forma exclusiva por músicos, sacerdotes y oradores. Dichos compartimentos jugaban un papel clave en la estructura sonora de los edificios, ya que cualquier sonido que se producía en ellos, era proyectado con mucha mayor intensidad y nitidez que si se emitía desde otro punto de la construcción.*

*De igual manera, algunas de las múltiples plazas de Palenque parecen estar diseñadas de tal forma que funcionan como receptores de sonido y que de alguna manera son nichos de destino en el viaje de las ondas sonoras.”<sup>4</sup>*

---

<sup>4</sup> Colaboradores de Wikipedia. (2023b). Acústica arquitectónica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica\\_arquitect%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica_arquitect%C3%B3nica)



Fig. 3

Zona arqueológica en palenque. *México Palenque-Temple of the count.jpg* - Wikimedia Commons. (2007, 1 julio). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico\\_palenque-temple\\_of\\_the\\_Count.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico_palenque-temple_of_the_Count.jpg)

***“La acústica arquitectónica moderna, nació a finales del siglo XIX gracias al físico estadounidense Wallace Clement Sabine.***

***En 1895, cuando se inauguró el museo de Arte Fogg, los miembros del consejo de la Universidad de Harvard, al comprobar que la acústica del recinto era pésima y que el discurso de los oradores eran ininteligible, pidieron a Sabine que resolviera el problema.***

***Sabine llegó a la conclusión, que el problema residía en la excesiva reverberación de la sala. Para reducirla, cubrió las paredes con fieltro que es un absorbente acústico. Aunque no fue una solución ideal, la acústica mejoró y pudo utilizarse la sala.***

***Tras este logro, Sabine fue llamado para asesorar la construcción del nuevo Boston Symphony Hall. En el desarrollo de este proyecto, durante sus investigaciones, estableció una fórmula de cálculo del tiempo de reverberación que aplicó al recinto.***

***Cuando llegó el momento de la inauguración en 1900, Sabine se llevó una gran decepción, ya que el tiempo de reverberación de la sala no se ajustaba al que él había predicho teóricamente. Fue muy criticado por los medios de comunicación y por otros expertos en la materia.***

***Tras este fracaso Sabine abandonó sus investigaciones y volvió al mundo universitario, dedicándose a la enseñanza hasta su muerte en 1919.***

***Sin embargo, la historia colocó a Sabine en el lugar que merecía. En 1950, cincuenta años después de la construcción del teatro, se realizaron algunas pruebas y se pudo contrastar que los cálculos de Sabine eran correctos. De hecho, hoy en día (2005), el Boston Symphony Hall está considerado, desde el punto de vista acústico, como una de las mejores salas del mundo.***

*Muchos autores intentaron mejorar la ecuación del tiempo de reverberación para una sala y, aunque hay otras formulaciones que cuentan con aceptación, como la de Eyring y Millington, sin resultados mejores a los de Sabine; por lo que la fórmula de Sabine sigue en uso.*

*En los laboratorios Bell, E. N. Gilbert demostró que, gracias a la utilización de una ecuación integral, se podía obtener un resultado por un procedimiento iterativo. Se han obtenido buenos resultados para ciertas aplicaciones.*

*A partir de 1968, se han desarrollado métodos informáticos de trazado de rayos sonoros con la idea de seguir todas las reflexiones que se producen y de esta forma calcular el tiempo de reverberación.*

*Tampoco estas técnicas recientes han dado resultados mucho mejores que las de Sabine. La fórmula de Sabine sólo ha sido mejorada al introducir un factor de absorción ( $\alpha$ ) del aire para una determinada temperatura y humedad. Factor que tiene gran importancia si se trata de grandes recintos.*

*Aunque Sabine es el padre de la acústica arquitectónica, se ha de tener en cuenta que la fórmula de Sabine ni es la única, ni tampoco es absolutamente fiable. Sólo se trata de una de las fórmulas más utilizadas.*

#### **Acústica en espacios abiertos**

*En los espacios abiertos el fenómeno preponderante es la difusión del sonido. Las ondas sonoras son ondas tridimensionales, es decir, se propagan en tres dimensiones y sus frentes de ondas son esferas radiales que salen de la fuente de perturbación en todas las direcciones. La acústica habrá de tener esto en cuenta, para intentar mejorar el acondicionamiento de los enclaves de los escenarios para aprovechar al máximo sus posibilidades y mirar como redirigir el sonido, focalizándolo en el lugar donde se ubique a los espectadores.*

*Los griegos construyeron sus teatros, donde las obras dramáticas y las actuaciones musicales, en espacios al aire libre (espacios abiertos) y aprovecharon las propias gradas en donde se ubicaban los espectadores (gradas escalonadas con paredes verticales) como reflectores, logrando así que el sonido reflejado reforzase el directo, de modo que llegaban a cuadruplicar la sonoridad del espacio que quedaba protegido por las gradas. El tamaño de los teatros griegos, alguno de los cuales, gracias a sus propiedades acústicas, llegó a tener capacidad para 15.000 espectadores, no ha sido igualado (Fig. 4)."<sup>5</sup>*

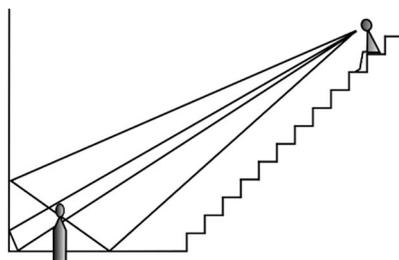


Fig. 4

Esquema de teatro griego. colaboradores de Wikipedia. (2023b). Acústica arquitectónica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica\\_arquitect%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica_arquitect%C3%B3nica)

<sup>5</sup> Colaboradores de Wikipedia. (2023b). Acústica arquitectónica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica\\_arquitect%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica_arquitect%C3%B3nica)

***“Los romanos utilizaron una técnica parecida, no obstante, la pared de las gradas no era plana, sino curva, lo que permitía que se perdiese menor cantidad de sonido y lo focalizaban mejor hacia un mismo punto (Planteamiento similar al del reflector parabólico). Sin embargo, los más grandes entre los romanos solamente tenían capacidad para unos 5.000 espectadores. La pérdida de las condiciones se debió en gran parte a que la orchestra, que el teatro griego servía para reflejar el sonido, en Roma fue el lugar que ocupaban los senadores y otros cargos, con lo que empeoraron las condiciones. (Fig. 5)***

***Actualmente, se aprovechan los conocimientos que la cultura clásica nos ha legado y los recintos abiertos, se construyen con paredes curvas abombadas en forma de concha o caparazón. Los materiales utilizados tienen propiedades reflectoras para facilitar el encaminamiento del sonido hacia donde se ubican los espectadores. El problema es que la respuesta en frecuencia no es uniforme y los graves llegan con mayor dificultad hasta el auditorio que los agudos.***

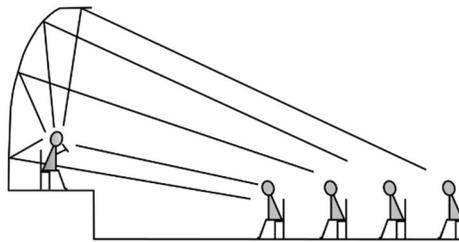


Fig. 5

Teatro moderno al aire libre. colaboradores de Wikipedia. (2023b). Acústica arquitectónica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%B3stica\\_arquitect%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%B3stica_arquitect%C3%B3nica)

### ***Acústica en espacios cerrados***

***En los espacios cerrados, el fenómeno preponderante que se ha de tener en cuenta es la reflexión. Al público le va a llegar tanto el sonido directo como el reflejado, que si van en diferentes fases pueden producir refuerzos y en caso extremos falta de sonido. A la hora de acondicionar un local, se ha de tener en cuenta, tanto que no entre el sonido del exterior (Aislamiento acústico).***

***Además, en el interior se ha de lograr la calidad óptima del sonido, controlando la reverberación y el tiempo de reverberación, a través de la colocación de materiales absorbentes y reflectores acústicos.***

### ***Características acústicas de los estudios de grabación***

***Las características acústicas de cada sala serán específicas para el uso que se le vaya a dar.***

***Es importante que el campo sonoro de la sala sea difuso. Con ese fin, se pondrán difusores, absorbentes, aislantes que permitan redistribuir uniformemente el sonido y aproximarse al campo difuso ideal.”***<sup>6</sup>

La acústica en la arquitectura ha sido una preocupación desde tiempos antiguos y su evolución a lo largo de la historia ha esta influenciada por factores culturales, tecnológicos y estéticos.

---

<sup>6</sup> Colaboradores de Wikipedia. (2023b). Acústica arquitectónica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%B3stica\\_arquitect%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%B3stica_arquitect%C3%B3nica)

Analizando su desarrollo podemos ver cómo es que en la antigüedad se construyeron estructuras como anfiteatros, teatros y templos que se diseñaron con consideraciones acústicas en mente, tomando formas semicirculares en sus graderías con inclinaciones cuidadosamente calculadas para reflejar y difundir el sonido.

Si bien la acústica antigua nos ayuda a entender la acústica moderna la cual se centra en la optimización de espacios para un sonido específico, analizando nuestro territorio nos damos cuenta que Chichén Itzá muestra cómo los antiguos mayas parecen haber tenido un conocimiento intuitivo y avanzado de la acústica, que se manifiesta en sus estructuras arquitectónicas, destacando su arquitectura escalonada y su precisión geométrica, produciendo con esto fenómenos acústicos notables y sumándoles los elementos del diseño que pueden haber sido adheridos de forma intencionada para propósitos acústicos influyendo en la propagación y el reflejo del sonido.

Cabe destacar que el estudio del sonido es un factor importante dentro de esta rama de la arquitectura, debemos comprender que influye en la experiencia auditiva de las personas. Es un componente crítico que afecta no solo la calidad del ambiente, si no también la funcionalidad y el propósito de un espacio, por tal motivo debemos tener siempre presentes aspectos importantes como son:

La calidad del sonido, refiriéndonos con esto a la pureza y fidelidad en los espacios, puesto que la calidad permite una reproducción precisa de la música, la voz u otros sonidos, especialmente cuando se diseñan espacios como auditorios, estudios de grabación o teatros.

La reverberación, que es el periodo durante el cual el sonido continúa después de la fuente original, se debe tener en cuenta el control del tiempo para garantizar que un espacio sea adecuado para su uso previsto, como por ejemplo salas de conciertos.

El aislamiento acústico, que es la capacidad de un espacio para evitar que el sonido se propague hacia o desde otros espacios, siendo este un elemento crucial en cualquier espacio arquitectónico.

El diseño específico de espacios, considerando la acústica necesaria específica (Función – Forma).

En resumen, el análisis del sonido es esencial para crear espacios funcionales y agradables desde el punto de vista auditivo. Un diseño cuidadoso que tenga en cuenta todos estos aspectos contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y garantizar un rendimiento óptimo en diversas aplicaciones, desde la música y el entretenimiento hasta la comunicación y la concentración.

## 1.2 ARQUITECTURA ORGÁNICA

GARCÍA MALDONADO ANDREA

*“La acústica es una rama de la física que estudia la reproducción, propagación y percepción de ondas sonoras en una materia.*

*No se debe confundir el sonido con el ruido. El sonido que es aquella onda que se propaga por distintos materiales o bien se desplazan por las moléculas del aire, para finalmente llegar a nuestro sistema auditivo y que el oído alcanza a percibir, mientras un ruido es aquel sonido indeseable con frecuencias no armonizadas, desagradables y perjudiciales para nuestro oído en un espacio determinado.*

*En el caso de México, vivimos en una constante saturación de ruido, en la ciudad los ruidos urbanos son provocados por los automóviles, medios de transporte, equipos en edificios, etc. (Fig. 6).*



**Fig. 6**

*Ruido en la ciudad. Fuente: Gutiérrez Alcalá, R. (2021) Contaminación acústica, segunda causa de enfermedad por motivos medioambientales [Imagen] Gaceta UNAM. Disponible en <https://www.gaceta.unam.mx/contaminacion-acustica-segunda-causa-de-enfermedad-por-motivos-medioambientales/>*

*En el campo de la arquitectura es un tema relevante para el medio ambiente, urbanismo y edificación. Lograr un perfecto equilibrio entre el exterior y el ambiente que habitaremos es esencial para que la arquitectura no solo sea funcional sino también orgánica.*

*“La arquitectura orgánica u organicismo arquitectónico es una filosofía de la arquitectura que promueve la armonía entre el hábitat humano y el mundo natural. Mediante el diseño busca*

***comprender e integrarse al sitio, en los edificios, en los mobiliarios, y en los alrededores para que se conviertan en una parte unificada y correlacionada.”<sup>7</sup>***

***Parte del compromiso de un arquitecto es satisfacer las necesidades de nuestros clientes, diseñando y construyendo espacios útiles, seguros y adecuados para un correcto funcionamiento.***

***Desde el siglo XIX las construcciones de iglesias ya estaban enfocadas a las exigencias acústicas para lograr una perfecta armonía entre forma y función. En 1877 el físico inglés lord Rayleigh publicó un tratado con el título Theory of Sound, en dónde explicaba las generalidades de la acústica utilizadas en edificaciones públicas; por ejemplo: la utilización de moquetas o cortinas para absorber el sonido.***

***En la actualidad se sabe que el diseño de un espacio es fundamental para la toma de decisiones de los materiales a utilizar desde la construcción, hasta los acabados óptimos para una excelente acústica.***

***“El éxito en el diseño acústico de cualquier tipo de recinto, una vez fijado su volumen y definidas sus formas, radica en primer lugar en la elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimientos de este con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos”***

***Así entonces los distintos materiales utilizados en espacios acústicos cumplen con una función específica: Absorción de sonido, Reflexión del sonido o difusión del sonido.***

***En este sentido la arquitectura orgánica al imitar las formas y estructuras encontradas en la naturaleza y al crear elementos que se integran armoniosamente en el entorno, tiene un impacto significativo en cómo se experimenta y percibe el sonido en estos espacios.***

***Al incorporar elementos naturales como formas curvas, materiales naturales y paisajes circundantes, se puede influir en la propagación y la absorción del sonido de manera única, ya que las superficies y las formas no son necesariamente planas ni regulares, creando efectos acústicos como la difusión natural del sonido. Las formas orgánicas contribuyen a una mejor distribución del sonido, evitando con esto la concentración de las ondas sonoras en puntos específicos, lo cual ayuda a tener una experiencia auditiva más uniforme. La elección de materiales naturales es un factor importante, considerando siempre las propiedades de absorción y reflexión del sonido en comparación con los materiales sintéticos, influyendo así en la calidad del sonido en el interior.***

***En el diseño de interiores el uso de elementos decorativos naturales, como plantas, madera o piedra, contribuyen a un mejor sonido acústico al proporcionar superficies absorbentes y difusoras.***

***Podemos concluir que la arquitectura orgánica tiene un impacto positivo en la acústica de un espacio al utilizar formas y materiales que imitan a la naturaleza, las cuales se integran de forma armónica con el entorno circundante. Resultando en una experiencia auditiva agradable y en ambientes sonoros que se adaptan a las necesidades específicas del espacio.”<sup>8</sup>***

---

<sup>7</sup> García Maldonado Andrea (2012, Diciembre, 11). Arquitectura orgánica

Recuperado de <http://laarquitecturaorganica.blogspot.mx/2012/12/que-es-la-arquitectura-organica.html>

<sup>8</sup> Carrion Antoni. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. Volumen 4 de politecnos. Universidad Politécnica de Catalunya. 2004. P. 71.

### 1.3 ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

SAAD ELJURE EDUARDO

Uno de los elementos más importantes que se utilizaron en el estudio de caso del capítulo 2 de este reporte, es el piso flotante, donde el autor Saad Eljure E. (1996) menciona: ***“la técnica de aislamiento acústico en los edificios, a través de los pisos flotantes, que es uno de los medios más prácticos ya que descansa sobre el piso estructural, pero es separado de este por un soporte flexible tal como una colchoneta de lana mineral o fibra de vidrio. La construcción puede ser considerada como un elemento amortiguador, sistema masa-resorte, es de vital importancia en la construcción de cualquier piso flotante, que el elemento flexible no tenga ninguna conexión rígida con la estructura, ya que cualquier unión rígida permitirá que sea transmitido el sonido a través de este elemento como un puente a la estructura.”***<sup>9</sup>

#### Medición del aislamiento acústico de los materiales

***“¿Cómo se puede comparar la cantidad de aislamiento acústico que se obtiene de diferentes materiales? Hay varias medidas diferentes que encontraremos.***

#### ***Clase de transmisión de sonido (STC)***

***En los Estados Unidos, una forma común de comparar el aislamiento acústico en los edificios es usar una medición llamada STC (Sound Transmission Class), que describe cómo de bien o mal las ondas de sonido (ampliamente en el rango de voces humanas normales, 125-4000 Hz) viajan a través de techos y paredes.***

***Una pared muy poco eficiente a través de la cual se podía escuchar más o menos todo marcaría entre 20 y 25, mientras que un muro de un hotel de lujo que bloquea prácticamente todo se rompería en 60.***

***La mayoría de los muros domésticos tienen una calificación media de aproximadamente 30-45***

***Se puede mejorar el STC de un muro de separación construyéndolo a partir de un material más denso (el aislamiento acústico mejora en aproximadamente 5 decibeles por cada duplicación de masa), al agregar un espacio de aire o al agregar material absorbente acústico. (Fig. 7).”***<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Saad Eljure, E. (1996). Cap. III Acústica en los edificios. 3.8 Métodos para el Mejoramiento Sonoro a través del aire de los Elementos de los Edificios. En *Acústica arquitectónica* (pp. 83). Tesis para Maestría en Arquitectura. División de estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>10</sup> Aislamientos Acústicos. (2019). Medición del Aislamiento Acústico de los Materiales. Extraído de: <https://aislamientosacusticos.org/medicion-del-aislamiento-acustico-de-los-materiales/>



Fig. 7

Cuarto con paredes con materiales acústicos.

[https://cdn.shopify.com/s/files/1/0088/3707/0933/files/Classic\\_Wedge\\_and\\_Guitars\\_1920x1280\\_13aeb95f-3f67-4a5a-9d54-63d109a610b2\\_1024x1024.jpg?v=1616713319](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0088/3707/0933/files/Classic_Wedge_and_Guitars_1920x1280_13aeb95f-3f67-4a5a-9d54-63d109a610b2_1024x1024.jpg?v=1616713319) octubre de 2023

#### ***“Índice de reducción de sonido (SRI)***

***En países fuera de los EE.UU. el SRI (Índice de reducción de sonido) es una medida más común. Por lo general, las compañías que ofrecen productos de insonorización sugieren que pueden lograr una reducción de sonido de tantos decibeles (dB) o SRI.***

***Los materiales normalmente utilizados tienen SRI muy diferentes. Un plano delgado de vidrio alcanzaría aproximadamente 20-25 dB, las losas de hormigón ligero serían de aproximadamente 40 dB, mientras que dos paredes de ladrillo separadas por una gran cavidad de aire reducirían el ruido en 60-75 dB.***

***Al igual que STC, las mediciones de SRI dependen en gran medida de las frecuencias de sonido: un material que proporciona una mejora considerable en el aislamiento acústico para el habla humana (bloquear la conversación de los vecinos del piso de arriba) es mucho menos efectivo para reducir frecuencias de sonido más bajas (graves del equipo de música).***

#### ***Coefficiente de reducción de ruido (NRC)***

***Mientras STC y SRC indican cómo de bien pasa el ruido a través de diferentes materiales, el NRC (coeficiente de reducción de ruido) mide cómo de bien los materiales evitan que el sonido se refleje.***

***El NRC es el porcentaje de sonido que absorbe una superficie (en otras palabras, toca una superficie y no se refleja de nuevo en la habitación). Así que una alfombra sobre base de goma fácilmente podría tener un NRC de aproximadamente 0.4 (absorbe el 40 por ciento del sonido y 60 por ciento rebota), mientras que una ventana de vidrio podría puntuar solo alrededor de 0.05 (refleja el 95 por ciento del sonido).***

***Hay que tener en cuenta que los valores NRC varían sustancialmente según si los materiales son, por ejemplo, pintados o recubiertos con otros materiales, la frecuencia del sonido, etc.***

***Los materiales más duros reflejan el sonido más (y lo reducen menos) que los materiales más blandos. Vale la pena señalar que las personas absorben el sonido muy bien. Este es un factor importante en el diseño de las salas de conciertos y sus asientos, que generalmente están diseñados para sonar similares ya sea que estén ocupados o vacíos.***<sup>11</sup>

Esta bibliografía nos explica de una manera mas explicita lo referente a la acústica arquitectónica y como su autor, Eduardo Saad ha dedicado gran parte de su vida al estudio y diseño de diferentes espacios reconocidos como salas de conciertos, teatros, salas educativas, vivienda, hotelería, entretenimiento y corporativos.

Entendemos entonces que la medición de decibeles dentro de un espacio es como se va adquiriendo, en conjunto con el diseño arquitectónico, la mejora de la acústica y optimización que se requiera, añadiendo o eliminando materiales que han sido probados en laboratorios y cumplen diferentes necesidades.

Cabe mencionar que Eduardo Saad, trabaja de la mano con su hijo Omar Saad, entre ellos tienen una empresa dedicada al diseño y colaboración directa con la especialidad en acústica arquitectónica, de esta manera es que los diseñadores y empresas como Oxigeno o Space, encargados de elaborar diseños, piden apoyo para el diseño de cuartos acústicos, como es el cuarto de música para la empresa Google, que estudiaremos en el capitulo 2 de este reporte.

## 1.4 NORMATIVIDAD

DOF: 02/08/1979

NORMA Oficial Mexicana. Acústica- Determinación de los niveles de ruido ambiental.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.- Dirección General de Normas.- NOM-AA-62-1979.

ACOUSTICS-ASSEMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS

AVISO AL PUBLICO

Con fundamento en lo dispuesto en los Artículos 1o., 2o., 4o., 23o., inciso C y 26 de la Ley General de Normas y de Pesas y Medidas, publicada en el "Diario Oficial" de la Federación con fecha 7 de

---

<sup>11</sup> Aislamientos Acústicos. (2019). Medición del Aislamiento Acústico de los Materiales. Extraído de: <https://aislamientosacusticos.org/medicion-del-aislamiento-acustico-de-los-materiales/>

abril de 1961, esta Secretaría ha aprobado la siguiente Norma Oficial Mexicana: "ACUSTICA- DETERMINACION DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL" NOM-AA-62-1978".

#### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

En esta Norma Oficial se establecen procedimientos de campo para determinar el ruido ambiental producido por contribuciones relativas de diversas fuentes y las acciones reverberantes y amortiguadora de los pavimentos, edificios, vegetación y otros obstáculos en la trayectoria de dispersión sonora.

Sirve para evaluar el ruido, que está presente durante largo tiempo en áreas definidas, bajo condiciones y variabilidad diversa. Permite establecer una correlación entre los efectos de las diversas fuentes contribuyentes y el ambiente en el área de estudio, de tal manera que los valores medidos corroboren los valores predecidos a partir de modelos de simulación.

Los métodos descritos en esta norma deben emplearse sólo en casos en que se requiera realizar trabajos de monitoreo de ruido ambiental en un punto determinado y sólo son indicativos de las fluctuaciones del ruido durante el lapso y en el punto en el que se hicieron las mediciones. Su variabilidad en tiempo y espacio los hacen poco confiables para efectos de planificación. En ningún caso deben usarse para realizar mediciones del ruido producido por fuentes específicas.

#### 2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las normas oficiales mexicanas en vigor siguientes:

NOM-J-149 "Terminología empleada en Electroacústica".

NOM-C-92 "Terminología de materiales aislantes acústicos".

NOM-AA-40 "Clasificación de ruidos".

NOM-AA-43 "Determinación del nivel sonoro emitido por fuentes fijas".

NOM-AA-59 "Sonómetros de precisión".

#### 3. DEFINICIONES

Centro acústico de subzona: es el lugar físico de igual desviación a todos los puntos equiintensidad sonora

Determinante de ruido: Es la diferencia entre los percentiles 10 y 90, en un muestreo estadístico de ruido.

Índice por ruido de Tránsito: Es un valor estadístico empírico para relacionar el ruido de tránsito con los efectos en la comunidad durante un período de 24 horas y depende del determinante por ruido y del percentil 90.

L. S. I.: Lenguaje de proceso Large Scale Integration.

Nivel de contaminación Sonora: Es un nivel equivalente de ruido, que toma en cuenta un coeficiente de confianza, determinado en función de las características de una comunidad.

Nivel día-noche: Es un nivel equivalente de ruido, determinado en un período de 24 horas, sopesándose durante el período comprendido entre las 22 y las 7 horas del día siguiente con un valor de + 10 dB.

Nivel equivalente sopesado: Cuando el nivel equivalente se mide en decibeles "A" se denomina "Nivel equivalente A". Cuando se mide en decibeles "C" se denomina "Nivel equivalente C".

Nivel de Ruido Comunitario: Es un nivel equivalente de ruido determinado en un período de 24 horas, sopesándose durante el período comprendido entre las 19 y las 22 horas con 3 dB y durante el período entre las 22 horas y las 7 horas del día siguiente con + 10 dB.

Ruido Ambiental: Es la perturbación acústica que se presenta en un área determinada, cuyos confinamientos no formen un claustro, producida por un número indeterminado de fuentes, por las contribuciones de las reflexiones de los confinamientos, las de los objetos que se encuentran en el área y las de los efectos microclimáticos relacionados con el fenómeno de la propagación sonora.

Sopesar: Acción de modificar una señal recibida por un sonómetro en cada banda de frecuencias con un cierto valor definido por norma. (NOM-AA-47, NOM-AA-59).

Zona total: Es el área donde se encuentra un nivel de ruido ambiental definido por condiciones de fuente, geográficas y urbanísticas.

Zona unitaria: Es una subzona de la total, representante de los fenómenos ambientales tales como fuentes y condiciones reverberantes y absorbentes, de tal manera que la inclusión de las zonas unitarias identifique a la total.

#### 4. SIMBOLOS

d Í determinante de ruido

dB(dn) Í decibel día-noche

IRT = índice de ruido por tránsito

k Í valor de confianza

m Í cada una de las lecturas en cada punto de medición

(Continuación de Símbolos en la página 12).

#### SECCION UNO

##### METODO DE PRUEBA

#### 5. FUNDAMENTO

Dado que el ruido ambiental debe definirse en un área determinada, en relación a las consecuencias que este contaminante produce en los individuos de la comunidad en dicha área, durante un período de tiempo largo, es necesario establecer un procedimiento de medición que concuerden con esta relación.

Para poder estimar la variabilidad en cuatro dimensiones de la energía acústica presente en una zona determinada, debe emplearse un procedimiento estadístico con muestras representativas grandes. Este procedimiento es el de integración continua o discreta, cuyo resultado final es el nivel equivalente de ruido. El período de integración debe elegirse entre las siguientes posibilidades:

- a) 24 horas
- b) 7 días
- c) 30 días
- d) n años

Sin embargo, el nivel equivalente por sí solo es insuficiente para indicar la variabilidad estadística, por lo que debe recurrirse además a la obtención de los percentiles  $N^{10}$ ,  $N^{50}$  y  $N^{90}$ .

Para obtener la relación de esta medida estadística con sus consecuencias comunitarias, existen dos opciones:

- a) por su efecto en la comunidad
- b) por sus causas en la comunidad

Los métodos que toman en cuenta los efectos comunitarios se basan, en la distribución estadística normal bimodal del ruido ambiental, o bien en el concepto determinante de ruido (diferencia entre los niveles 10 y 90). Estos métodos se sujetan a una comprobación de tipo empírico, con valores específicos para comunidades determinadas. Estos procedimientos son los siguientes:

- a) Nivel de contaminación sonora ( $N^{cs}$ )
- b) Índice de ruido por tránsito (IRT)

Los métodos que toman en cuenta las causas del ruido debidas a la actividad comunitaria se basan en que dicha actividad es recurrente en lapsos cíclicos definidos. Suponiendo que algunas actividades requieren niveles de ruido ambiental más bajos para ser realizadas (descanso,

sueño), se ponderan los niveles equivalentes medidos con determinados valores empíricos. Los procedimientos causales son los siguientes:

- a) Nivel día-noche ( $N^{dn}$ )
- b) Nivel de ruido comunitario ( $N^{rc}$ )

## 6. INSTRUMENTOS

Para medir los niveles equivalentes de ruido en forma continua se puede elegir instrumental entre las siguientes opciones:

- a) equipo básico y equipo periférico
- b) equipo básico y equipo sofisticado
- c) equipo básico, equipo periférico y equipo sofisticado

Para medir los niveles equivalentes de ruido en forma semicontinua se puede elegir instrumental entre las siguientes opciones:

- a) sólo el equipo básico
- b) equipo básico y equipo periférico

### 6.1 Equipo básico.

Sonómetro de precisión que cumple con la norma NOM-AA-59.

#### $N$ í nivel sonoro

$N^{cs}$  = nivel de contaminación sonora

$N^d$  í nivel equivalente durante el período 0700-2200

$N^{1d}$  í nivel equivalente durante el período 0700-1900

$N^{dn}$  í nivel día-noche

$N^{eq}$  í nivel equivalente

$N^{eqA}$  í nivel equivalente A

$N^{eqC}$  í nivel equivalente C

$N^1$  í cada uno de los niveles sonoros leídos en una medición semicontinua

$N^{máx}$  í nivel máximo leído durante el paso del vehículo

$N^n$  í nivel equivalente durante el período 2200-0700

#### $NPA$ í nivel de presión acústica

$N^{rc}$  í nivel de ruido comunitario

$N^t$  í nivel equivalente durante el período 1900-2200

$N^{10}$  í nivel percentil 10

$N^{50}$  í nivel percentil 50

$N^{90}$  í nivel percentil 90

(\*\*\*)

#### $p$ í presión acústica

$p^{ef}$  í presión acústica eficaz

$p^a$  í presión acústica de referencia

$T$  í Período de tiempo en el que se realiza una integración

$t$  í variable tiempo

$d$  í desviación estándar

$t$  = tiempo que tarda en decaer 10 dB el nivel máximo.

### 6.2 Equipo periférico.

El equipo periférico puede ser intermedio o terminal. El equipo intermedio requiere necesariamente de equipo terminal para la evaluación de datos.

#### 6.2.1 Equipo periférico intermedio (registrador magnético).

Debe poseer una cabeza de grabación de respuesta lineal  $\pm 0.1\%$  par el ámbito de frecuencias de 20 a 20,000 Hz. Debe tener un diseño mecánico tal, que permita que la cinta magnetofónica pase

frente a la cabeza a una velocidad constante. Esta velocidad debe estar comprendida en el ámbito entre 0.95 y 0.381 m/s. Los circuitos electrónicos de ampliación de la señal deben tener una distorsión armónica inferior a 0.1% dentro del ámbito de frecuencias antes mencionado.

La cinta magnetofónica a emplearse para grabar la señal, debe ser de una calidad tal que no permita un estiramiento mayoral 0.1% a cualquier temperatura de operación y que tenga una relación señal a ruido propio superior a 30 dB.

#### 6.2.2 El equipo periférico terminal (registrador gráfico).

Debe tener circuitos electrónicos de ampliación y atenuación que permitan detectar señales en el ámbito entre 20 y 20,000 Hz a respuesta lineal  $\pm 0.1\%$ . Debe poseer un instrumento de escritura que puede ser una pluma o cono para tinta, o un punzón cuya traza no sea de un diámetro superior a 0.25 mm. Este instrumento de escritura debe estar regulado por potenciómetros logarítmicos y lineales que en conjunto cubran un ámbito entre 10 y 75 dB y 10 y 110 mV, respectivamente. La velocidad de carrera del instrumento de escritura debe ser controlable a voluntad y estar comprendida en el ámbito entre 8 y 1,000 mm/s. El registrador debe poseer un mecanismo que permita depositar el instrumento de registro sobre un tira de papel, con una presión tal que no lo dañe ni lo perfora y se consiga la velocidad especificada y que a voluntad pueda levantarse. La tira de papel debe moverse en una trayectoria perpendicular a la de la carrera del instrumento de escritura, a velocidad constante controlable a voluntad en un ámbito de 0.001 a 100 mm/s. El instrumento debe poder calibrarse para que una señal fija produzca una marca determinada sobre la tira de papel. En conjunto, el registrador debe dar lecturas con error no mayor de 0.5 dB.

La cinta de papel a emplearse para registrar gráficamente la señal debe ser uniforme y rayada a intervalos regulares, para poder ser calibrada. Puede ser de papel encerado para uso con punzones o de papel común para uno con tinta, pero debe procurarse en este caso que el acabado sea tal que no permita que la tinta se extienda. El ancho de la cinta debe estar comprendido entre 50 y 100 mm.

#### 6.3 Equipo sofisticado

El equipo sofisticado es aquél capaz de procesar y analizar datos y dar como resultado final niveles equivalentes de ruido y niveles percentiles.

Consiste en una computadora analógica de corriente directa para comparación de señales, con un contador unitario y un cronómetro y en un procesador digital capaz de calcular el nivel equivalente y los niveles percentiles 10, 50 y 90.

La computadora analógica debe permitir entrada para una señal de sonómetro, con sensibilidad de 15 a 50 mV/Pa y una entrada directa capaz de captar señales en un ámbito de 20 Hz a 20 kHz y una tensión eléctrica entre 0 y 6.4 V, que sirve para sopesado, integrado o conversión logarítmica de la señal a comparar procedente del sonómetro. Debe poder programarse para elegir intervalos de muestreo de 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, y 10 s y valores del nivel sonoro instantáneo y máximo. Debe tener una memoria capaz de almacenar y retener datos durante el tiempo suficiente para su proceso.

La computadora, además, debe permitir conteo y cronometración externa.

El contador de señales debe cubrir el ámbito de 1,000 a 65,000 unidades. El cronómetro debe ser capaz de medir lapsos comprendidos entre 100 s y 180 h.

El procesador digital debe operar para un ámbito dinámico no menor de 50 dB, con un número de 5 ámbitos parciales traslapados. Se sugiere que use un lenguaje de proceso LSI o cualquier otro equivalente.

Debe poseer salidas para interconexión con equipo de grabación o impresores alfanuméricos. Estas salidas deben ser: digitales, de corriente continua y de corriente alterna.

## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 Levantar un croquis de la zona cuyo nivel de ruido ambiental se desea evaluar, donde se muestren las zonas aledañas y los principales accidentes topográficos y urbanísticos; e indicar las razones por la que se limita la zona en la forma anterior.

7.2 Dividir la zona total a medir en tantas zonas unitarias como sea preciso, para representar el fenómeno ambiental para estudiar. Teniendo en cuenta que un punto de medición es el centro acústico de una zona definida por razones geográficas y urbanísticas de acuerdo a un propósito determinado y el radio de influencia que está limitado por la dispersión acústica y las condiciones meteorológicas. En cada zona unitaria debe elegir un punto que sea un centro acústico.

7.3 Localizar en el croquis mencionado en 7.1 las zonas unitarias con sus centros acústicos, de acuerdo a la elección definida en 7.2.

7.4 Elegir período de integración de medición de acuerdo a lo establecido en 5.

7.5 Dividir el período de integración en lapsos iguales de medición en cada centro acústico de subzona.

7.6 Debe elegirse uno de los siguientes métodos de medición:

a) medición continua

b) medición semicontinua

7.7 Colocar el micrófono del equipo de medición en el centro acústico de subzona elegido, a una altura tal que represente el fenómeno a medir teniendo en cuenta que nunca esté a una distancia menor de 1 m del piso (esto quiere decir que, de acuerdo con lo que se va a medir, el micrófono puede colocarse en la calle o en lo alto de un edificio). La membrana del micrófono debe colocarse en un plano tal que traduzca óptimamente la señal recibida y deben emplearse los aditamentos necesarios de dispersión acústica y de protección contra el viento.

7.8 Ajustar el sonómetro de acuerdo a la escala de ponderación "A" o "C", según se elija y el selector de integración "lenta".

7.9 Mediciones continuas

7.9.1 Calibrar todo el equipo antes y después del lapso correspondiente al período de integración en cada punto. Si la señal de calibración final difiere en  $\pm 2$  dB de la leída, debe repetirse la medición.

7.9.2 En caso de emplear equipo periférico obtener los registros magnético y/o gráfico de todo el período de observación en cada punto. Si se emplea registrador magnético como fase intermedia, comparar los resultados de este registro con los de la tira de papel terminal; si no coinciden en  $\pm 2$  dB, debe repetirse la medición.

7.10 Mediciones semicontinuas.

7.10.1 Para que una medición semicontinua tenga representatividad y sea comparable a una continua, es necesario que el período de observación sea igual al período de descanso, sin importar la forma en la que éstos se distribuyan.

7.10.2 En caso de que se emplee el equipo básico solamente y dado que un observador no puede realizar observaciones durante lapsos mayores de 5 s, el período de medición en un punto debe ser dividido en lapsos que contengan observaciones y descansos equivalente. (Por ejemplo en una hora se pueden hacer 360 períodos de 5 s de observación y 3 s de descanso, más un período de 12 min de descanso).

7.10.3 Calibrar el equipo antes y después de cada serie de observaciones.

7.10.4 Proceder según 7.10.2 y 7.10.3, en caso de emplear un registrador magnético en la fase intermedia y un sonómetro en la terminal.

7.10.5 Proceder según 7.9.2 en caso de emplear un registrador gráfico en la fase terminal.

SECCION DOS

## EXPRESION DE RESULTADOS

### 8. METODO DE CALCULO

#### 8.1 Cálculo de nivel equivalente por mediciones continuas.

##### 8.1.1 Calcular el nivel equivalente según la expresión siguiente:

$$N_{eq} = 10 \log \bar{N} \quad 10N/10 \text{ dt} \quad \dots\dots(1)$$

8.1.2 Obtener el tiempo transcurrido en la medición para cada punto (lapso entre las dos señales de calibración).

8.1.3 Obtener el área bajo la curva registrada en la tira continua de papel para cada punto de medición, (las ordenadas deben considerarse a partir del origen).

8.1.4 Determinar el cociente entre los valores obtenidos en 8.1.3 y 8.1.2. Este valor es la media de los niveles medidos y equivalentes al nivel 50 N<sup>50</sup>.

8.1.5 Anotar los valores de los niveles máximo absoluto y mínimo absoluto registrados en cada punto.

8.1.6 A partir del nivel máximo trazar rectas paralelas al eje longitudinal de la tira de papel (eje de los tiempos) en pasos de 2 dB y determinar la longitud de los segmentos bajo la curva registrada, que a una escala adoptada corresponde al tiempo durante el que estuvo presente el nivel mínimo.

8.1.7 Por una interpolación lineal de los dos valores más cercanos a N<sup>10</sup> resultantes de 8.1.6 obtener el nivel 10 (N<sub>10</sub>) (nivel que estuvo presente durante más de 10% del lapso total registrado)

##### 8.1.8 Calcular la desviación estándar de la medición en cada punto por la fórmula:

$$\sigma = \frac{N^{10} - N^{50}}{1.2817} \quad \dots\dots(2)$$

8.1.9 En el caso de emplear el equipo sofisticado omitir lo establecido en 8.1.3 a 8.1.8, ya que este instrumento da los valores directamente.

#### 8.2 Cálculo del nivel equivalente por mediciones semicontinuas.

##### 8.2.1 Calcular el nivel equivalente según la expresión siguiente:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m N_i \quad \dots\dots(3)$$

##### 8.2.2 Calcular los niveles N<sup>50</sup>, N<sub>10</sub> y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto, por las fórmulas siguientes:

$$N^{50} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m N_i \quad \dots\dots(4)$$

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^m (N_i - N^{50})^2}{m - 1} \quad \dots\dots(5)$$

$$N^{10} = N^{50} + 1.2817 \sigma \quad \dots\dots(6)$$

8.2.3 Calcular el promedio aritmético de los niveles N(50), N(10) y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

8.2.4 Deben obtenerse por lo menos 360 lecturas para cada hora de medición, en forma aleatoria (de preferencia con una tabla de números aleatorios), y seguir lo señalado en 8.2.2 y 8.2.3, si las mediciones son hechas en su fase terminal con un registrador gráfico.

#### 8.3 Calcular el nivel de contaminación sonora por cualquiera de las expresiones siguientes:

$$N^{cs} = N_{eq} + 2.56 \sigma \quad \dots\dots(7)$$

$$N^{cs} = N_{eq} + d \quad \dots\dots(8)$$

$$N^{cs} = N_{50} + d + d^2/60 \quad \dots\dots(9)$$

8.3.1 Las fórmulas (7), (8) y (9), no pueden ser empleadas en forma concomitante en una misma zona total, y siempre que se use una de ellas deben indicarse claramente las razones de elección, con fines de correlación.

8.4 Calcular el determinante de ruido por la expresión:

$$d \text{ í } N^{10 - N90} \dots(10)$$

8.5 Calcular el índice de ruido por tránsito por la siguiente expresión:

$$IRT \text{ í } 4 d + N^{90 - 30} \dots(11)$$

8.6 Calcular el nivel día-noche por la siguiente expresión:

$$N^{dn} = \log \frac{1}{15 - 10 d/10 + 9 - 10 (Nn+10)/10} \dots(12)$$

24

8.6.1 Debe indicarse si el nivel día-noche es "A" o "C" según se menciona en 3.

8.7 Calcular el nivel de ruido comunitario por la siguiente expresión:

$$N^{rc} = 10 \log \frac{1}{12 - 10 N'd/10 + 3 - 10(Nt+3)/10 +}$$

24

$$9 - 10(N^{n+10})/10 \dots(13)$$

8.7.1 Debe indicarse si el nivel de ruido comunitario es "A" o "C" según se menciona en 3.

## 9. INFORME DE LA PRUEBA

9.1 El informe de la prueba debe contener los siguientes datos:

- Propósito de la prueba.
- Croquis según lo mencionado en 7.1 y 7.3.
- Tipo de medición realizada (continua o semicontinua) indicando en el caso de medición semicontinua los períodos de observación y descanso.
- Equipo empleado incluyendo marcas y números de serie.
- Nombres completos de las personas que realizaron la medición.
- Fechas y lapsos en los que se efectuaron las mediciones.
- Otras eventualidades descriptivas (condiciones meteorológicas, obstáculos).
- Valor del nivel equivalente, indicando si es "A" o "C".
- Valor del determinante de ruido y desviación estándar.
- Método de evaluación de ruido ambiental (Nivel de Contaminación Sonora, Índice de Ruido por tránsito, Nivel día-noche, o Nivel de Ruido Comunitario), indicando cuál fue el o los utilizados.
- En caso eventual, desviaciones respecto al procedimiento de esta Norma, indicando la justificación teórica y equivalencia con los valores que hubieran sido obtenidos por medio de esta Norma.

## 10. APENDICE

### JUSTIFICACION DE CONCEPTOS

#### A.1. SOBRE EL NIVEL EQUIVALENTE

La medición de los parámetros de energía acústica, intensidad y frecuencia, es una operación compleja. En el caso de intensidad, tiene que recurrirse al uso de "presiones acústicas", magnitud física mensurable mediante translaciones muy sensibles. Sin embargo, la variabilidad de estas presiones respecto al tiempo, harían imposible su medición sin o se efectuaran promediaciones a intervalos regulares. Estos promedios son obtenidos en forma cuadrática, y por lo tanto representan pulsos energéticos a intervalos regulares. El promedio se obtiene por el principio de teorema del valor medio del cálculo integral y de raíz cuadrada de este promedio se denomina "valor eficaz de la presión acústica".

Los valores medidos son, por tanto, valores eficaces que de alguna manera toman en cuenta la energía emitida por las fuentes acústicas.

El nivel de presión acústica está dado por la expresión:

$$NPA \text{ } \overset{10 \log p^2}{p_0^2} \dots(15)$$

donde se toman en cuenta presiones acústicas eficaces.

El efecto que produce la energía acústica en el ser humano está directamente relacionado con la cantidad de energía recibida y acumulada durante un cierto lapso.

Tomando en cuenta esto, fue propuesto en concepto de nivel equivalente de ruido, una cantidad establecida como una sumatoria energética en la forma siguiente:

Este valor fue usado tanto en los Estados Unidos de América como en Alemania para evaluar las consecuencias del ruido en las cercanías de los aeropuertos. En Suecia se empleó este concepto para evaluar el ruido producido por el tránsito urbano.

La fórmula (16) puede ser transformada a la ecuación (1) empleando la expresión (15).

Es importante hacer notar que los niveles de presión acústica medidos pueden obtenerse sopesados por la curva "A", con lo cual se toma en cuenta la experiencia en materia de protección auditiva, o bien, si se trata de ruidos impulsivos, tales como explosiones, ruptura de cristales, toques de claxon y ruidos de aeronaves en vuelo que pueden considerarse como ruidos ambientales, una gran cantidad de experimentos ha demostrado que el sopeso por la curva "C", da una mejor indicación en relación a la protección auditiva.

Como un criterio adecuado, el nivel equivalente debe sopesarse por la curva "A" en todos los casos que vaya a emplearse con fines de control de daños a la comunidad, y en caso de sospecharse la presencia de ruidos impulsivos, debe sopesarse, además, por la curva "C".

Como se ha mencionado, el proceso para la obtención del nivel equivalente, es el de una integración en un lapso determinado. Esta integración no indica las posibles fluctuaciones de energía. En general, el proceso de producción sonora, puede considerarse estocástico y en la mayoría de los casos particulares se distribuye en forma normal.

Así pueden ser determinados unos porcentajes teóricos, de acuerdo a una distribución normal, por medio de su desviación de la media, como un factor de la desviación estándar por medio de las expresiones:

$$N^{10} - N^{50} \overset{1.2817}{\dots} \dots(17)$$

$$N^{50} - N^{90} \overset{1.2817}{\dots} \dots(18)$$

que conducen a la ecuación (2).

## A.2 SOBRE LA CONSIDERACION DEL EFECTO COMUNITARIO

El nivel equivalente, sopesado o no, toma en consideración el efecto subjetivo individual, ya que los valores obtenidos han sido ponderados sobre el efecto psicofísico de lesión individual. Cuando se desea establecer la relación entre este efecto individual y uno comunitario, hay necesidad de recurrir a otras consideraciones estadísticas.

Suponiendo la existencia de otra distribución normal de niveles considerando el efecto comunitario por energía, puede establecerse un nuevo nivel equivalente, desviado del medio, cuya relación está dada por la siguiente congruencia:

$$k = \frac{N^{eq} - N_{eq}}{\dots} \dots(19)$$

—

el valor  $k$  así definido se denomina: "Valor de Confianza" y obviamente nulo cuando los dos niveles coinciden. A medida que hay una mayor desviación entre ambos niveles el coeficiente crece. El valor que tiene  $k$  debe ser determinado empíricamente para poblaciones determinadas. La expresión (19) conduce a la definición de nivel de ruido comunitario dada en (7) con un valor de  $k$  í 2.56.

Considerando la posible, fluctuación importante del nivel de ruido limitado por el intervalo  $N(10)$ ,  $N(90)$ , es claro que puede considerarse estadísticamente que éste sea el intervalo de confianza, dentro del cual caería la desviación del nivel equivalente. La aseveración puede expresarse en la forma siguiente:

$$N^{eq} = N_{eq} + d \quad \dots(20)$$

que es la expresión (8) antes obtenida.

De las ecuaciones (17), (18) y (20), se deduce que:

$$k \text{ í } 2.58 \quad \dots(21)$$

que verifica lo antes expresado.

La expresión (8) debe ser empleada cuando se determinen los percentiles por medición directa y en caso de que la determinación sea teórica conduce a la (7).

En el caso de desconocer el nivel equivalente y tener sólo la media aritmética  $N(50)$ , puede emplearse la expresión:

$$N^{eq} - N_{50} = k' \sigma^2 \quad \dots(22)$$

suponiendo  $k$  í 1/9 y teniendo en cuenta las ecuaciones (17) y (18), se justifica la expresión (9). Se ha propuesto en los Estados Unidos, como una contraparte de la proposición de Alemania al índice  $\hat{o}$  de ruido, un método para obtener un número significativo que sirviera para evaluar el efecto del ruido exclusivamente del tránsito y poder compararlo con el  $\hat{o}$  cuando se usa sólo por tránsito. Este número fue definido, de acuerdo a la expresión (11).

Empleando algunas transformaciones dadas por las ecuaciones (17), (18) y (10) se tiene que:

$$IRT \text{ í } (N^{50} - 30) + 9 \dots (23)$$

o sea que el nivel medio se castiga con 30 dB y a eso se le corrige con 9 veces la desviación estándar. En el caso de ruidos más o menos uniformes, simplemente se trataría de reducir la media en 39 dB, para compararla con la  $Q$  alemana.

Sin embargo, un levantamiento de ruido de tránsito demostró que el nivel de contaminación sonora es más adecuado que el índice de ruido por tránsito propuesto. El problema con el ruido de tránsito se agudiza en ciudades donde las entradas y salidas del trabajo causan embotellamientos. Nuevamente el concepto de nivel de contaminación sonora es más adecuado. La relación existente entre energía recibida y número de impulsos que llegan al VIII par craneano en la unidad de tiempo es mejor correlacionada, aunque más estricta, que los valores exposicionales de 3 dB por duplicación de tiempo, en el caso del nivel de contaminación por ruido. El índice de ruido por tránsito, en cambio, da una medida rápida y muy aproximada en ciertos casos.

### A.3. SOBRE LA CONSIDERACION DE LA ACTIVIDAD DE LA COMUNIDAD EN EL RUIDO URBANO

Los ruidos realizados para conocer el efecto del ruido de los aeropuertos en los terrenos vecinos, dieron lugar a observar una íntima correspondencia de los siguientes parámetros:

- a) hora del día
- b) tipo de operación
- c) número de operaciones similares

Lo cual dio lugar a establecer que existen ciertos patrones cíclicos (por la hora del día) y que la contabilidad de operaciones durante los períodos cíclicos determinaba de alguna manera la reacción comunitaria.

Esta reacción en su primera instancia fue dividida en la forma siguiente:

- A) "no hay reacción"
- B) "quejas esporádicas"
- C) "quejas generalizadas"
- D) "amenazas de acción comunitaria"
- E) "acción comunitaria enérgica"

Cuando se aplica este procedimiento psicométrico al análisis de los parámetros anteriores, se pueden observar ciertas relaciones, que dieron lugar a métodos de cálculo y evaluación como el de Relación de Ruido Compuesto (Composite Noise Rating) y el de Predicción de Exposición al Ruido (Noise Exposure Forecast) destinados fundamentalmente a evaluar el ruido de aeronaves. Estos procedimientos aplicados a ruido comunitario producido, ya no sólo por aeronaves, sino por cualquier tipo de fuentes a partir de eventos simples, dieron lugar a otro método denominado Nivel Equivalente de Ruido Comunitario (Community Noise Equivalent Level). Suponiendo un simple evento de ruido (paso de una aeronave, de un camión, etc.) se puede escribir la siguiente expresión:

$$N = N_{\text{máx}} + 10 \log \frac{1}{2} \dots(24)$$

Suponiendo, ahora que hay n pasos en una hora el nivel obtenido, por hora sería:

$$NM = N_{\text{máx}} + 10 \log \frac{1}{2} \frac{n}{360} \dots(25)$$

Si durante H horas de actividad es constante, este proceso puede repetirse.

Ahora bien, sabiendo que la actividad normal del ser humano se distribuye en forma más o menos constante durante ciertos períodos cíclicos durante el lapso de 24 h, la expresión (25) puede ser aplicada uniformemente en cada uno de estos períodos.

Sabiendo que el ruido producido durante uno de esos períodos puede ser más molesto que durante otro, si se pondera la energía emitida (un paso durante el día es equivalente a p pasos durante la noche), puede darse un solo valor que estime no sólo la energía emitida y su efecto, sino su molestia.

Las dos proposiciones concretas establecidas, sólo difieren en la forma de dividir el día 24 h y en la forma de ponderar estos períodos. Ellas son: Nivel de ruido comunitario.

i) Se divide el día en tres períodos de las 0700 a las 1900. de las 1900 a las 2200 y de las 2200 a las 0700 h.

ii) Se pondera el período de 1900 a 2200 con un factor de 3.

iii) Se pondera el período de 2200 a 0700 con un factor de 10.

De esta forma se obtiene la expresión (13).

Nivel día-noche.

i) Se divide el día en dos períodos de las 0700 a las 2200 y de las 2200 a las 0700 h.

ii) Se pondera el período de las 2200 a las 0700 h, con un factor de 10.

De esta forma se obtiene la expresión (12).

11. Bibliografía.

11.1 Benjegard, S. C. "Rapport 51/60 Statens Institut for bygnadsforskning - Stockholm, 1969. Bullerdesimeteren.

11.2 Burck, W., Grutmacher, M., Heister, F. J. Mueller, E. A., Matschat, K. "Fluglarm. Gutachten erstattet im Auftrag Bundesministers für Gesundheitswesen", Gottingen, 1965.

11.3 Freund, J. E. Mathematical Statistics, Prentice Hall, 1962.

- 11.4 Griffiths I. D., Langdon, F. J. "Subjetive Response to Road Traffic Noise" J. Sound Vibration 8, 1968.
- 11.5. Jones, H. W., Stredulinsky, D., Vermeulen, P. J. "Modeling of Environmental Acoustics" Paper PP9 91st, Meeting Acoustics" Soc. Amer. 1976.
- 11.6 Langdon, F. J., Scholes, W. E. "The Traffic noise index: a Method of controlling noise nuisance" Architectc" J. 147, 1968.
- 11.7 Norma ISO 2204,1973 "Guide to the Measurement of Airborne Acoustical Noise And Evaluation of its Effects on man".
- 11.8 Ostle, B. Statistics in Research, Iowa St. University Press, 1968.
- 11.9 Recomendación Iso/1966 "Assesment of Noise with Respect to the Community Response".
- 11.10 REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ORIGINADA POR LA EMISIÓN DE RUIDOS. México, 1976.
- 11.11 Schomer, P. D. "Evaluation of C-weighted day-night Level for assesment of impulse noise" J. Acoust Soc. of Amer. 67 pp. 396, 399, 1977.
- 11.12 Skidrzyk, E. The Foundations of Acoustics. Spriger Verlag, 1974.
- 11.13 Stevens, K. N. Pietrasanta, A. C. et. al. "Procedures for Estimating Noise: Exposure and Resulting Community Reactions from Air Base Operations". WADC Technical Note 57-10. Wright-Patterson Air Force Base, OH, 1957,
- 11.14 U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health an Welfare With an Adequate Margin of Safety. Document 550/9. 74-004, 1974.

## 12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta Norma no concuerda con ninguna Norma Internacional por no existir sobre el tema.  
México, D. F., a 10 de noviembre de 1978.- El Director General, Román Serra Castaños.- Rúbrica.

## CAPITULO 2 – Experiencia Laboral

### 2.1 Generadores

Los retos laborales cada vez son más complejos, en México vivimos una constante competencia y es necesario adquirir más conocimientos para poder satisfacer las necesidades, que suelen ser más exigentes actualmente.

Como **primer momento clave** el rumbo que tomo mi vida laboral, se dio al tener la inquietud de aprender todo aquello que tuviera que ver con construcción, desde la planeación, proyecto, ejecución y entrega. Fue entonces a mis 18 años que a la par de la carrera en la universidad comencé a trabajar en algo realmente enfocado a lo que me dedicaría hasta el día de hoy.

Cuando comencé la carrera estaba inscrito en el turno vespertino, decidido a involucrarme por completo en todo lo referente a la construcción, quería vivir una obra. Platicando con un compañero de la carrera, David Gamboa quien después se convirtiera en uno de mis mejores amigos, decidimos buscar un empleo de medio tiempo que nos diera experiencia, que no teníamos para nada; ese día estábamos caminando sobre periférico norte, viendo todo tipo de obras, encontramos un terreno donde había maquinaria, nuestra intención era encontrar una obra que estuviera comenzando, para vivir todo el proceso constructivo, nos acercamos y tuvimos una plática muy afortunada con un hombre que era responsable y residente a cargo, nos comentó que le haría falta personal para encargarse de los procesos administrativos, específicamente realizar generadores de obra, nosotros no teníamos idea de que se trataba pero muy amablemente nos dijo que no había problema, solo bastaba entender y aprender en uno solo formato específico para poder desarrollar, en base a ese, todo el resto de actividades. Nos comentó que esperaríamos una semana y en ese transcurso de tiempo visitamos las oficinas de la constructora responsable de esta obra, ubicadas en la colonia Roma norte, la empresa de nombre Grupo CARE, ahí firmamos una especie de contrato donde no había mucha explicación simplemente era para que nos sintiéramos seguros respecto al compromiso que estábamos adquiriendo, no preguntamos sobre sueldo, solo sabíamos que nos pagarían semanalmente y que haríamos generadores de obra, fue así entonces como fuimos aceptados en esta constructora, que con el tiempo supimos hacían muchas obras más, pero nosotros estábamos asignados directamente a la Renault Satélite, nuestro horario comenzaría entonces de 8am a 1pm de lunes a sábado, siempre llegábamos temprano y estábamos muy entusiasmados de que llegara cada Sábado pues recibíamos nuestro salario, \$1,200 que nos hacía sentir ya como arquitectos.

Uno de los grandes retos haciendo generadores fue la falta de experiencia, está la fuimos adquiriendo con cada uno de los contratistas asignados a la obra, había albañiles, herreros especialistas en instalaciones, etc., con ellos vivimos algo en específico, esto fue con la gente de albañilería en donde tuvimos que lidiar con la parte en la que no conocíamos nosotros si una trabe sé tenía que meter en el generador como metro lineal o como pieza, de igual manera, los muros no sabíamos y se cobraban como metro cuadrado o como metro lineal, todo esto no los fueron enseñando los mismos contratistas. Un día laboral como cualquier otro llegue temprano a la obra para revisar la especialidad de albañilería y poder vaciar en el formato de generador cada uno de los avances en obra, lo que hice fue imprimir un plano en donde marcaba con diferente color los muros, las zapatas, las excavaciones, los registros sanitarios y con ello en el mismo formato vaciar

las cantidades, después de dos días de arduo trabajo, según mi experiencia, le mostré a mi jefe este formato, me dijo que estaba totalmente mal, que me acercara con los contratistas y viera que me explicaran cómo se tenía que hacer, yo quedé muy desilusionado porque me había pasado todo ese tiempo dedicado y haciendo esto, por lo que esperaba por los menos que mi jefe me diera alguna explicación, un ejemplo o algo que me hiciera entender que quería, en su lugar simplemente me canalizó directamente con los contratistas, lo que hice yo fue acercarme con ellos, pero como era nuevo no les tenía confianza y claramente ellos detectaban mucha inseguridad en mí, lo cual era así yo me sentía inseguro y me daba mucha pena preguntarles cómo hacer las cosas, les enseñe lo que yo había hecho, en vez de apoyo recibí burlas y solo me dijeron que le comentarían a Saul para que él se encargara de explicarme, Saul, quien era su encargado, solo que él estaba de vacaciones y tardaría una semana para regresar a la obra, por lo que el tema de la albañilería y lo que me había encargado mi jefe se fue atrasando y recibí un fuerte regaño puesto que no tenía dicha información lista, lo que hice fue aguantar ese regaño y esperar a Saul que viniera pasada esa semana; cuando llegó Saúl me acerqué a él y le enseñé lo que yo había hecho, me dijo que efectivamente estaba totalmente mal, pero que no me preocupara ya que él me iba enseñar cómo se generaban y como se cobraba cada una de las actividades que ellos ejecutaban, tuvimos sesiones de una hora diaria hasta que me fue enseñando cómo se hace el trabajo de los generadores. Me explicó temas mucho más específicos, por ejemplo que las trabes se cuantificaban por metro lineal, las zapatas si eran corridas como metros lineales, o si eran aisladas sería por pieza, los muros por metros cuadrados, esto se hacía multiplicando el largo del muro por el alto sin contar las trabes o cadenas porque eso se cobraba por aparte, por lo cual se requería hacer un generador independiente, también me enseñó que la descripción del concepto era lo más importante ya que ahí describías perfectamente en qué consistía y que incluía el trabajo que estabas generando, y este concepto estaba directamente ligado con el costo, así es como fui aprendiendo y se nos otorgó un formato en el que vaciábamos toda la información de sus alcances ejecutados, siempre cerciorándose en la obra y con nuestro metro, midiendo cada uno de los elementos, con el paso de los días fuimos afinando el formato de generador que nos habían entregado, haciendo ajustes en las columnas y haciendo de una manera más entendible tanto para nosotros como para quien lo revisara este formato, vimos que en la misma hoja se podía referir el concepto, la ubicación específica, las medidas y un croquis que mostrara a detalle y de forma esquemática todo este proceso, poco a poco quedo armado este formato, así surgió y logramos nuestro primer reto y teníamos entonces el formato correcto que utilizamos como generador (Fig. 8)

Nos dimos cuenta de la importancia que era tener buena relación con los trabajadores y con los encargados, ya que sin ello no podríamos conseguir fácilmente que las cosas que nos encargaban fluyeran. También nos empezamos a dar cuenta de muchas cosas que hacían para poder cobrar algo que no correspondía y así tener mejores ganancias, pero al final se tenía que pagar lo justo, algo que descubrimos que hacían era en mentir en las cantidades y al corroborarlo tenían metros de más, entendimos entonces para que habíamos sido contratados y comenzamos a dar resultados positivos. Otra parte de nuestro aprendizaje fue, el saber tratar a las personas para conseguir lo que queríamos, no fue fácil y nos topamos con una cantidad de situaciones difíciles, pero finalmente avanzamos y las cosas comenzaron a salir de la misma manera que lo habíamos logrado con la gente de albañilería hacia el resto de los contratistas de las diversas especialidades.



acuerdo sin embargo nos hizo la observación de que todavía teníamos que aumentarle una columna más de lo que faltaba por estimar y los porcentajes de avance formulados en cada una de las columnas al final lo que quedó es el siguiente formato (fig. 9)

Code Clave	CONCEPTOS   ITEMS (GASTOS DE INSTALACION)	HIRED BUDGET   PRESUPUESTO CONTRATADO				PREVIOUS ESTIMATED   ESTIMADO ANTERIOR			THIS ESTIMATE   ESTA ESTIMACION			CURRENT ESTIMATED   ESTIMADO ACTUAL			TO BE ESTIMATED   POR ESTIMAR		
		Unit Unidad	Quantity Cantidad	UP MXN	PU MXN	Amount MXN Importe MXN	Quantity Cantidad	Amount MXN Importe MXN	%	Quantity Cantidad	Amount MXN Importe MXN	%	Quantity Cantidad	Amount MXN Importe MXN	%	Amount Importe	%
1	PRELIMINARS   PRELIMINARES					\$ 1,245,445.85	\$ -	0%		\$ 1,132,479.45	91%		\$ 1,132,479.45	91%	\$ 112,966.40	9%	
1.1	Preliminars   Preliminars					\$ 21,720.00	\$ -	0%		\$ 21,720.00	100%		\$ 21,720.00	100%	\$ -	0%	
	TRAZO DE NIVEL Y EJES DE ARGA A CONSTRUIR. INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO	M2	1,312.00	\$ 10.00	\$	13,120.00	0.00	0%	1,312.00	13,120.00	100%	1,312.00	13,120.00	100%	-	0%	
	TABLEROS PROVISIONALES. CABLE PARA ALIMENTACION DE TABLERO PARA EJECUCION DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION. INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO	LTE	1.00	\$ 4,300.00	\$	4,300.00	0.00	0%	1.00	4,300.00	100%	1.00	4,300.00	100%	-	0%	
	ALUMBRAO PROVISIONAL PARA EJECUCION DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION. INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO	LTE	1.00	\$ 4,300.00	\$	4,300.00	0.00	0%	1.00	4,300.00	100%	1.00	4,300.00	100%	-	0%	
1.2	Demoliciones   Demoliciones					\$ 169,890.76	\$ -	0%		\$ 169,890.76	100%		\$ 169,890.76	100%	\$ -	0%	
	RETIRO DE EMERLADO EXISTENTE EN CANCELERA	M2	55.34	\$ 85.50	\$	4,731.40	0.00	0%	55.34	4,731.40	100%	55.34	4,731.40	100%	-	0%	
	DEMOLICION DE LAMBRIN DE TABLEROA EN COLUMNA5 HASTA UNA ALTURA DE 4.10 MTS. SIN RECUPERACION DE MATERIALES. INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO, TRASLADOS DENTRO DE LA OBRA, LIMPIEZA DEL FRENTE DE TRABAJO CON EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCION DE LOS TRABAJOS	M2	50.17	\$ 80.00	\$	4,013.28	0.00	0%	50.17	4,013.28	100%	50.17	4,013.28	100%	-	0%	
	DEMOLICION DE MURIS DE TABLEROA DE 10 CM DE ESPESOR HASTA UNA ALTURA DE 4.10 MTS. SIN RECUPERACION DE MATERIALES. INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO, TRASLADOS DENTRO DE LA OBRA, LIMPIEZA DEL FRENTE DE TRABAJO CON EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCION DE LOS TRABAJOS	M2	205.63	\$ 80.00	\$	16,450.08	0.00	0%	205.63	16,450.08	100%	205.63	16,450.08	100%	-	0%	
	DEMOLICION DE PLAPONISO DE TABLEROA HASTA UNA ALTURA DE 2.60 MTS. SIN RECUPERACION DE MATERIALES. INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO, TRASLADOS DENTRO DE LA OBRA, LIMPIEZA DEL FRENTE DE TRABAJO CON EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCION DE LOS TRABAJOS	M2	188.94	\$ 80.00	\$	15,115.20	0.00	0%	188.94	15,115.20	100%	188.94	15,115.20	100%	-	0%	

Fig. 9

Formato en Excel de una Estimación. Imagen tomada del documento Excel formado para la empresa Alpha Hardin.

Ya entrados en nuestra labor no solo aprendimos a realizar generadores, también comenzamos a entender los procesos de la obra, veíamos como se manejaba un programa de obra, conocimos a tratar con los contratistas de las distintas especialidades, plomeros, albañiles, herreros, eléctricos, carpinteros, y recuerdo bien que a principio no les agradaba mucho nuestra labor pues teníamos que revisar con mucha precisión sus alcances, es por ello que generalmente sus presupuestos iniciales tendían a ser ajustados hacia abajo en cantidad y por tanto en costo, nos enfrentamos a tener que lidiar en conciliaciones que generalmente terminaban en discusiones, fue entonces que nos vimos obligados a tener el carácter fuerte, cuando nos llegaban a mandar a supervisar trabajos teníamos que lidiar con enfrentamientos porque solían ponernos a prueba de lo que les debíamos supervisar, eso fue muy complicado pero al final ayudo a ir adquiriendo conocimientos más técnicos; al cabo del paso de las semanas se comenzó a hacer algo pesado puesto que teníamos que cumplir con nuestro horario laboral y después ir a clases, poco era el tiempo que teníamos para hacer tarea y la exigencia tanto de la universidad como del trabajo comenzaron a ser mayores cada vez y luego el momento de tomar una decisión, trabajar de lleno o poderlo dejar de momento para continuar con los estudios de tiempo completo, recuerdo que hable directamente con mi jefe y me comentó que si era importante continuar con la carrera, ya que la vida laboral es un ambiente muy competitivo, lo entendí de esa manera y decidí seguir estudiando, aunque actualmente recuerdo esa experiencia como muy buena y más cuando se ve el resultado de un proyecto en el que participaste, el pasar por ahí trae muchos recuerdos, que actualmente aun funciona como agencia de la Renault (fig. 10), el proyecto inicial que existe gracias a que se les pudo pagar lo correspondiente a los contratistas que participaron en ella y todo gracias a los generadores que sustentaban la veracidad de lo realmente ejecutado.



Fig. 10

Agencia Renault Satelite. Ubicada en Perif. Blvd. Manuel Ávila Camacho 880, Sta Cruz Acatlan, 53120 Naucalpan de Juárez, Méx. Imagen tomada de:

<https://www.google.com.mx/maps/place/Renault+Sat%C3%A9lite/@19.4855623,-99.266224,13z/data=!4m10!1m2!2m1!1sRenault!3m6!1s0x85d2030284adf189:0xfea217129106f33e!8m2!3d19.4855623!4d-99.2353598!15sCgdSZW5hdWx0lgOIAQFaCSIHcmVuYXVsdJIBDnJlbnF1bHRfZGVhbGVy4AEA!16s%2Fg%2F1tngqn03?entry=ttu>

## 2.2 Formación como superintendente de obra

Cuando estaba estudiando la carrera supe que era necesario y era un requisito hacer el servicio social por lo que empecé a buscar qué tipos de servicio social existían y vi muchos interesantes que me quedaban retirados de la universidad y de mi casa, mi idea era seguir asistiendo a clases, por lo cual no me daba tiempo, así que busqué un servicio social que fuera dentro de la misma universidad aunque no tuviera mucho que ver con mi carrera, afortunadamente encontré uno que me llamó mucho la atención, como siempre me han gustado mucho los animales, las plantas y todo lo que tenga que ver con naturaleza, decidí que sería buena oportunidad trabajar en la REPSA (Reserva Ecológica del Pedregal de San ángel), yo no tenía idea de qué es lo que iba a desarrollar en ese servicio social, me acerqué con ellos y me aceptaron inmediatamente ya que les urgía una persona con la que pudieran contar y quien pudiera contribuir en un medio tiempo, y con la que pudieran trabajar un proyecto que tenían en mente, mi primer acercamiento en el servicio social fue con

Ricardo, un chico también de la Facultad de Arquitectura en el área de Arquitectura del Paisaje, que ya se encontraba haciendo su servicio social con ellos y él fue el que me explico cómo funcionaban las cosas y me presentó a Pedro Camarena, quien se convertiría en mi jefe inmediato. Pedro Camarena es un arquitecto paisajista que da clases en la misma facultad de arquitectura y que tiene su despacho llamado Laap (Landscape & Architecture, Arquitectura y Paisaje) ubicado en la calle Higuera en el centro de Coyoacán y se encuentra asociado con su esposa Mariola Sordo, con quien, en aquel entonces, desarrollaban distintos proyectos para diversos clientes, considero hacer imperativo este momento ya que ellos fueron clave esencial de mi desarrollo profesional.

Regresando a la REPSA (Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel) el titular y jefe de todos ellos y de todos nosotros era el doctor Antonio Lot. Cuando lo conocí me pareció una excelente persona pues me dio mucha seguridad y me dijo que esperaba mucho de mí para contribuir con el proyecto que Pedro Camarena tenía, fue ahí donde me explicaron lo que iba hacer durante mi servicio social, se trataba de un trabajo integral en beneficio de un problema latente, que son las inundaciones en época de lluvias en la zona de los pedregales, estaba muy interesante y quedé muy entusiasmado, puesto que era algo diferente a lo que yo venía haciendo. Posteriormente teníamos que hacer levantamientos en toda la zona de los pedregales de investigación social y económica en las delegaciones Tlalpan Y Coyoacán, reportes fotográficos, estadísticas, mapeos. Acudimos al INEGI para tener información, y existía un especialista dedicado a vaciar toda esta información en mapas dentro del polígono de los pedregales para hacer referencia grafica de la realidad de la zona, además con el equipo que se había formado comenzamos hacer recorridos en todas estas zonas, lo hacíamos a veces caminando o en bicicleta y entrevistábamos a la gente aunque teníamos objetivo real de qué pasaba con el agua de las lluvias para dónde se iba y como se canalizaban, nos dimos cuenta que la carpeta asfáltica era el principal problema ya que ante una lluvia la naturaleza es que el agua se filtre a los mantos freáticos por medio de los pedregales y esto no estaba sucediendo en toda las zona que antes era pedregal.

Era tal mi gusto por el trabajo en campo que me adapte muy rápidamente el equipo, estaba conformado por especialistas geólogos de la UNAM, había también especialistas sociólogos, especialistas paisajistas, especialistas arquitectos y encabezando el equipo, el doctor Antonio Lot, biólogo. Con ello hacíamos un compendio de ideas y logramos plasmar modelos de intervención en las calles y en las banquetas donde lográramos la infiltración del agua hacia los mantos freáticos, se hicieron talleres con las distintas delegaciones, se le enseñó a la gente como se podían hacer las cosas sin que fuera costoso e incluso terminamos escribiendo un libro muy completo con información real (fig. 11), y gracias a los talleres que hicimos en aquel entonces, este libro se le entregó a las delegaciones para que continuarán haciendo estos trabajos en sus diversas administraciones.

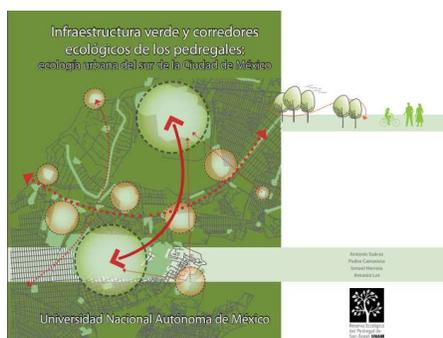


Fig. 11

Libro de Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales. Imagen tomada de archivos personales.

Considero que este trabajo y el servicio social me ayudó mucho para adquirir confianza en mí mismo y en mis conocimientos, confianza en que si podía hacer las cosas, esto lo vio seguramente Pedro Camarena quien directamente me invitó a trabajar en su despacho de arquitectura y en donde me asignó primero como proyectista, trabajando y buscando los proyectos que le eran asignados con los diversos clientes, yo empecé a captar ideas de los clientes y a plasmarlas en planos para posteriormente pasársela a los compañeros que hacían directamente la ejecución de las obras, transcurrió aproximadamente un año y yo seguía trabajando de medio tiempo y estudiando, hubo un momento en el que Pedro Camarena habló conmigo y me dijo que uno de los responsables de obra se iba ir a vivir a otro estado y que necesitaba cubrir ese puesto y no tenía ninguna persona para hacerlo, me dijo, que me consideraba capaz para entrar al área de supervisión de obra y fue así que inicié en esa área y comencé a enfrentarme con la ejecución de los proyectos que yo mismo desarrollaba. El reto para mí en ese entonces fue muy fuerte puesto que había hecho generadores en las obras pero jamás había supervisado y dado órdenes a los contratistas, fue que me di cuenta que había crecido laboralmente y que era necesario hacerlo. El primer reto al que me enfrenté, fue un proyecto de una Ludoteca en una casa de las Lomas, de una señora que tenía la necesidad de hacer, en uno de los sótanos, una ludoteca para sus hijos, ella comentó su necesidades, a esta entrevista me acompañó Mariola, la esposa de Pedro Camarena, ella me pidió poner mucha atención a su plática con la clienta e ir anotando todas las ideas que se transmitían, también hicimos un levantamiento tanto fotográfico como de medidas, llevábamos metro y todo lo necesario, me pidió Mariola que observara las salidas hidráulicas, la altura de los techos, la altura de las trabes, los muebles existentes, las ventanas, el color de las cortinas, el color de los muros, de qué color estaban pintados y un reporte fotográfico muy completo y detallado de todo el espacio, todo esto para tener el material suficiente para poder hacer el proyecto. Un día después para después de regreso en el despacho, tuvimos una pequeña reunión con los dibujantes, la idea era que junto con Mariola, proyectáramos este espacio, recuerdo que primero realizamos una lista de necesidades, entre ello era que la señora necesitaba para sus hijos dos áreas, una de trabajo y otra de juego, enseguida estuvimos recopilando toda clase de información e investigación de análogos de Ludotecas, así transcurrieron varios días hasta que teníamos una idea clara y una presentación lista para mostrársela a nuestra clienta, eran constantes las conversaciones con la clienta, para seguir teniendo ideas y necesidades que a ella le gustaran y poderlas interpretar para plasmarlas finalmente en nuestro proyecto. El trabajo lo realizamos arduamente durante aproximadamente un mes, en ese lapso de tiempo yo trabajé un librero muy completo, un librero abatible que hacía que el espacio se dividiera en dos secciones, esta fue una propuesta mía que le gustó mucho a Mariola y la cual incluimos en el proyecto, era un librero con ruedas abatible para que el espacio estuviera cerrado o abierto según la conveniencia del cliente y se cumpliera a su vez la necesidad de dividir el espacio en dos, después de presentarle esta propuesta a la clienta, su entusiasmo fue evidente y entonces estábamos listo para ejecutar, sin embargo, estuve investigando muchos materiales de acabados y de carpintería que nos hacían falta.

Ya que teníamos claro el proyecto, se trabajó sobre el presupuesto, y este se aceptó y aprobó por parte de la clienta. Pedro Camarena, me dijo que era momento de que yo era el indicado para supervisar la obra, este es entonces mi **segundo momento clave** ya que de inmediato me mandó a que yo ejecutara la obra, junto con una serie de contratistas asignados. Teníamos cierto tiempo para hacerlo, este era aproximadamente cuatro meses, con ello comencé a supervisar obra y a ir a la casa de la señora para dar seguimiento puntual a cada uno de los trabajos, me topé entonces con un problema muy fuerte, no me estaba dando tiempo y no me daba abasto para desarrollar el proyecto y para seguir supervisando a la gente, por lo que hablé con Mariola y Pedro, quise ser muy claro con ellos y definitivamente si solicité que alguien más tendría que hacer proyecto para yo poder seguir

supervisando el tiempo adecuado y ver cada uno de los detalles que se presentaban en la obra, ya que para todo, los contratistas, me preguntaban a mí de qué manera resolver cada detalle y cada duda, ya durante el proceso de la obra, comencé a comprender que cada una de las cosas que hacía conllevaban constante comunicación con la clienta, ya que ella era quien definía lo que se hacía y lo que no se hacía, y claro siempre teníamos que darle gusto, finalmente ella era quien nos estaba pagado.

### 2.3 Líder de proyecto

Al crecer mis expectativas busqué una constructora más grande, que hiciera proyectos mucho más ambiciosos y el **tercer momento clave** fue cuando me buscaron de la empresa Alpha Hardin donde actualmente laboro. Mi primer acercamiento fue el día de la entrevista, donde me cuestionaban sobre el manejo de los Precios Unitarios, generadores y trato con contratistas, afortunadamente ya contaba con capacitaciones en programas donde se manejan matrices que comprenden los costos de las partidas y alcances en una obra, me percaté que les urgía la persona que se ocupara de ello, tardaron dos días en hablarme de regreso para que me presentara en una obra que afortunadamente estaba muy cerca de mi casa, se trataba de la ampliación y adaptación de las oficinas corporativas en una **nave industrial para BANORTE**, al sur de la ciudad, era un proyecto en el que mi labor no la comprendía en ese momento, no sabía si iba a supervisar obra, hacer generadores, coordinar contratistas, ahí conocí a Leonardo Díaz, quien era el ingeniero responsable, me explicó que la exigencia era mucha ya que me tenía que encargar directamente de la conciliación de los precios Unitarios de un presupuesto que ya existía, yo estaba muy interesado pues antes de ser contratado ya había investigado que tan grande era la empresa, sus oficinas centrales se ubicaban en la colonia Condesa en la calle de Cuautla, el caso es que me asignaron una computadora para realizar las matrices de los precios unitarios, era mucho la carga de trabajo, ya que en el día a día salían, aparte de los alcances del presupuesto ordinario, costos de los trabajos extraordinarios, de los cuales también comencé a llevar control sin que nadie lo pidiera, teníamos una supervisión muy exigente y me comenzaron a ver tanto los clientes como los contratistas, como una figura administrativa, no estaba solo, pues se encontraba conmigo una compañera de nombre Cyntia Flores, ella ya tenía casi un año trabajando en esta empresa, y me explico muchos procesos dentro de la empresa que yo desconocía, así me adentre y me involucré en todo el proceso, comencé a darme cuenta de que para todo existía un proceso establecido y que se tenían que respetar las cosas como se exigían en la empresa, entendí que muchos de estos procesos les faltaba afinarlos más, y adecuarlos a las necesidades de la obra, afortunadamente me dieron libertad para hacerlo, y comencé a trabajar sobre mis propios formatos tanto de generadores, como matrices de precios unitarios, presupuesto, estimaciones, ordenes de cambio, RFI (Request for Information), Submittals y toda una serie de documentos que comenzaron a ser esenciales para el control de la obra, noté que cada vez la exigencia era mayor, y no solo tenía a mi cargo generar los Precios Unitarios, sino que también comencé a realizar generadores de todos los alcances y esto hizo que me sobresaturara, no podía con tanto ya que la obra eran alrededor de 12,000 m<sup>2</sup>. Platicando con Leonardo Díaz, me propuso que comenzara a delegar responsabilidades, que contábamos con los contratistas, y era parte de su responsabilidad ayudarnos a llevar también temas administrativos para poder de esta manera comprobar su avance y así justificar la programación de sus pagos

semanales, esto me ayudó mucho y para empezar organizamos de tal manera que era mucho más fácil tener el compendio de generadores. El proceso para estos era el siguiente:

1. Se tomaba como base el presupuesto con el cliente
2. Se entregaba a cada contratista de cada especialidad los planos y el catálogo de conceptos para que elaboraran su propio presupuesto
3. Se autorizaba y se firmaba un subcontrato llamado Anexo A para formalizar sus alcances y lo que se le pagaría
4. Una vez ejecutados los alcances en la obra elaboraban los generadores
5. Se revisaban y conciliaban con el cliente
6. Una vez que se tenían las firmas de revisión se pedía a los contratistas vaciar la información en un formato de estimación
7. Se obtenía el importe que se tendría que programar para pago

Todo este proceso se comenzó a llevar de una manera efectiva, sin embargo el problema comenzó una vez que nosotros teníamos que cobrarle a nuestro cliente, ya que se requería no solo de la revisión de generadores sino de la conciliación de Precios Unitarios, para esto solo existíamos dos personas, la figura que me autorizaba y yo, pasábamos muchas horas conciliando y se iban resolviendo aunque se pedían muchos trabajos fuera de catálogo, a los que llamábamos adicionales o extraordinarios que también tenían que ser conciliados tanto en precio unitario como en cantidad con los generadores, era muy estresante ya que el tiempo comenzaba a ser limitado y los trabajos tenían que ejecutarse, muchas veces se ejecutaban sin tener una autorización previa, así que comencé a tener problemas con ello y a buscar un modo de agilizar estas revisiones, se sumaron también los contratistas y hablamos con el cliente para que esto fuera permitido, de esta manera las conciliaciones no solo eran efectivas sino justas para ambos intereses, el cliente, nosotros como coordinadores de obra y los contratistas que terminaban conformes con lo conciliado. Esta obra, Banorte, me ayudó mucho para entender los procesos de la empresa, llegaron los tiempos de la entrega de la obra y fue muy satisfactorio verla terminada y que finalmente nos firmaran un acta de entrega final, eso sí era felicidad después de tanto estrés.

La siguiente obra a la que fui asignado fue a una **demolición de una casa habitación en la colonia Portales**, ahí también estuve de supervisor y el horario era muy extenso ya que entraba a las 8am y salía oficialmente a las 6pm, aunque siempre se extendían los trabajos y terminaba la jornada entre 9 y 10pm. Ahí me encontraba a muchos de los contratistas que ya conocía en Banorte, principalmente estaba la empresa de demolidores que también tenían en su alcance el retiro de escombros. Una de las dificultades que ahí tuvimos fueron los vecinos, se quejaban constantemente por el ruido, nos detenían la obra, llamaban patrullas y esto era todos los días, afortunadamente teníamos todo en regla y siempre nos respaldábamos con nuestros permisos de obra, finalmente decidimos realizar un documento por medio de un Notario que avalara el estado actual de las viviendas vecinas, esto para tranquilizarlos y hacer constar que cualquier daño ocasionado por la obra fuera cubierto, la realidad es que no existía ese problema, pero los vecinos resultaron quisquillosos y querían sacar provecho de la situación. Una vez terminada la demolición hicimos limpieza del terreno y finalmente entregamos a nuestro cliente porque realizarían un proyecto de 8 viviendas, pero el alcance de su construcción no estaba contratado con nosotros.

Conforme me asignaban a los distintos proyectos, fui adquiriendo confianza en mí mismo y experiencia, siempre fue ligado a la obra, me asignaban la responsabilidad completa, o bien siempre tuve un equipo y nos repartíamos las tareas, a veces me enfocaba en temas administrativos y a veces, más a la ejecución de la obra. La siguiente misión asignada, fue un **consultorio muestra para el hospital MEDICA SUR**, ya que existe un proyecto en puerta en el cual a la fecha se siguen realizando las gestiones para su realización, el consultorio muestra consistía en hacer en escala real un consultorio que pudieran llegar a ver los clientes, en este caso los médicos y pudieran invertir en la preventa. El proyecto me fue entregado directamente para ejecución y Leonardo Diaz me apoyo en asignar a los contratistas que estarían participando en la ejecución de la obra, una vez teniéndolos lleve control de los presupuestos de cada contratista, durante la ejecución de la obra llevaba control del ingreso del personal y como Leonardo estaba asignado a otro proyecto comenzó a dejarme solo, por lo que yo tenía en muchas ocasiones juntas y recorridos con él cliente, así fue como tome un papel de superintendente de obra.

Terminando esta obra me reuní de nuevo con Leonardo Diaz, quien había sido mi jefe en la obra de Banorte, esta vez fue porque nos avisaron que habíamos ganado un concurso, se trataba de una obra muy completa, el **edificio para ESPN** (fig. 12), ubicado en Periférico Sur al lado del Ángeles del pedregal, aquí fue donde comenzó mi verdadero crecimiento como superintendente de obra, aunque la labor que desempeñaba fue realmente integral. Cuando llegue ya había compañeros de la compañía ejecutando la obra civil, ya tenían avanzada la excavación, incluso ya habían colado varios sótanos de estacionamiento, en la parte administrativa estaba Carolina Negrete, llevando la supervisión de la obra civil estaba Juan Pantoja, las ingenierías estaban coordinadas con Jesus Gutierrez y un supervisor de seguridad, Miguel Santibañez. La obra duró aproximadamente un año, el verdadero motivo por el que fuimos nosotros era porque realizaríamos la obra de interiores, oficinas y estudios de grabación de ESPN, para ese entonces yo ya comprendía sobre los procesos de la empresa, como estaba dividida y que departamentos existían y que desempeñada cada uno de ellos, ya conocía a mucha gente con la que me desarrollaba, sin embargo nunca dejaba de aprender, siempre durante la ejecución de esta obra salían imprevistos y cambios al proyecto, la parte encargada del proyecto era la empresa SPACE, ellos entregaron toda la arquitectura del edificio, e incluso de los interiores, las especificaciones eran muy complejas ya que había muchos temas técnicos que debíamos atender, siempre respaldados de los contratistas a cargo. El edificio tenía 11 niveles, que estaban completamente a nuestro cargo, estaba dividido de la siguiente manera:

Sótanos – eran estacionamientos, en ellos se armaron las oficinas provisionales y bodegas de proveedores y coordinadores.

Núcleo vertical – Elevadores, montacargas

Planta Baja – Acceso vehicular, peatonal, caseta de vigilancia y recepción principal

Piso 1 y 2 – Cuartos de máquinas, patio de antenas, baños, oficinas administrativas del edificio, bodegas del edificio

Piso 3 y 4 – Estudios de grabación A y B, Cuarto de monitoreo, cuarto eléctrico, bodega, baños, vestuarios

Piso 5 y 6 - Estudios de grabación C y D, Cuarto de monitoreo, cuarto eléctrico, bodega, baños, vestuarios

Piso 7 – Oficinas de ESPN (Zona directiva y zona de espacio abierto)

Piso 8 – Cuartos de edición, cabinas de radio grabación

Piso 9 – Site, cuartos de monitoreo  
Piso 10 – Oficinas de espacio abierto  
Pisos 11 a 14 – Libre para renta  
Azotea – Áreas para Equipos, Helipuerto, Cuartos de máquinas, Cuarto eléctrico



Fig. 12

Edificio Fuente Bella. Imagen tomada por Luis Juárez, director del área de obra civil en la empresa Alpha Hardin.

Considero qué dentro de este tercer momento clave, debo considerar todas las obras en las que he participado, puesto que, gracias a ello, he seguido adquiriendo experiencia en todo este tiempo, por ejemplo: CNH. Edificio completo e interiores. Patriotismo. CdMx, EL BAJIO. Restaurante. Mundo E. Edo. De Mex., CBRE. Torre Virreyes Piso 17. Oficinas, CdMx, CBRE. Montes Urales. Oficinas Cooperativas, CdMx, CBRE. Edificio Arboledas. Oficinas, Monterrey NL., **GOOGLE. Montes Urales Piso 1, CdMx**, del cual más adelante hablare sobre un estudio de caso, SONY. Santa Fe. Oficinas. CdMx, THOMPSON & KNIGHT. Palmas. CdMx, HOLCIM. Carlos Graeff 222 Santa Fe. Edo. De Mex., BAXTER. Polanco. Oficinas CdMx, ERNEST & YOUNG. Torre Nouvalia Nivel 8. Queretaro, ERNEST & YOUNG. Torre Natyvo Nivel 23. Puebla, PROCTER & GAMBLE. Paseo Interlomas. Huixquilucan. Edo. De Mex., CHIESI. Av. Coyoacán 1622. CdMx, NBA. Paseo de la reforma 1236 Santa Fe. CdMx, FEDERAL MOGUL. Oficinas Nave industrial. Edo. Mex., HELM. Toreo Edificio A Piso 17. CdMx, MONDELEZ. Henry Ford 3. Tlanepantla. Edo. De Mex. BUFETE ASALI. Juan Salvador Agraz. Santa Fe. BAXTER. Masaryk. Polanco. THOMSON REUTERS. Edificio Cuarzo. Reforma. CdMx. FACEBOOK. Torre Virreyes. Miguel Hidalgo. CdMx. Etc.

## **2.4 Estudio de caso - Adecuación y materiales acústicos empleados en un cuarto de música en las oficinas corporativas para la empresa Google, ubicada en la Calle Montes Urales, Col. Lomas de Chapultepec, Ciudad de México**

### **2.4.1 Introducción**

Dentro del mercado para realizar los interiores corporativos de las empresas, existe un gran reto de organización y metodologías que las constructoras deben implementar para lograr tener un buen seguimiento en el proceso sobre el inicio, la planeación, ejecución, control y cierre de los proyectos.

En este capítulo nos daremos cuenta, de qué modo estuvo conformada la empresa para la cual laboro y cuál fue el proceso, específicamente el caso que aquí estudiaremos es sobre las oficinas corporativas de la empresa Google, ubicada en la calle Montes Urales en la Colonia Lomas de Chapultepec de la Ciudad de México.

#### **AREAS ENCARGADAS**

### **2.4.2 Dirección general**

La dirección fue el elemento del proceso administrativo que tuvo como finalidad coordinar los elementos humanos de la empresa, implicó que un responsable con nivel de autoridad generó liderazgo, así como motivación, comunicación, cambio organizacional e individual y creatividad. Fue de vital importancia porque puso en marcha todos los lineamientos establecidos por la planeación y la organización, y por medio de éstas se lograron las formas de conducta más deseables en los miembros de la estructura organizacional, su calidad reflejó el logro de los objetivos organizacionales, y por conducto de la dirección se estableció la comunicación necesaria para que la organización funcionara.

Su función era vigilar el rumbo, hacia donde se encaminó la organización mediante la autoridad, el liderazgo efectivo, la comunicación, la motivación adecuada, así como el cambio organizacional e individual que exigían las circunstancias, de esta manera se logró la competitividad de la empresa, en este caso la constructora en donde desarrollamos la ejecución del proyecto de las oficinas de Google.

En la empresa las funciones típicas de la dirección fueron la autoridad, liderazgo, comunicación, motivación y supervisión, jugaron un papel muy importante, porque de ello dependió el éxito.

Se aplicaron conocimientos para tomar decisiones; para la discusión de este papel se tomó en cuenta el comportamiento de las personas, como individuos y como grupo de manera apropiada y poder alcanzar los objetivos de la organización.

La dirección finalmente logró guiar a un grupo de individuos para lograr los objetivos de la empresa, identificando el papel que desempeña el gerente o de supervisor, conociendo los aspectos generales de la dirección, el mejor estilo de liderazgo, además de identificar las ventajas y desventajas que cada uno representó.

La comunicación dentro de la empresa fue de vital importancia, porque quien no maneja información no tiene poder y es importante que el director y los subordinados hayan estado bien informados para el buen manejo de la empresa.

### **2.4.3 Departamento de Ventas**

La función del departamento de ventas fue asumir su papel como una pieza clave y su función fue más allá de lograr la venta de la realización de las oficinas de Google, pues asumió roles de planeación, ejecución y control de actividades para el mejor funcionamiento de esta área. Entre estas funciones estaban:

- Establecer los objetivos
- Planificar las estrategias
- Atender al cliente Google
- Promover a la empresa

### **2.4.4 Gerencia de Costos**

El objetivo de la gerencia de costos fue lograr actividades que logran ayudar a mejorar la dirección táctica de la empresa e incrementar sus utilidades. El área de costos tuvo la obligación de calcular el costo del presupuesto final del proyecto. Este cálculo tuvo un fuerte impacto en el margen de utilidad de la empresa, y por lo tanto llamó la atención de los auditores, quienes se basaron en los cálculos del personal de costos para verificar su precisión, un pequeño error en el cálculo del presupuesto final se pudo haber traducido en un cambio muy grande en los resultados financieros de la empresa.

Para fijar los precios, la gerencia fue la responsable de establecer los precios de venta de los catálogos de conceptos del proyecto, los cuales estaban basados tanto en la oferta y demanda, como en el costo de producción de los mismos. Aun así, el área de costos estuvo involucrada en el establecimiento de precios por las siguientes 3 razones:

- *Establecimiento de precios incrementales.* Estos precios se establecieron cuando el cliente ordenó uno o más alcances.
- *Establecimiento de precios basados en el costo estándar del alcance.* El área de costos llevo un sistema de costos estándar muy específico y a detalle para poder basar en este los precios de venta.
- *Precio de venta demasiado bajo.* Existió el riesgo de que la gerencia de ventas estableciera un precio de venta demasiado bajo, por lo tanto el área de costos se hubiese visto en la necesidad de proporcionar información actualizada y correcta de los costos de ejecución de cada alcance.

También el área de costos tuvo la obligación de investigar todos los costos de la compañía, y de reportar a la administración cualquier oportunidad que encuentre de reducción de costos. El área de costos fue la responsable de elaborar el presupuesto que la compañía presento a su cliente Google y estuvo involucrado en proporcionar información usada para la realización del mismo.

#### **2.4.5 Área Legal**

Fue la encargada de acordar con el titular de Alpha, todo lo referente a la normatividad interna que tiene la empresa, así mismo, fue representante legal de la empresa ante los juzgados y tribunales en todo juicio que este inmerso con la empresa, tuvo los controles de normativas juntos con la dirección administrativa para lograr el buen funcionamiento de la empresa, fue la encargada de resolver los problemas internos y aplicar las sanciones administrativas correspondientes por faltas al interior de la empresa.

Esta área constituyó la piedra angular para el correcto ejercicio de la función jurídica dentro de la empresa. Dependió directamente de la planificación estratégica de la empresa, que el director jurídico tuvo siempre en consideración, fue así como se planificaron las acciones legales a adoptar y los recursos a dedicar a cada área legal para evitar contingencias en primer lugar, y en segundo lugar para ofrecer las alternativas legales más plausibles o afines con la política de la empresa y más económicas desde el punto de vista de costo financiero-fiscal.

#### **2.4.6 Recursos Materiales**

Se trató de todos los bienes tangibles o concretos que dispuso Alpha Hardin, con el fin de cumplir y lograr sus objetivos como: instalaciones, materia prima, equipos, herramientas, entre otros.

#### **2.4.7 Crédito y cobranza**

Los créditos y cobranzas fueron dos procesos, o bien digamos, conceptos íntimamente relacionados. La palabra crédito deriva de creer. En materia comercial, pudimos decir que un crédito significaría el compromiso de pago que adquirió el cliente. El crédito permite tomar dinero de mañana prestado para obtener algo hoy. En concreto, al usar un crédito está prometiendo que cancelará su deuda.

#### **2.4.8 Área de obra**

##### PROCESOS DE LA OBRA

##### **2.4.8.1 Inicio**

###### **2.4.8.1.1 Visita al lugar**

Se contó con un primer acercamiento al sitio donde se realizó el proyecto, con el fin de conocer el lugar y detonar las diferentes planeaciones correspondientes. Fue necesario realizar una visita previa al inicio del proyecto para familiarizarse con el lugar, hablar con el administrador fue clave y de esta manera se pudo preparar el comienzo de actividades de la mejor manera. En esta visita se hizo un levantamiento del estado físico con el que se recibió el sitio, se identificaron requerimientos particulares del trabajo (por ejemplo, restricciones de horario, relación con vecinos, administración del inmueble, accesos y estacionamiento) y se identificaron riesgos. Este levantamiento se documentó y archivo adecuadamente.

#### 2.4.8.1.2 Diseño esquemático

El despacho encargado de realizar el diseño del proyecto fue la empresa SPACE, con ello contábamos ya con una primera versión de diseño arquitectónico el cual incluía criterios estructurales y de instalaciones. Sirvió para darnos una idea de los trabajos a realizar, pero no fue un documento lo suficientemente detallado como para hacer un presupuesto ni para realizar la obra. Fue importante para la empresa contar con el diseño preliminar o conceptual en este caso, de lo que el cliente quería desarrollar, para así complementar los servicios de gerencia de proyectos con el seguimiento en conjunto hasta proyecto ejecutivo apto para la construcción por medio del área de COSTOS o bien asistimos al cliente en las reuniones con su arquitecto SPACE. (Fig. 13)

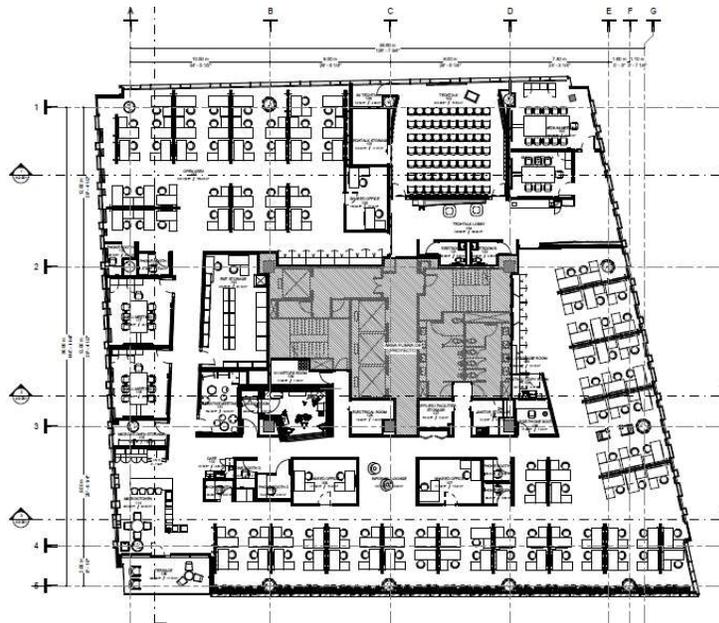


Fig. 13

Planta arquitectónica. Propuesta ejecutada por la empresa SPACE. Imagen tomada de archivos de autocad.

#### 2.4.8.1.3 Documento de requerimientos

Se definió el alcance; conocimos con anticipación los requerimientos de Google para trabajar en conjunto con el arquitecto y PM (CBRE) hacia el mismo objetivo. Estos estaban lo más detallado posible, tuvieron que ser precisos y explícitos para evitar posibles confusiones durante la ejecución del proyecto.

#### 2.4.8.1.4 Programa preliminar

Tuvimos una primera impresión de la duración aproximada del proyecto. Derivado de los requerimientos del cliente establecidos en la primera reunión, se realizó un programa muy general, por partidas principales. Este sirvió de referencia para visualizar de manera preliminar la duración total del proyecto y la duración de las principales actividades. Este programa se incluyó en la

propuesta y sirvió de referencia para más adelante realizar un programa detallado, sirvió para determinar si es posible cumplir con el requerimiento inicial de Google. El manejo del tiempo fue parte fundamental de la administración de proyectos, por lo que fue de vital importancia que en todo momento se tuviera el control del mismo y en todo momento se compartió con Google.

#### 2.4.8.1.5 Presupuesto paramétrico

Este presupuesto se hizo al principio de la obra, y sirvió como referencia para estimar el costo del proyecto; en ocasiones este presupuesto sirvió para las pláticas iniciales con Google. Para elaborar este presupuesto, se tomó como base la información obtenida de la primera reunión con Google.

#### 2.4.8.1.6 Propuesta de contratistas

Se dieron a conocer a Google, los contratistas del padrón de la constructora que se habían desempeñado de la mejor manera en otros proyectos y que se consideró se podían utilizar para realizar un buen trabajo en su proyecto.

#### 2.4.8.1.7 Asignación de responsables

Se aseguró que el recurso asignado como responsable el proyecto garantizara la eficiencia operativa en termino de tiempo costo y calidad en todas las etapas del proyecto.

### **2.4.8.2 Planeación**

#### 2.4.8.2.1 Catálogo de conceptos

Se estructuró el alcance general del proyecto dividiéndolo en menores componentes con el fin de integrar todos los entregables para una mejor gestión.

#### 2.4.8.2.2 Proyecto ejecutivo

Se contó con toda la información en planos del contrato que contemplaron el alcance de la constructora. Constó de todos los planos del diseño arquitectónico elaborado por SPACE, la ingeniería estructural, la ingeniería de instalaciones y todos los detalles correspondientes en versión ejecutiva y aprobada para construcción por parte del cliente.

#### 2.4.8.2.3 Firma de contrato

Se convirtió el alcance con el cliente y se formalizar la relación comercial con Google para especificar los servicios y condiciones.

#### 2.4.8.2.4 Tramites y permisos (Sindicato)

Generalmente dependiendo del proyecto se debe de realizar distintos trámites. En este caso el trámite fue realizado por la constructora en cuanto al pago Sindical que debía cubrirse para permitir la realización del proyecto y la cuestión del permiso con las autoridades gubernamentales fueron hechas directamente por Google. Se contaba con la documentación necesaria que las autoridades locales y administrativas del sitio exigieron. No debemos de realizar proyectos que no cuenten con

toda la documentación necesaria para laborar, de acuerdo, a las leyes locales vigentes. La constructora no debe realizar ninguna actividad que implique utilizar algún tipo de corrupción.

#### 2.4.8.2.5 Oficina provisional de obra

En el sitio de obra contábamos con un área de trabajo designada y privada, equipada con todo lo necesario para realizar trabajo administrativo, control de proyecto, juntas con Google y contratistas. Los requisitos que tenía la oficina de proyecto fueron los siguientes:

- Espacio físico determinado
- Iluminación
- Contactos
- Pizarrón con plumones
- Mesa de juntas -Mesas de trabajo Sillas
- Archivero Impresora
- Sello para los planos, Sello para estimación
- Soporte para cascos, Mueble para bandera de planos
- Internet y teléfono Papelería de la empresa
- Papelería de uso común Carpetas de obra
- Programa pegado en el muro
- Bandera de planos Formatos oficiales de obra
- Equipo de seguridad e identificación
  - Chalecos
  - Cascos y lentes
- Botiquín

#### 2.4.8.2.6 Selección de proveedores y materiales

Se escogió con el cliente, los mejores proveedores y materiales de conformidad con la calidad esperada, fue importante aportarle al cliente la experiencia de la empresa para que de manera conjunta se pudiera seleccionar la mejor opción de contratistas.

#### 2.4.8.2.7 Programa base conciliado

Nos aseguramos de que todos los involucrados del proyecto participen en la elaboración del programa base, con el fin de que este fuera lo más apegado a la realidad. Basado en el programa preliminar se produjo el programa base, el cual sirvió de comparativa contra los avances reales que se fueron ejecutando. Este programa contenía todas las partidas con su respectiva secuencia, duración y actividades llegando a un nivel de detalle lo suficientemente claro para identificar el cumplimiento de hitos. (Fig. 14)

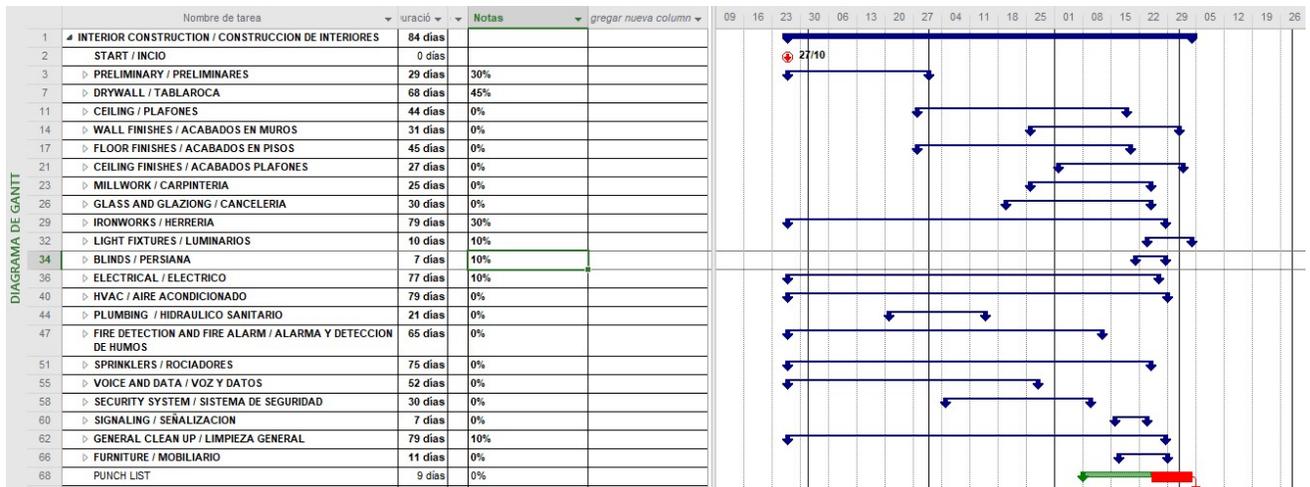


Fig. 14

Programa de obra. Imagen obtenida del programa Project. Archivo armado por el líder de proyecto: Cesar Herrera.

#### 2.4.8.2.8 Presupuesto base

El presupuesto base fue el de contrato entregado al cliente y realizado con base en los planos, croquis y/o especificaciones iniciales. Este presupuesto fue sobre el cual se realizó el proyecto. Este archivo fue un documento interno y confidencial. Los contratistas no conocieron este presupuesto ya que siempre se debía buscar un ahorro a la hora de negociar sus contratos. Este presupuesto formó parte integral del contrato con Google. (Fig. 15)

OBRA		CORPORATIVO DE OFICINAS GOOGLE AV. F. PE.	
TIPO DE PROJ.		OBRA NUEVA	
MERCADO IN		MONTES VIEJES 441	
FECHA		04/01/2012	
DESCRIPCION		FECHA DE INICIO DE OBRA:	04/01/2012
		FECHA DE APERTURA:	04/01/2012
SOPRINA		ARQUITECTURA	
		FECHA DE EMISION:	01/11/2012
RESUMEN PRESUPUESTO			
Partida	Costo Directo	Costo Indirecto	Importe
<b>a ARQUITECTURA</b>			
a1 Asesoramiento	\$21,754.64	\$2,710.58	\$24,475.32
a2 Asesoría	\$131,754.00	\$15,143.88	\$146,897.88
a3 Materiales, pintura y otros	\$1,000,000.00	\$118,740.47	\$1,118,740.47
a4 Contratos	\$1,128,800.00	\$134,275.23	\$1,263,075.23
a5 Planos y memoria	\$457,853.00	\$57,021.84	\$514,874.84
a6 Planos y vistas	\$422,298.44	\$51,265.45	\$473,563.89
a7 Materiales	\$46,405.29	\$5,650.33	\$52,055.62
a8 Carpintería fina	\$686,801.24	\$84,698.08	\$771,499.32
a9 Muebles y equipos	\$12,544.14	\$1,541.88	\$14,086.02
a10 Instalación de equipos	\$55,800.00	\$6,846.00	\$62,646.00
a11 Asesorías	\$1,117,067.28	\$144,028.50	\$1,261,095.78
<b>b INGENIERIA</b>			
b1 Honorarios	\$2,242,180.42	\$279,238.09	\$2,521,418.51
b2 Honorarios	\$1,480,000.00	\$185,000.00	\$1,665,000.00
b3 Honorarios	\$700,000.00	\$87,500.00	\$787,500.00
b4 Honorarios (servicio post venta y mantenimiento incluido)	\$918,503.05	\$114,812.88	\$1,033,315.93
b5 Honorarios	\$18,815.24	\$2,351.91	\$21,167.15
b6 Honorarios	\$286,817.44	\$35,852.18	\$322,669.62
b7 Honorarios (Automatización)	\$4,790,400.00	\$598,800.00	\$5,389,200.00
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$2,028,102.00</b>	<b>\$26,438,804.55</b>
	<b>INDIRECTO</b>		<b>\$2,451.00</b>
	<b>TOTAL INDIRECTO</b>		<b>\$2,451.00</b>
	<b>SUBTOTAL INDIRECTO</b>		<b>\$26,441,255.55</b>
	<b>IVA 14%</b>		<b>\$3,701,775.58</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>\$30,143,031.13</b>
	Superficie		1,497.00
	Área Construida		7,706.75
	Inversión por m <sup>2</sup>		\$3,069,393.18
	Inversión / m <sup>2</sup>		\$3,955.84
	Tipo de cambio		18.56

Fig. 15

Presupuesto Base. Imagen tomada del programa EXCEL. Archivo armado por un servidor.

#### 2.4.8.2.9 Flujo de cobro con cliente

El programa de flujos se elaboró con base en las condiciones estipuladas con el cliente en la propuesta. Se estableció un 30% de anticipo y un 10% de finiquito o retención. El resto del presupuesto se dividió en periodos (quincenalmente). En este periodo se cobró por medio de estimaciones y de acuerdo al avance ejecutado.

#### 2.4.8.2.10 Programa de suministros

Nos anticipamos a las compras y suministros de todos los materiales a utilizarse en el proyecto con el fin de que cuando llegó el momento de colocar el producto o material, el equipo de obra contáramos con él.

#### 2.4.8.2.11 Cotizaciones proveedores y contratistas

Siempre nos tuvimos que anticipar y coordinar en la contratación de contratistas de diferentes especialidades de acuerdo a lo requerido en el programa actualizado.

#### 2.4.8.2.12 Alta en el IMSS

Dimos cumplimiento a la ley en materia de seguridad social.

#### 2.4.8.2.13 Integración del equipo

Se formalizó el organigrama que se desempeñó en el proyecto para asegurar la eficiencia operativa en termino de tiempo costo y calidad en todas las etapas del proyecto.

#### 2.4.8.2.14 Bitacora

Contáramos con una bitácora para cumplir con la legislación vigente en materia de construcción y utilizar la bitácora de obra como medio técnico de control. Por lo tanto, fue legalmente indispensable contar con una bitácora en el proyecto.

#### 2.4.8.2.15 Elaboración del plan de riesgos

Para esta parte el responsable del proyecto realizó el plan de riesgos. La generación de un plan de riesgos fué de vital importancia para que el equipo del proyecto se preparara para mitigar cualquiera de los riesgos que se pudieron presentar en el ciclo de vida del proyecto. Para la elaboración del plan de riesgos lo primero que se tuvo que hacer fue identificar los riesgos, hacer una lista de todos los riesgos posibles, fue importante la participación de todos los colaboradores del equipo para que esta lluvia de ideas fuera lo más completa posible. Posteriormente se jerarquizaron los riesgos utilizando la matriz de análisis de riesgo que se muestra a continuación (Fig. 16):

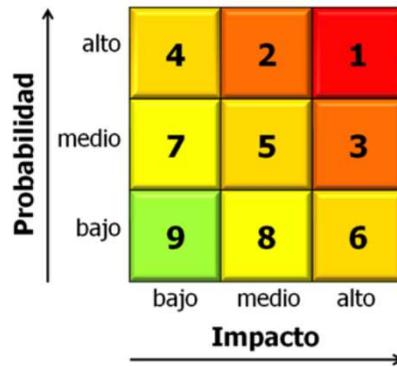


Fig. 16

Esquema de matriz de riesgos. Imagen tomada de documento interno. Generado por Salvador Cosmes, colaborador de la empresa Alpha Hardin

Se utilizó el mismo criterio para todos los riesgos, asignándole una probabilidad (alta, media y baja) y un impacto (alto, medio y bajo) a cada riesgo, así se fueron colocando en la matriz asignándoles el número que les corresponde. Finalmente se atendieron los riesgos y se elaboró un plan. Para los riesgos que quedaron en el número 1, 2 y 3 se dio dar una respuesta inmediata para evitarlos, trasladarlos o mitigarlos. Cualquiera que fue la respuesta se dejó por escrito en el documento. Para los riesgos 4, 5, 6, 7 y 8. Se tomó acción inmediata si la relación costo-beneficio fue adecuada, si no se elaboró un plan de contingencia en caso de que sucedieran. Los riesgos número 9 fue mejor aceptarlos y monitorearlos a lo largo del proyecto.

#### 2.4.8.2.16 Plan de seguridad e higiene

El equipo del proyecto conocía todos los apartados del Reglamento de Operaciones de Construcción “ROCO”. A partir de los puntos que se deben cubrir en el mencionado reglamento, el responsable del proyecto apoyado por el encargado de seguridad e higiene elaboraron un plan de seguridad, higiene y sustentabilidad específico de la obra incluyendo procedimientos en caso de emergencia. Algunos de estos estaban estipulados en el plan de protección civil, en otros casos se contaba con medidas extraordinarias por lo que se revisaban los requerimientos estipulados en el contrato con el cliente para incluirlos en el plan. Posteriormente, se enlistaron los puntos importantes no limitativos que debió cubrir el plan de seguridad, higiene y sustentabilidad.

#### SEGURIDAD:

Ingreso al proyecto: Registros, identificación y ubicación de accesos para personal y maquinaria pesada.

Equipo de protección personal, protección anti caídas, señalización del proyecto de acuerdo al plan de protección civil en su caso. Iluminación provisional, ubicación de bodegas, oficinas y almacenes. Ruta de evacuación.

Identificación de trabajos riesgosos y solución oportuna de acuerdo al programa de obra. Ejemplo: Dejar preparaciones para instalación de perímetros de seguridad y líneas de vida.

Protección contra incendios, localización de extintores o tambos de arena de acuerdo al avance de los trabajos.

Kit de materiales de seguridad. Cable de acero, señalización, extintores, malla de seguridad, arneses entre otros. Presupuesto para esta partida definido en presupuesto base.

#### HIGIENE

Localización de baños portátiles que permitan la limpieza periódica.

Distribución de puntos de hidratación.

Comedor de proyecto a mínimo 20m de escombros.

Estación para lavado de manos.

Frecuencia de campañas de vacunación.

Campañas de concientización.

#### SUSTENTABILIDAD

Orden y limpieza del proyecto.

Aplicar 5 S´

1. SEIRI: Clasificar. Solo tener lo que se va a utilizar.

2. SEITON: Orden. Un lugar para cada cosa.

3. SEISO: Limpieza. Limpiar el área de trabajo antes, durante y después.

4. SEIKETSU: Estandarización. Consolidar lo aprendido por medio de reportes y calificación.

5. SHITSUKE: Disciplina. Cultivar buenos hábitos. o Localización de botes de basura.

Contenedores para la separación de desperdicios reciclables: ♣ Madera, PET, acero, cartón, vidrio, escombros.

Logística de retiro de escombros, basura y reciclables.

Instalación de shoots para retiro de materiales en niveles superiores.

Toma de agua potable, cuidado y campañas de concientización de uso.

Uso responsable de energía eléctrica. A cada indicador de las sub áreas se le deberán fijar objetivos para comprobar en el cierre el éxito de la implementación del plan

#### 2.4.8.3 Ejecución

El desarrollo de la ejecución de la obra se realizó en todo el piso 1 del edificio, basándonos en todos los aspectos de acuerdo como planos, especificaciones, presupuesto, catálogo de conceptos. En este capítulo seremos muy específicos y nos enfocaremos en un cuarto de música, ubicado en el eje 3, entre los ejes B y C, este cuarto se construyó en un espacio de 23 m<sup>2</sup>. (Fig. 17).

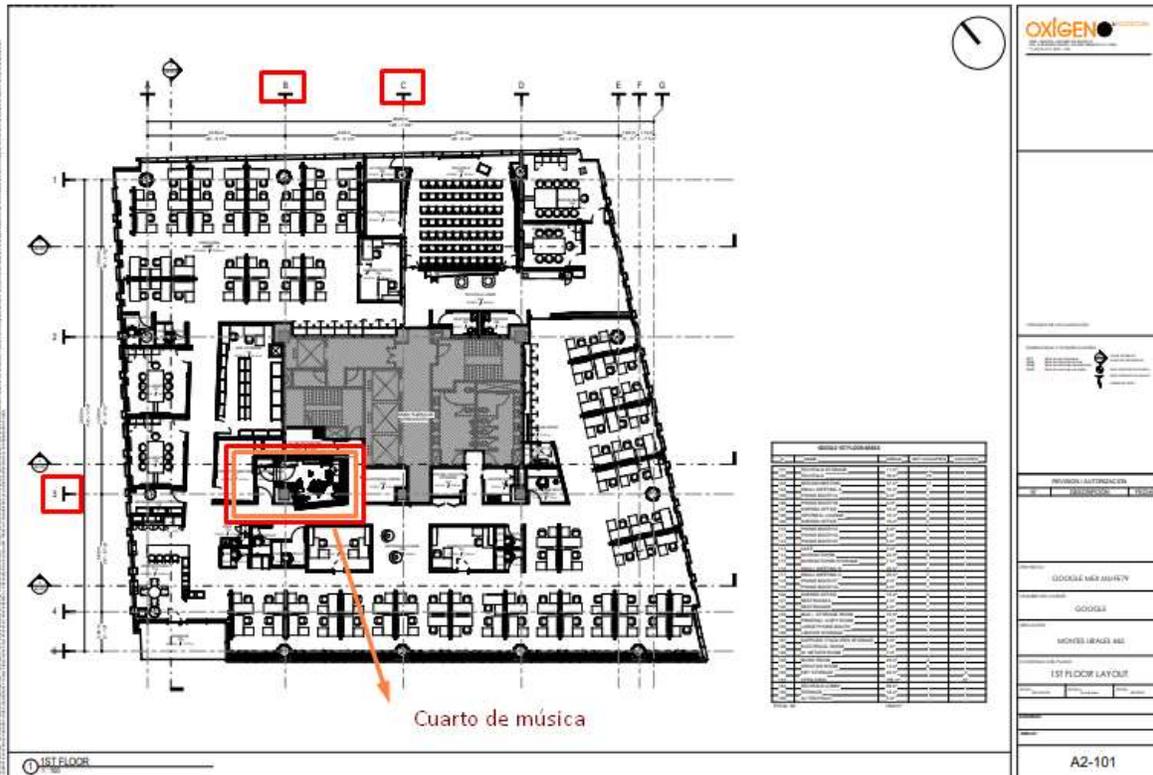


Figura 17

Planta arquitectónica del proyecto que muestra la ubicación del cuarto de música, planos realizados por la empresa “Oxigeno” y entregados para su construcción a la empresa Alpha Hardin.

Entre los aspectos mas solicitados por la empresa que diseño, fue el respetar los materiales para lograr la mejor acústica en el espacio, para lograrlo se utilizaron los siguientes materiales, (Fig 18):

- Muro difusor a base de módulos de mixcrete con geometría prismática
- Ventana a base de 4 vidrios laminados 66.1 con cancelería de madera
- Sistema modular para muro con cualidades acústicas marca “Filzfelt” modelo: Aro Plank 1
- Panel absorbente de sonido a base de bastidores de madera y en su interior Black Acoustic Board de 2” con un espacio de aire de 1” entre el panel y el muro
- Panel absorbente de sonido a base de bastidores de madera y en su interior black acoustic board de 2” y tapizado de tela
- Resonador de HelmHolts sintonizado a frecuencias específicas. Fabricado con MDF y Chapa de madera
- Resonador de HelmHoltz sintonizado a frecuencias específicas. Fabricado con MDF y Chapa de madera
- Plafón suspendido a base de madera de 1” de espesor
- Plafón horizontal a base de marco de madera y tapizada de fieltro en todas sus caras.

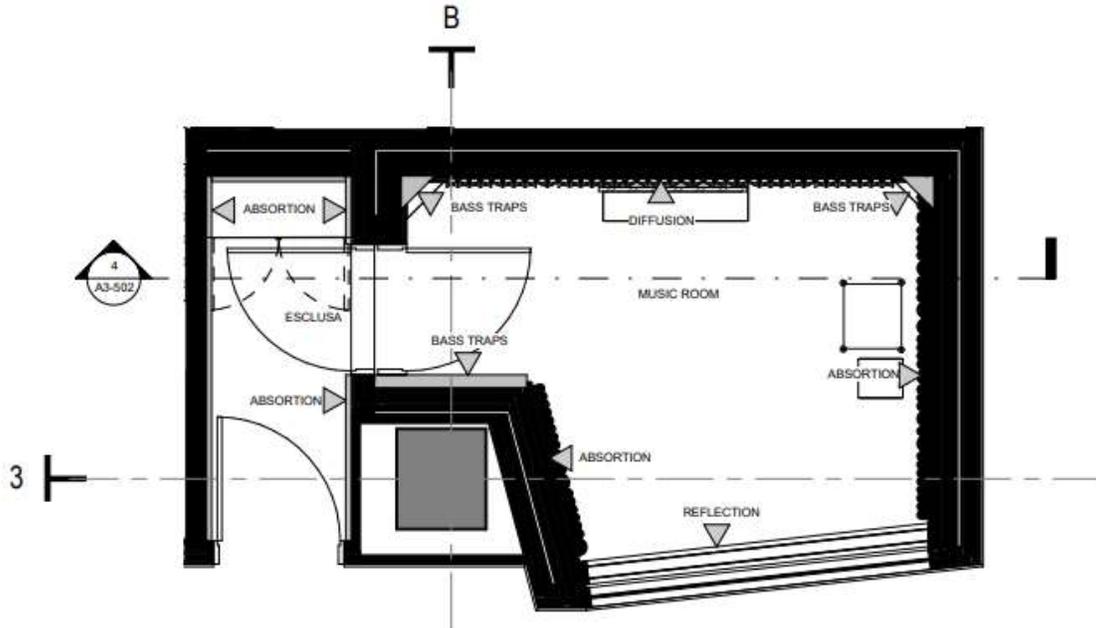


Figura 18

Muros del music room. Imagen tomada del plano A3-502, entregados por la empresa Oxigeno a la empresa Alpha Hardin para su correcta ejecución.

Uno de los detalles de mayor importancia fue considerar un piso flotante que cargara una estructura metálica para lograr independizar el piso de la losa del edificio, para lograrlo se nos entregó un detalle que seguimos al pie de la letra, incluso para la compra de la especificación, debió ser una marca para los cargadores que logran la función aislante. (Fig. 19 y Fig. 20).

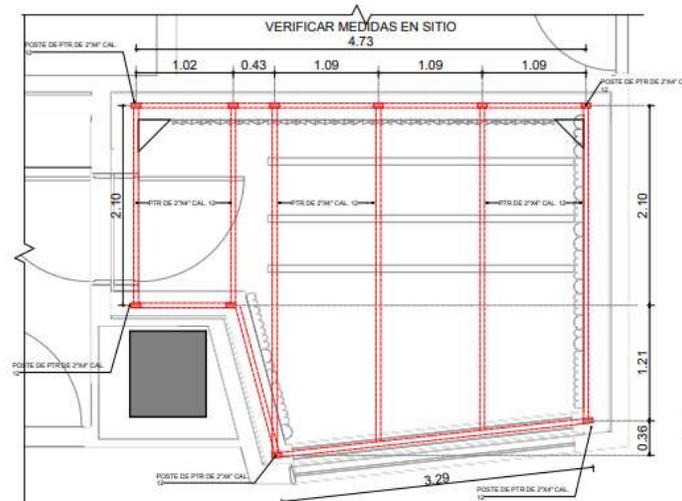


Figura 19

Detalle de herrería, que soporta el piso flotante. Información obtenida del plano A3-504 entregado por la empresa que diseña "Oxigeno" a la constructora "Alpha Hardin".

Como elemento específico que hace el aislamiento del piso flotante se encuentran unos elementos que funcionan como “gatos hidráulicos” y que cargan para separar el piso del cuarto de música del firme del edificio. La marca de estos elementos fueron entregados en una ficha técnica junto con el detalle de instalación. Existieron varias reuniones de planeación previas a la ejecución de este alcance. (Fig 20 y 21)

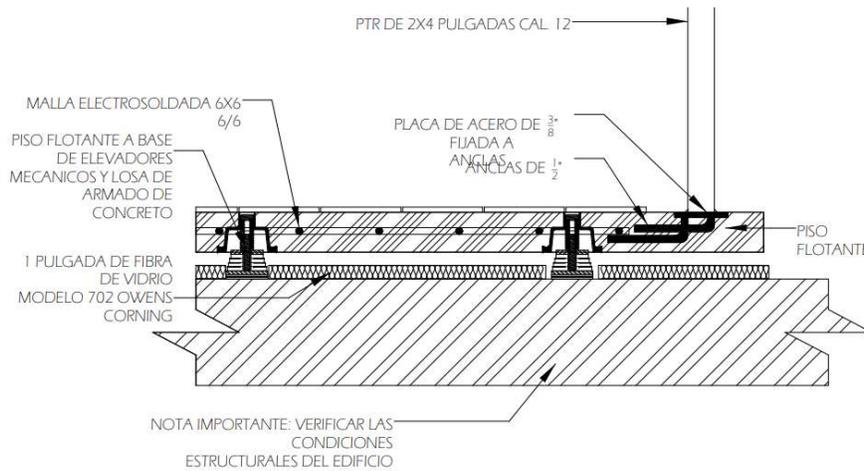


Figura 20

Detalle indicado para lograr un piso flotante dentro del cuarto de música. Detalle incluido en el plano A3-504 entregado por la empresa “Oxígeno” a la empresa “Alpha Hardin” para su ejecución.

**manauta** INGENIERÍA MANAUTA, S.A. DE C.V.

**CONTROL DE RUIDO, VIBRACIÓN Y RESTRICTORES SÍSMICOS**

SOMOS PRODUCTORES DE AISLADORES DE VIBRACIÓN, RUIDO Y PROTECTORES SÍSMICOS, PARA LOS CONTENIDOS NO ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES.

*Recomendados para:*  
Enfriadores, Ventiladores, Equipo HVAC, Plantas de Emergencia, Maquinaria Industrial, Torres de Enfriamiento, Instrumentos Electrónicos de Prestación, Tableros de Control, Compresores, etc.

- \* TACONES, ALMOHADILLAS \* TACONES AUTOCONTENIDOS \* COLGANTES DE HULE \*
- \* COLGANTES DE RESORTE \* SOPORTES DE HULE Y DE RESORTE \*
- \* JUNTAS ANTIVIBRATORIAS Y DE EXPANSIÓN \* MANGUERAS FLEXIBLES \* AIR SPRING \*
- \* ELEVADORES PARA PISOS FLOTANTES EN SALAS DE GRABACIÓN \*
- \* BASES DE INERCIA PARA BOMBAS DE AGUA \* SILENCIADORES PARA DUCTOS DE AIRE \*
- \* PROTECCIÓN DE CONTENIDOS NO ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES \*

*Empleados para prevenir la propagación de vibraciones y ruido en equipos, a las estructuras y edificios; así como en la disminución y/o prevención de riesgos en caso de sismos.*

LAGO CONSTANZA NO. 18, COL. ANÁHUAC, C.P. 11320, MÉXICO, D.F. TEL. 55 27 35 14 FAX. 55 27 89 26  
e-mail: ingenmanauta@gmail.com internet: www.manauta.com.mx

Figura 21

Aisladores marca “Manauta”. Imagen tomada de un folleto de publicidad de la empresa Manauta. Folleto entregado por el proyectista “Oxígeno” a la empresa “Alpha Hardin”

#### 2.4.8.4 Entrega

Al finalizar los trabajos de este cuarto de música se hizo una entrega parcial que incluía específicamente este espacio, ya que anticipadamente, era necesario realizar pruebas de sonido, puesto que el objetivo de este espacio era, para la empresa Google, crear grabaciones específicas de música que utilizan para sus diferentes publicidades. Se realizó entonces una carta de entrega - recepción de este espacio (Fig 22 y Fig. 23).



Figura 22

Render del cuarto de música para la empresa Google en Piso 1 del edificio ubicado en la calle de Montes Urales, col. Lomas de Chapultepec en la Ciudad de México. Imagen obtenida de la información entregada por la empresa de diseño “Oxígeno” a la empresa “Alpha Hardin” para su correspondiente referencia.

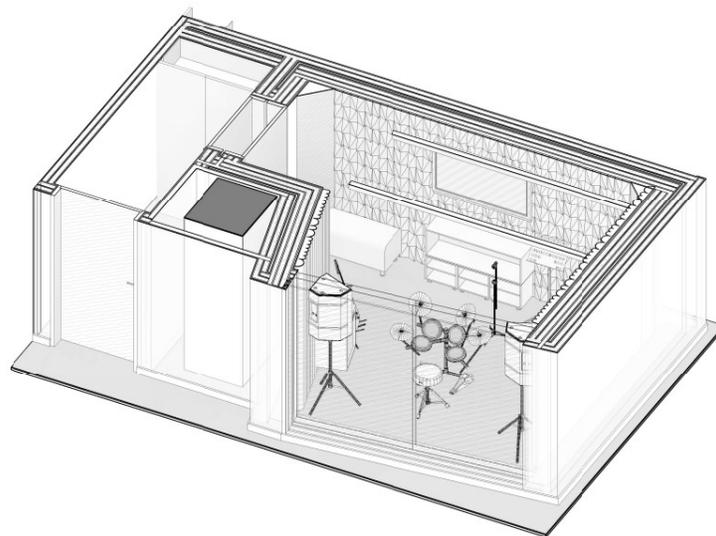


Figura 23

Isométrico del cuarto de música. Imagen obtenida del plano A2-204 entregado por la empresa “Oxígeno” a la empresa “Alpha Hardin” para su ejecución.

## CAPITULO 3 – A modo de conclusiones

### 3.1 Conclusiones Generales

En el contenido general de este documento, estamos demostrando por medio de un ejemplo laboral y de experiencia personal real, cómo se conceptualiza una obra específica, como se lleva a cabo dentro de una empresa que existe y ejecuta diversos proyectos actualmente y todo el proceso para que estos sean plasmados como una realidad funcional desde su inicio, planeación, ejecución, control y cierre, dando los mejores resultados a los clientes que buscan satisfacer sus necesidades. Nos dimos cuenta como la empresa está conformada y su organización interna para que los proyectos concluyan satisfactoriamente.

En el proyecto Google, se conformó integralmente un equipo de trabajo y se fueron tomando medidas para que el resultado de tener unas oficinas funcionales y que operen a nivel mundial desde nuestro país fueran lo más satisfactorias para el cliente. Actualmente estas oficinas se encuentran en operación y han sido un éxito tanto para los directores y encargados como para los empleados que en ella laboran.

### 3.2 Aportaciones y recomendaciones

- La carrera de arquitectura nos da las herramientas y bases fundamentadas para salir a laborar en cualquier empresa relacionada con la planeación y ejecución de diversos proyectos, sin embargo, mucho depende de nosotros mismos, estar abiertos a cualquier tipo de conocimiento.
- Siempre llevemos una vida equilibrada en el sentido laboral y personal, hará que el beneficio en nuestras vidas, sean sólidos y nos demos cuenta que por lo que hemos venido a este mundo está valiendo la pena, al poner toda nuestra capacidad mental para sobresalir por todo lo que hemos hecho.
- Nunca se limiten a hacer las cosas solo por recibir un beneficio económico, hagan que se sientan completos y llenos de satisfacción cada que pasen por enfrente de esa obra en la que ustedes participaron y sientan que hay un gran logro ahí plasmado que quedará para siempre, ya que, sin ello, nada de esto tendría sentido ni valdría la pena pasar por todo lo que hemos vivido.
- Escuchen críticas y sean lo suficientemente persistentes para saber canalizar sus conocimientos y energías para obtener lo positivo de dicha critica.
- Hay que tener iniciativa ante los procesos laborales que se nos presentan, el saber resolver problemas habla de nuestra experiencia, y con ello sabremos resolver situaciones que podrían convertirse en problemas.
- Saber tratar a los demás, si bien no entendemos en muchas ocasiones porque las personas actúan de cierta manera, debemos ser lo suficientemente astutos para entender los objetivos que se buscan y llegar a ellos, manejando de la forma más respetuosa a la gente que nos rodea.
- Constantemente existen nuevas tecnologías y nuevos procedimientos que nos ayudan a entender y manejar de mejor manera lo que hacemos, por ello siempre es bueno buscar platicas, conferencias, talleres, etc.

- Ser perseverante es un valor que actualmente debemos tomar muy en cuenta, las circunstancias donde vivimos hacen que exista mucha competencia cuando buscamos crecimiento personal, es por ello que debemos siempre tener claras nuestras metas para obtener los beneficios que buscamos.
- Este año 2020 nos ha dejado, considero una aportación muy grande, estábamos acostumbrados a venir controlando y decidiendo las cosas como queríamos, sin embargo, debemos entender y no dejar de lado que siempre estamos sujetos a algo ajeno a nosotros y debemos obtener el mayor provecho de ello para entonces convertirlo en algo donde innovemos y sirva como ejemplo para alguien que lo necesite.
- No perdamos de vista nunca al prójimo, tanto ellos como nosotros necesitaremos ayuda en algún momento, seamos más humanos.

## Bibliografía

1. Aislamientos Acústicos. (2019). Medición del Aislamiento Acústico de los Materiales. <https://aislamientosacusticos.org/medicion-del-aislamiento-acustico-de-los-materiales/>
2. Behar Alberto. El ruido y su control. Ed. Trillas. Mexico. 1994. 166P
3. Berland Theodore. Ecología y ruido. Ediciones Marymar. Buenos Aires 1973.
4. Carrion Antoni. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. Volumen 4 de politecnos. Universidad Politécnica de Catalunya. 2004. P. 71.
5. Carrion Isbert Antoni. Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Ed. Alfaomega Grupo Editor Sa. De Cv. Barcelona, España.
6. Colaboradores de Wikipedia. (2023b). Acústica arquitectónica. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica\\_arquitect%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica_arquitect%C3%B3nica)
7. Giani Alejandro. Acústica arquitectónica, Ediciones de la U, 2013. Bogotá 152
8. Llopis Reyna Ana, Linares Galiana Jaime, Sancho Vendrell Fco. Javier. Acústica arquitectónica y urbanística. Universidad Politécnica de Valencia.
9. NORMA Oficial Mexicana. Acústica- Determinación de los niveles de ruido ambiental. Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.- Dirección General de Normas.- NOM-AA-62-1979. ACOUSTICS-ASSEMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS  
Con fundamento en lo dispuesto en los Artículos 1o., 2o., 4o., 23o., inciso C y 26 de la Ley General de Normas y de Pesas y Medidas, publicada en el "Diario Oficial" de la Federación con fecha 7 de abril de 1961, esta Secretaría ha aprobado la siguiente Norma Oficial Mexicana: "ACUSTICA-DETERMINACION DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL" NOM-AA-62-1978".
10. Saad Eljure, E. (1996). Acústica arquitectónica. Tesis para título de Maestría en Arquitectura. División de estudios de posgrado. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México.